



Государственный научный центр Российской Федерации
Федеральное государственное унитарное предприятие

**ГОСУДАРСТВЕННЫЙ НАУЧНО-
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
АВИАЦИОННЫХ СИСТЕМ
(ФГУП «ГосНИИАС»)**

Юридический адрес: Викторенко ул., д.7, г. Москва, 125167
Для почтовых отправлений: 125319, г. Москва, а/я 55
Тел.: (499) 157-7047, факс: (499) 943-86-05, e-mail: info@gosniias.ru;
<http://www.gosniias.ru>

ОКПО: 07539618, ОГРН: 1027700227720, ИНН/КПП: 7714037739/771401001

29.07.2021 № 2200/4966

На № _____ от _____

Проректору по научной работе, д. т. н.,
профессору
Ю. А. Равиковичу

Ученому секретарю диссертационного
совета 24.2.327.03 на базе Московского
авиационного института, д. т. н.
Старкову А. В.

Волоколамское ш., д. 4, Москва, 125993

Уважаемый Юрий Александрович!
Уважаемый Александр Владимирович!

Направляю Вам отзыв официального оппонента на диссертационную работу Будкова Александра Сергеевича на тему «Разработка системы поддержки принятия решения для задачи четырехмерной навигации в гражданской авиации», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.1 – Системный анализ, управление и обработка информации (технические науки).

Приложение:

1. Отзыв на диссертацию Будкова А.С. в 2 экз. на 5 л.

С уважением,

Ученый секретарь
д. т. н. профессор

С.М. Мужичек

Исп. Карпенко С.С.

Отдел документационного
обеспечения МАИ

«05» 08 2021 г.

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертационную работу Будкова Александра Сергеевича «Разработка системы поддержки принятия решения для задачи четырёхмерной навигации в гражданской авиации», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.1 – Системный анализ, управление и обработка информации (технические науки).

Диссертационная работа Будкова А. С. посвящена решению одной из **актуальных задач** повышения уровня безопасности полётов за счёт автоматизации оперативного бортового планирования четырёхмерных маршрутов. Решение этого класса задач в связи с постоянным ростом объёма авиаперевозок постоянно требует повышения уровня безопасности выполнения полётов.

Одним из эффективных современных подходов к автоматизации оперативного бортового планирования в таких задачах является применение дискретизации пространства и использование методов теории графов для конструирования траектории полёта.

Именно разработке методического и программно-алгоритмического обеспечения для решения задачи поиска оптимальных четырёхмерных маршрутов с применением методов теории графов с целью повышения уровня безопасности полётов за счёт автоматизации оперативного бортового планирования четырёхмерных маршрутов и посвящена диссертационная работа.

В первой главе автор всесторонне проанализировал функционал современных систем самолётовождения в части решения задачи четырёхмерной навигации, рассмотрел принцип работы функции контроля прибытия в заданную точку маршрута в заданное время (RTA). В результате анализа автором сделан обоснованный вывод о недостаточной функциональности существующих систем самолётовождения. Это позволило диссертанту **во второй главе** поставить задачу разработки системы

поддержки принятия решения для обеспечения функции четырёхмерной навигации в гражданской авиации.

Далее Будков А. С. сформулировал требования к функционалу системы, а на их основе разработал её архитектуру. Для функционала системы автором разработано специализированное методическое и математическое обеспечение.

В третьей главе диссертации автор разработал программно-алгоритмическое обеспечение, реализующее функции системы поддержки принятия решения:

- алгоритмическое обеспечение модуля поиска оптимальных четырёхмерных маршрутов;
- алгоритмическое обеспечение модуля мониторинга активного плана полёта;
- алгоритмическое обеспечение модуля поддержки принятия решения;
- программное обеспечение модуля поиска оптимальных четырёхмерных маршрутов;
- программное обеспечение модуля мониторинга активного плана полёта и модуля поддержки принятия решения.

Разработанное автором программное обеспечение реализует алгоритмическое обеспечение соответствующих модулей.

В четвертой главе Будков А. С. всесторонне протестировал разработанное им программно-алгоритмическое обеспечение и провел моделирование как для проверки адекватности разработанных моделей, так и с использованием реальных исходных данных (информация о зонах сложных метеоусловий, ветровая обстановка, запретные зоны).

Результаты проведённого моделирования численно подтвердили эффективность:

- применения выбранных в работе критериев оптимизации для решения задачи поиска оптимальных четырёхмерных маршрутов;

- анализа трёхмерного пространства за один шаг вычислений;
- применения алгоритма A-star с точки зрения адекватности времени вычислений на маршрутах различной дальности.

Таким образом, написанная самостоятельно автором диссертация обладает внутренним единством и содержит **новые научные результаты и положения, выдвигаемые для публичной защиты**, а именно:

– архитектура системы поддержки принятия решения, обеспечивающая выполнение функций системы поддержки принятия решения;

– методика поиска оптимальных четырёхмерных маршрутов, учитывающая:

- влияния ветровой обстановки;
- летно-технические характеристики воздушного судна;
- запретные для полёта зоны и зоны сложных метеословий;
- поиск траектории полёта в трёхмерном пространстве за один шаг вычислений без разделения расчёта горизонтального и вертикального профилей.

– алгоритмическое обеспечение, реализующее функцию поиска оптимальных четырёхмерных маршрутов.

– результаты моделирования, подтвердившие достоверность полученных в работе теоретических выводов.

Практическая значимость работы подтверждена свидетельством о государственной регистрации разработанного программного обеспечения, а также актами о внедрении в работу филиала публичного акционерного общества «Научно-производственная корпорация «Иркут» «Центр комплексирования» и федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)».

Достоверность полученных автором результатов подтверждается результатами моделирования на созданном программно-алгоритмическом комплексе.

Количество и уровень публикаций (среди которых пять публикаций в ведущих рецензируемых журналах) и апробации работы соответствуют уровню требований к кандидатской диссертации.

Текст автореферата полностью соответствует тексту диссертационной работы и в достаточной степени отражает полученные в ней результаты.

Вместе с тем работа не лишена ряда недостатков.

1. При построении вертикального профиля, а именно, при расчёте участков набора высоты и снижения алгоритм построен так, что построение выполняется только в одном направлении. Этим направлением является путевой угол к конечной точке маршрута. При близком расположении запретной зоны такая реализация может привести к отсутствию решений ввиду того, что все участки набора высоты будут пересекать запретные ячейки пространства.

2. Ввиду особенностей применения клеточной декомпозиции пространства, а также методов теории графов для конструирования траектории движения, итоговая горизонтальная траектория движения имеет дополнительные поворотные пункты там, где они избыточны. Требуется проводить дополнительный анализ по спрямлению горизонтальной траектории.

3. В работе предлагается новый подход к решению задачи оперативного бортового планирования четырёхмерного маршрута, но при этом дальнейший процесс согласования полученного маршрута полёта со службами управления воздушным движением, оператором авиаперевозок, аэропортом назначения не описан.

В целом, несмотря на отмеченные в работе недостатки, считаю, что она представляет собой законченную научно-квалификационную работу, в которой содержится решение актуальной задачи повышения уровня безопасности полётов за счёт автоматизации оперативного бортового планирования четырёхмерных маршрутов, которая имеет существенное

значение при создании систем самолётовождения перспективных гражданских самолётов.

Диссертация удовлетворяет всем требованиям, предъявляемым к диссертационным работам, представленным к защите на соискание ученой степени кандидата наук, а её автор Будков А. С. заслуживает присуждение учёной степени кандидата технических наук по специальности 2.3.1 – Системный анализ, управление и обработка информации (технические науки).

Официальный оппонент,
д. т. н., профессор, профессор РАН,
заместитель генерального директора
федерального государственного унитарного
предприятия «Государственный
научно-исследовательский
институт авиационных систем»



В. В. Косьянчук

Доктор технических наук, профессор, профессор РАН,
Косьянчук Владислав Викторович,
федеральное государственное унитарное предприятие «Государственный
научно-исследовательский институт авиационных систем»,
заместитель генерального директора,
почтовый адрес: 125167, г. Москва, ул. Викторенко, д. 7,
раб. тел.: +7 (499) 157-75-46
e-mail: vvk@gosnias.ru