

Отзыв официального оппонента

доктора технических наук доцента Бронникова Андрея Михайловича на диссертацию Марасанова Леонида Олеговича «Метод оценки соответствия требованиям эксплуатационных разрешений в части автоматического самолетовождения воздушных судов гражданской авиации» на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.22.14 – «Эксплуатация воздушного транспорта».

Актуальность темы. В соответствии с приложением 6 к «Конвенции о международной гражданской авиации» государство эксплуатанта должно осуществлять надзор для подтверждения того, что воздушные суда (ВС) гражданской авиации (ГА) в процессе их эксплуатации отвечают соответствующим требованиям первоначальной сертификации. Значительная часть полета современных ВС ГА осуществляется в режимах автоматического управления, к качеству и точности которых предъявляются высокие требования. Это проявляется в необходимости получения эксплуатантами специальных эксплуатационных разрешений, таких как производство полетов с использованием норм сокращенного минимума вертикального эшелонирования (RVSM - Reduced Vertical Separation Minimum), требования к характеристикам систем навигации (PBN - Performance-based Navigation), осуществления автоматических посадок по категориям CAT I, CAT II и CAT III ИКАО и ряда других. Подтверждение данных требований, как было отмечено выше, необходимо осуществлять не только при сертификации ВС, но и в процессе эксплуатации. Наряду с привлечением внешних траекторных измерений точность автоматического самолетовождения может оцениваться на основе анализа полетных данных бортовых регистраторов. Оценка соответствия требованиям эксплуатационных разрешений в части точности автоматического самолетовождения на основе обработки данных бортовых регистраторов несомненно является актуальной научной задачей.

Оценка содержания диссертации.

Работа хорошо структурирована, изложена ясным техническим языком.

Во введении обоснована актуальность, сформулированы цель, научная новизна и практическая значимость диссертационной работы, приведены положения, выносимые на защиту.

В первой главе проведен анализ требований к точностным характеристикам автоматического самолетовождения ВС на этапе эксплуатации для выдачи эксплуатационных разрешений. Проведен анализ перечня эксплуатационных разрешений, касающихся точности автоматического самолетовождения, а также методов оценки соблюдения этих требований. Сформулированы комплексный подход к оценке соответствия требованиям эксплуатационных разрешений в части точности автоматического самолетовождения и постановка задачи диссертационной работы.

Вторая глава посвящена обоснованию и анализу математических моделей движения самолета в основных режимах автоматического самолетовождения. При этом выбор автора ограничивается использованием линейных стационарных математических моделей движения самолета и упрощенных алгоритмов систем автоматического управления (САУ) в виде пропорциональных и пропорционально-дифференциальных регуляторов. Почему-то не рассматриваются и не учитываются ошибки датчиков информации САУ, которые наряду с внешними возмущениями также являются основной причиной ошибок автоматического самолетовождения. Не рассматриваются и математические модели приводов, зоны нечувствительности которых также приводят к ошибкам самолетовождения. Также не анализируются и не приводятся модели внешних возмущений. Автором утверждается, что статические ошибки САУ являются основными причинами нарушения требований эксплуатационных разрешений в части точности и эти ошибки носят случайный характер.

В третьей главе содержатся основные новые научные результаты диссертации. Здесь содержатся поставка и решение задачи определения вида функции распределения при оценке точностных характеристик автоматического самолетовождения. Приводится обоснование использования для решения задачи определения вероятности нахождения ВС в заданной области модифицированного критерия Хи-квадрат М.С. Никулина. Разработаны алгоритмы проверки модифицированного критерия согласия М.С. Никулина для оценки параметров полета и оценки вида семейств логарифмически нормального распределения параметров полета. Сущность и новизна этих результатов будет раскрыта ниже. Вместе с тем, глава перегружена общеизвестными сведениями из математической статистики. Автору следовало бы акцентировать внимание на новых результатах.

Четвертая глава носит прикладной характер и демонстрирует применение теоретических результатов, полученных в третьей главе, для решения конкретных задач оценки точности автоматического самолетовождения при определении соответствия требованиям эксплуатационных разрешений. На мой взгляд, название главы выбрано несколько неудачным и фразу «математическое моделирование» из него следовало бы убрать. Тогда название полностью бы соответствовало содержанию главы. В разделе последовательно рассмотрены решения задач оценки точности выдерживания ВС высоты эшелона и соответствия требованиям RVSM, оценки точности стабилизации линии заданного пути PBN, оценки точности режима автоматического захода на посадку в соответствии с требованиями CAT I – CAT III. Результаты главы убедительно демонстрируют практическую значимость результатов диссертации, представляют несомненный научный интерес и обладают новизной. Однако при решении различных задач оценки точности самолетовождения не в полной мере прослеживается использование единой методологии. Так, для оценки соответствия требованиям RVSM используется, по-видимому, модифицированный критерий согласия Никулина, для оценки точности захода на посадку – критерий Хи-

квадрат и Игрэк-квадрат, при оценке требований PBN критерий согласия вообще не указан.

В заключении автор обобщает результаты проделанной работы.

Научная новизна диссертационной работы заключается в следующем:

1. Разработан метод оценки соответствия требованиям эксплуатационных разрешений в части автоматического самолетовождения ВС ГА по результатам полетных данных, включающий выборку значений параметров полета, оценку параметров распределения, определения вида функции распределения на основе выбранного критерия согласия и определения вероятности нахождения вектора параметров ВС в заданной области и отличающийся использованием для формирования выборки значений параметров полета зарегистрированных полетных данных, использованием критерия согласия Никулина и использованием логнормального распределения для описания функции распределения ошибок самолетовождения.

2. Обосновано и продемонстрировано на результатах обработки полетных данных при решении конкретных задач, что в режимах автоматического самолетовождения большинство параметров полета ВС, особенно в режиме захода на посадку и посадки, имеет логнормальное распределение функции плотности вероятности. Это отличает результаты от известных результатов оценки точности самолетовождения, например, исследований захода на посадку по ILS (см. «Руководство по использованию модели риска столкновения CRM для полетов по ILS» (Doc 9274-AN/904 ICAO)).

3. Работоспособность метода оценки соответствия требованиям эксплуатационных разрешений в части автоматического самолетовождения ВС ГА впервые продемонстрирована при решении задач оценки точности выдерживания ВС высоты эшелона и соответствия требованиям RVSM, оценки точности стабилизации линии заданного пути PBN, оценки точности режима автоматического захода на посадку в соответствии с требованиями CAT I – CAT III.

Практическая значимость. Разработанный метод оценки соответствия требованиям эксплуатационных разрешений в части автоматического самолетовождения не требует применения наземных радиотехнических средств и необходимости пролета над ними для тестовых измерений, автономных специальных средств и необходимости осуществления измерений в тестовых полетах. Предлагаемый метод позволяет проводить оценку в рамках существующих процедур сбора и обработки полетной информации и существенно упрощает работу авиационных властей по мониторингу соблюдения требований эксплуатационных разрешений. Это позволяет:

– расширить диапазон использования бортовых средств регистрации параметрической информации в части оценки точности автоматического самолетовождения с учетом технического состояния бортового оборудования;

– повысить достоверность обработки параметрической информации вследствие применения новых статистических методов;

– повысить объективность принятия решения о соответствии или несоответствии требованиям эксплуатационных разрешений в части автоматического

самолетовождения.

Новые научные результаты, полученные в диссертации, выводы и рекомендации обоснованы теоретически и подтверждены численными методами. **Достоверность результатов исследования** сомнений не вызывает и подтверждается корректным использованием положений теории вероятностей и теории математической статистики, непротиворечивостью новых результатов известным работам в области оценки точности самолетовождения, а также приведенными результатами численных исследований, выполненных автором.

В части публикаций и апробации диссертация полностью удовлетворяет требованиям Положения о порядке присуждения учёных степеней ВАК РФ, предъявляемым к кандидатским диссертациям. В частности, имеется 11 публикаций, выполненных как лично автором, так и в соавторстве, из которых 6 публикаций в журнале из перечня ВАК.

Диссертация соответствует паспорту специальности 05.22.14 «Эксплуатация воздушного транспорта» по следующим областям исследования:

- разработка методов и средств диагностирования технического состояния авиационной техники;
- разработка моделей и методов анализа и оценки уровня эксплуатационно-технических характеристик авиационной техники.

Содержание автореферата позволяет дать объективную оценку диссертации. В автореферате изложены основные результаты и выводы диссертации, показаны вклад автора в проведенное исследование, степень новизны и практическая значимость приведенных результатов исследований.

При изучении диссертационной работы появились следующие **вопросы и замечания**:

1. Результаты по разработке математических моделей движения воздушных судов в режимах автоматического управления не интегрированы в метод оценки соответствия требованиям эксплуатационных разрешений. Результаты смотрятся изолированно. Не раскрыто их значение для достижения цели работы. Автор ограничивается использованием линейных стационарных математических моделей движения самолета и упрощенных алгоритмов САУ. Почему-то не рассматриваются и не учитываются ошибки датчиков информации САУ, математические модели приводов, модели внешних возмущений, которые и вызывают ошибки самолетовождения в автоматическом режиме.

2. Не ясно, как автор получил математические ожидания и среднеквадратические отклонения поперечной и продольной точки касания при оценке точности режима автоматического захода на посадку?

3. При решении практических задач оценки точности самолетовождения не в полной мере обеспечивается использование единой методологии. Так, для оценки соответствия требованиям RVSM используется, по-видимому, модифицированный критерий согласия Никулина, для оценки точности захода на посадку – критерии Хи-квадрат и Игрек-квадрат, при оценке требований PBN критерий согласия вообще не указан.

Однако приведенные замечания не снижают ценности проведенных Марасановым Л.О. исследований, не затрагивают достоверности и значимости основных положений и результатов его диссертационной работы.

Заключение о соответствии диссертации критериям, установленным в Положении о присуждения ученых степеней.

Диссертация Марасанова Л.О. «Метод оценки соответствия требованиям эксплуатационных разрешений в части автоматического самолетовождения воздушных судов гражданской авиации» является законченной научно-квалификационной работой и соответствует специальности 05.22.14 - «Эксплуатация воздушного транспорта».

В диссертации изложено решение актуальной научной задачи оценки соответствия требованиям эксплуатационных разрешений в части автоматического самолетовождения ВС ГА, которая имеет существенное значение для безопасной эксплуатации ВС.

Диссертация отвечает требованиям Положения о порядке присуждения учёных степеней ВАК РФ, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор, Марасанов Леонид Олегович, заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.22.14 - «Эксплуатация воздушного транспорта».

Официальный оппонент
Доктор технических наук, доцент
Главный конструктор тематического
направления ТН-31 АО МНПК «Авионика»

«08» апреля 2022 г.  Бронников Андрей Михайлович

127055, г. Москва, ул. Образцова, д. 7
тел.: 8(915) 482-04-44
e-mail: bronnikov_a_m@mail.ru

Верно
Подпись Бронникова А.М. заверяю:
Заместитель управляющего директора –
главный конструктор

« ___ » апреля 2022 г.



Р.Р. Абдулин