

Ученому секретарю
диссертационного совета Д 223.012.01
кандидату технических наук, доценту

Я.М. Далингеру
196210, г. Санкт-Петербург, ул. Пилотов, д.38
ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский
государственный университет
гражданской авиации»

ОТЗЫВ

официального оппонента

доктора технических наук, Плясовских Александра Петровича на
диссертационную работу Аль-Рубой Мудар «Обеспечение навигационных
требований в особых условиях функционирования средств
радиотехнического обеспечения полетов на примере Республики Ирак»,
представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук
по специальности 05.22.13 - Навигация и управление воздушным движением

Актуальность работы

Научные и производственные организации гражданской авиации в своей деятельности решают крайне противоречивые задачи обеспечения требуемой безопасности полетов при заданной интенсивности и максимальной экономичности полетов. Автор в своей диссертационной работе поставил перед собой сложную задачу: добиться обеспечения навигационных требований в особых условиях функционирования средств радиотехнического обеспечения полетов, характерных для его страны (под особыми условиями автор понимает отсутствие или ухудшение качества сигналов спутниковых навигационных систем). Решение этой задачи позволит обеспечить все возрастающую интенсивность полетов при

заданном уровне безопасности при экономических затратах, не отягощающих экономику страны.

Таким образом, работа Аль-Рубой Мудар, направленная на разработку предложений для обеспечения требуемой безопасности и интенсивности полетов в условиях сложной геополитической обстановки обладает новизной и является актуальной.

Общая характеристика работы

Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы и приложений. В приложениях приведены сведения о воздушных трассах Республики Ирак, результаты расчета углов закрытия и дальности действия существующих и перспективных радиотехнических систем, пример оценки точности самолетовождения и безопасности полетов, а также код программы анализа эффективности оптимальной фильтрации Калмана и распечатка примера ее применения.

В первой главе проведен анализ современных навигационных требований. Рассмотрены навигационные спецификации (определяющие требования к точности, целостности и непрерывности навигационных систем) и необходимая для их реализации инфраструктура навигационных средств, применяемых на различных этапах полета. Отмечено, что согласно дорожной карте, разработанной ИКАО, в ближнесрочной перспективе произойдет переход от спецификации RNAV 5 к спецификации RNP 2, что потребует увеличения точности навигационных систем. Рассмотрен вопрос потери или ухудшения качества сигнала глобальной навигационной спутниковой системы GPS, оценены последствия для Республики Ирак. По результатам проведенного анализа автор произвел постановку задачи и сделал выводы.

Во второй главе автор производит анализ методик оценки эффективности системы радиотехнического обеспечения полетов. Рассматривается методика определения степени перекрытия воздушных трасс зонами действия и зонами коррекции радиотехнических систем, методика

оценки точности выдерживания заданной линии пути и методика определения рационального размещения РТС. По результатам анализа автор делает вывод о необходимости модернизации существующих методик и разрабатывает новую методику оценки рационального размещения РТС для организации дополнительного канала навигационной информации. Ее отличие от существующей состоит в том, что она учитывает разбиение воздушного пространства на зону действия и зону коррекции, а также неравнозначность различных областей воздушного пространства с точки зрения обеспечения требуемой точности и безопасности полетов. В ходе решения задачи формируется три матрицы покрытия и определяется состав и размещение РТС по критерию минимального количества взаимных перекрытий точек пространства зонами разных РТС.

Автор не ограничивается определением необходимого количества РТС и их позиций, но также рассматривает методику разработки оптимального графика внедрения. Эту задачу он решает в виде рекуррентного соотношения (уравнение Веллмана).

При штатной работе спутниковой системы навигации, развернутая сеть навигационных РТС будет простаивать, поэтому автор делает вывод о необходимости применять мобильные РТС, которые займут заранее определенные позиции только при наступлении особой ситуации. До этого момента мобильные РТС будут размещаться в районе аэродрома для обеспечения высокоточной навигации DME/DME. Таким образом автор разрабатывает гибкую инфраструктуру навигационных средств, характеристики которой могут меняться в зависимости от ситуации, что представляет определенную новизну.

Третья глава посвящена вопросу применения фильтра Калмана для комплексной обработки данных о местоположении ВС. Производится анализ алгоритмов оптимальной фильтрации, схем включения фильтра Калмана в состав оптимальной навигационной системы (двух- и трехкомпонентных). Производится сравнение точности навигации для случаев коррекции

автономных навигационных систем методом замещения и комплексирования VOR/DME и ОРЛ.

Применение фильтра Калмана позволяет значительно повысить точность выдерживания заданной линии пути, таким образом увеличивается размер зоны коррекции и уменьшается требуемое число РТС. В работе показано, что реализация навигационной спецификации RNP 2 в особых условиях возможна только при применении комплексных навигационных систем.

В четвертой главе автор применяет разработанные в предыдущих главах методики для оценки безопасности полетов в Республике Ирак и разработке рекомендаций по внедрению сети навигационных РТС для обеспечения навигационных требований в особых условиях. Разрабатывается вариант применения мобильных VOR/DME и оценивается возможность применения данных систем для обеспечения высокоточной навигации в районе международных аэродромов. Разрабатывается вариант построения системы, обеспечивающей резервный канал навигационной информации при применении оптимальной фильтрации Калмана. В конце главы автор рассматривает возможность применения разработанных методик в России.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что поставленная цель, заключающаяся в разработке методики обеспечения навигационных требований в особых условиях функционирования средств радиотехнического обеспечения полетов достигнута полностью.

Научная новизна

В работе рассмотрена совокупность в целом известных методов оптимизации, каждый из которых доработан для решения поставленной задачи. Совокупность полученных методик (методология) позволяет:

- 1) При использовании имитационного моделирования оценить точность и безопасность полетов по выбранным трассам заданного региона. Модель доработана для применения современных навигационных

спецификаций (RNP и RNAV).

2) При использовании целочисленного программирования с булевыми переменными доработка метода позволила производить оптимизацию структуры и размещения систем VOR/DME не по одному, а по совокупности трех критериев: степень перекрытия региона зонами действия РТС навигации, степень перекрытия воздушных трасс зонами коррекции и степень обеспечения требуемой высокоточной навигации в заданных областях (места пересечения воздушных трасс и др.).

3) Применение метода динамического программирования позволило оптимизировать экономические затраты и последовательность развертывания РТС навигации, в том числе мобильных систем VOR/DME при выходе из строя стационарных маяков по причине военных действий или террористических актов.

В работе решается задача коррекции бортовых навигационных комплексов по информации, полученной от центров ОВД. Для решения этой задачи применен метод оптимальной фильтрации Калмана, позволяющий обеспечить точность определения координат ВС более высокую, чем точность БНК или ОРЛ по отдельности.

Разработаны математические модели датчиков навигационной информации, осуществлен синтез многокомпонентной комплексной системы навигации и наблюдения. Определены точностные характеристики этих систем и оценена возможность использования комплексных систем навигации и наблюдения для обеспечения навигационных требований.

Теоретическая значимость

В работе разработана методика оценки рационального состава и размещения РТС для организации дополнительного канала навигационной информации. Существующий аналог этой методики был разработан в университете гражданской авиации и позволял определять рациональные позиции размещения ОРЛ по критерию перекрытия региона

радиолокационным полем. Разработанная в диссертации методика отличается от существующего аналога тем, что она учитывает разбиение воздушного пространства на зону действия и зону коррекции, а также неравнозначность различных областей воздушного пространства с точки зрения обеспечения требуемой точности и безопасности полетов.

Предлагается применить оптимальную фильтрацию Калмана для комплексной обработки навигационной и радиолокационной информации. Указывается, что в этом случае обеспечивается более высокая точность АЗЫ в любом варианте его применения.

Практическая значимость

Разработанный вариант состава и размещения рекомендован для внедрения в Республики Ирак с целью создания резервного канала навигационной информации в особых условиях функционирования средств радиотехнического обеспечения полетов. Разработан вариант, предполагающий внедрение мобильных систем VOR/DME. Разработан график внедрения РТС навигации на территории Республики Ирак. Практическую значимость подтверждают акты внедрения.

Методы исследования

В работе были использованы методы математического анализа, теории вероятностей, статистического оценивания и случайных процессов, а также совокупность методов оптимизации: динамическое программирование, целочисленное программирование, имитационное моделирование, комплексирование датчиков информации (оптимальная фильтрация Калмана).

Достоверность и обоснованность полученных результатов

Достоверность и обоснованность диссертационной работы обеспечивается корректной постановкой задач, использованием проверенных

и научно обоснованных методик, тщательным анализом результатов исследования, а также подтверждается корректностью применяемого математического аппарата, в том числе достоверными имитационными моделями.

Публикации и апробация

По теме диссертационной работы имеется 9 публикаций, в том числе 5 в изданиях, рекомендованных ВАК. Материалы диссертации докладывались на международных и всероссийских научных конференциях.

Замечания по диссертационной работе

1. Навигационные спецификации описывают требования к точности и надежности навигационных систем. В диссертационной работе рассматривался вопрос обеспечения требуемой точности самолетовождения, однако не освещен вопрос обеспечения требований к надежности.

2. Оценка возможности применения разработанных методик в России довольно поверхностна и требует более детального рассмотрения.

Отмеченные недостатки не влияют на общее положительное впечатление о диссертации.

Заключение

Диссертационная работа Аль-Рубой Мудар на тему «Обеспечение навигационных требований в особых условиях функционирования средств радиотехнического обеспечения полетов на примере Республики Ирак» является актуальной, завершенной научно-квалификационной работой. Аль-Рубой Мудар смог решить сложную научную и техническую задачу, его работа несомненно обладает научной новизной и имеет практическую значимость.

Содержание диссертации соответствует специальности 05.22.13 - Навигация и управление воздушным движением.

Автореферат соответствует содержанию диссертации, ее основным целям и выводам.

Работа соответствует требованиям «Положения о присуждении ученых степеней» ВАК, предъявляемым к диссертациям, а ее автор Аль-Рубой Мудар заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.22.13 - Навигация и управление воздушным движением.

Начальник научно-исследовательской
лаборатории АО «ВНИИРА», д.т.н.

А.П. Плясовских

Плясовских Александр Петрович

Почтовый адрес: 199106, Санкт-Петербург, Шкиперский проток, д. 19

Телефон: 8-904-513-06-90

Email: vniira@yandex.ru

« 9 » сентября 2016 г.

Подпись А.П. Плясовских удостоверяю

Ученый секретарь АО «ВНИИРА»,

д.т.н., профессор



Ю.Г. Шатраков