

У Т В Е Р Ж Д А Ю

Первый проректор
Федерального государственного
бюджетного образовательного
учреждения высшего образования
«МИРЭА – Российский технологический
университет»

доктор химических наук, профессор

Н.И. Прокопов



«18» октября 2022 г.

ОТЗЫВ

на автореферат диссертации ПОПОВА Андрея Сергеевича на тему: «Методы, математические модели и комплекс программ для выбора структуры воздушного пространства и инфраструктуры аэродрома на основе анализа эффективности их использования», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 1.2.2 «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ (технические науки)»

В условиях роста интенсивности воздушного движения возникает задача обеспечения безопасности и эффективности выполнения полетов, а также обеспечения баланса между пропускной способностью воздушного пространства и потребностью в выполнении полетов.

На сегодняшний день одним из способов обеспечения выполнения полетов в прогнозных условиях роста интенсивности воздушного движения является совершенствование структуры воздушного пространства и инфраструктуры аэродрома.

Проектирование новой структуры воздушного пространства является сложным, многоэтапным, многокритериальным процессом, в котором на каждом этапе проектирования должны быть задействованы различные специалисты.

Основными заинтересованными лицами при внедрении или совершенствовании структуры воздушного пространства и инфраструктуры аэродрома являются: пользователи воздушного пространства, провайдеры аэронавигационных услуг, операторы аэропортов, а также авиационные власти.

Однако, зачастую нет согласованного подхода к решению задачи: интересы специалистов расходятся, что приводит к затягиванию сроков модернизации структуры воздушного пространства и инфраструктуры аэродрома. Таким образом, возникает потребность не только в четкой постановке целей и задач, но и в определении характеристик, которые необходимо достичь.

В авиационной отрасли был принят подход, основанный на характеристиках, который позволяет задавать и аналитически оценивать целевые показатели эффективности функционирования системы организации воздушного движения на основании эксплуатационных данных, что позволяет оценить только существующую систему организации воздушного движения.

В свою очередь, выбор перспективных вариантов структуры воздушного пространства и инфраструктуры аэродрома, как элементов системы организации воздушного движения, должен быть основан на прогнозных потоках увеличенной интенсивности воздушного движения.

Вследствие этого, тема диссертации Попова А.С., направленной на решение научной задачи разработки математических моделей, комплекса программ и методов анализа эффективности использования воздушного пространства при модернизации его структуры, основанных на решении многокритериальной задачи рационального поиска решений, учитывающей интересы различных участников системы организации воздушного движения, является весьма актуальной и практически важной.

Цель исследования заключается в повышении качества выбора рационального варианта структуры воздушного пространства и инфраструктуры аэродрома (по показателям безопасности полетов, эффективности полетов, пропускной способности и влияния на окружающую среду) с учетом интересов различных участников системы организации воздушного движения.

Объектом исследования являются структура воздушного пространства и инфраструктура аэродрома.

Предметом исследования являются методы, математические модели и комплекс программ для выбора структуры воздушного пространства и инфраструктуры аэродрома на основе анализа эффективности их использования.

Судя по материалам автореферата, в диссертации решены следующие частные научные задачи:

- проведен анализ опыта применения математического моделирования при решении задачи оценки эффективности использования структуры воздушного пространства и инфраструктуры аэродрома, обоснована актуальность и сформулированы задачи исследования;

- разработаны математические модели и алгоритмы для расчета системы показателей эффективности системы организации воздушного движения и метод выбора рационального варианта структуры воздушного пространства и инфраструктуры аэродрома;

- разработан комплекс программ имитационного моделирования системы организации воздушного движения по оценке эффективности использования структуры воздушного пространства и инфраструктуры аэродрома;

- разработана методика проведения исследований по анализу эффективности использования воздушного пространства и инфраструктуры аэродрома и проведены исследования по оценке эффективности использования структуры воздушного пространства;

- сформулированы практические рекомендации по оптимизации структуры воздушного пространства и инфраструктуры аэродрома.

Результаты, имеющие научную новизну:

– математические модели элементов и процессов системы организации воздушного движения, отличающиеся от известных моделей тем, что позволяют проводить моделирование «gate-to-gate» (от перрона до перрона), включая выполнение и обслуживание полетов в воздушном пространстве и на поверхности аэродрома, обнаружение потенциальных конфликтных ситуаций, формирование бесконфликтной очереди прибывающих и вылетающих воздушных судов с оценкой пропускной способности аэродрома, диспетчерской зоны района аэродрома и верхнего воздушного пространства в перспективных потоках воздушного движения;

– метод выбора рационального варианта структуры воздушного пространства и инфраструктуры аэродрома, отличающийся от известных методов тем, что выбор рационального варианта структуры воздушного пространства и инфраструктуры аэродрома осуществляется из ограниченного числа рассматриваемых вариантов путем оценки эффективности их использования с применением метода последовательных уступок, заключающегося в формировании приоритетного ряда показателей;

– система показателей эффективности использования структуры воздушного пространства и инфраструктуры аэродрома, а также алгоритмов их расчета, отличающаяся тем, что комплексно учитывает современные требования к структуре воздушного пространства и инфраструктуре аэродрома, а также подходы к оценке ее использования за счет включения разнородных групп показателей в интересах всех основных участников системы организации воздушного движения;

– методика оценки эффективности использования структуры воздушного пространства и инфраструктуры аэродрома, отличающаяся от известных методик тем, что оценка выполняется путем расчетного и имитационного компьютерного моделирования процессов организации воздушного движения с использованием разработанной системы показателей;

– комплекс программ для оценки эффективности использования структуры воздушного пространства и инфраструктуры аэродрома, отличающийся тем, что является реконфигурируемым под различные типы задач, использует технологию «бесшовного моделирования» и реализует имитационное моделирование реалистичных сценариев, описывающих движение воздушного судна как по поверхности аэродрома, так и при полете в воздушном пространстве района аэродрома и на маршруте обслуживания воздушного движения в интересах обоснованного выбора рационального варианта структуры воздушного пространства и инфраструктуры аэродрома для перспективных потоков воздушного движения.

Достоверность и обоснованность полученных результатов и выводов обеспечивается корректным использованием положений ранее известного и апробированного научно-методического аппарата; корректным выбором используемых показателей; использованием проверенных исходных данных; практической реализуемостью разработанных моделей, метода и методики и подтверждается сходимостью результатов показателей использования воздушного пространства и инфраструктуры аэродрома, полученных, с одной стороны, с использованием разработанных математических моделей, с другой стороны, рассчитанных на основе эксплуатационных данных (4D-траекторий) по результатам полетов воздушных судов.

Достоверность и обоснованность новизны технического решения подтверждается 3 свидетельствами о государственной регистрации программы для ЭВМ.

Теоретическая значимость полученных в работе научных результатов заключается в разработке математических моделей элементов и процессов системы организации воздушного движения, архитектуры их взаимодействия, метода выбора рационального варианта структуры воздушного пространства и инфраструктуры аэродрома, методики и комплекса программ для оценки эффективности их использования, которые определяют вклад в развитие теории применения математического моделирования, численных методов и комплексов программ для решения задач организации воздушного движения.

Практическая значимость полученных в работе научных результатов состоит в том, что разработанные методы, алгоритмы, математические модели реализованы в составе программного комплекса имитационного моделирования системы организации воздушного движения, введенного в эксплуатацию в ФГУП «Госкорпорация по ОрВД» – национальном провайдере аэронавигационных услуг, и используются специалистами по организации воздушного пространства для проведения исследований в поддержку принятия решений при модернизации структуры воздушного пространства.

Основное содержание диссертации отражено в достаточно полном объеме в 21 научной работе, из них: 7 научных статей в ведущих рецензируемых научных журналах и изданиях, рекомендованных Высшей аттестационной комиссией при Министерстве науки и высшего образования Российской Федерации для публикаций научных результатов диссертаций; 1 научная статья в периодическом издании, входящем в международные реферативные базы данных и системы цитирования (Web of Science); 10 докладов и тезисов докладов в сборниках по материалам Международных и Всероссийских конференций; 3 свидетельства о государственной регистрации программы для ЭВМ.

Тематика и содержание публикаций свидетельствует о полученных результатах и их апробации.

Автореферат написан логично, доказательно, ясным научным языком.

К числу недостатков могут быть отнесены следующие:

1. В автореферате не указано, каким образом определяются уступки при выборе рационального варианта структуры воздушного пространства инфраструктуры аэродрома.

2. Судя по материалам автореферата, в работе не рассматриваются вопросы валидации комплекса моделирования для проведения исследований.

3. Не совсем понятно, возможно ли использование общепринятых форматов аэронавигационных данных при их заведении в комплекс моделирования в качестве входной информации.

Тем не менее, указанные недостатки не снижают качества работы и не оказывают определенного влияния на основные теоретические и практические результаты диссертации.

Содержание автореферата позволяет сделать вывод о том, что работа является оригинальным исследованием, обладающим актуальностью, научной новизной, теоретической и практической значимостью.

Вывод: диссертация Попова Андрея Сергеевича представляет собой законченную научную квалификационную работу, актуальна, имеет научную новизну, теоретическую и практическую значимость. В ней решена актуальная научная задача, заключающаяся в разработке математических моделей, комплекса программ и методов анализа эффективности использования воздушного пространства при модернизации его структуры, основанных на решении многокритериальной задачи рационального поиска решений, учитывающей интересы различных участников системы организации воздушного движения. Решение данной задачи позволит повысить качество выбора рационального варианта структуры воздушного пространства и инфраструктуры аэродрома, что имеет важное значение для организации воздушного движения и обеспечения безопасности полетов.

Диссертация соответствует паспорту специальности 1.2.2 «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ (технические науки)». Указанное соответствие подтверждается содержанием работы, ее апробацией, научной новизной, теоретической и практической значимостью.

Диссертация соответствует требованиям Высшей аттестационной комиссии при Министерстве науки и высшего образования Российской Федерации, критериям пункта 9 раздела II «Положения о присуждении ученых степеней» (в редакции постановления Правительства РФ от 20.03.2021 г. № 426), предъявляемых к диссертационным работам на соискание ученой степени кандидата наук, а ее автор Попов Андрей Сергеевич заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук.

Отзыв обсужден и одобрен на заседании кафедры КБ-2 «Прикладные информационные технологии» Института кибербезопасности и цифровых технологий Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «МИРЭА – Российский технологический университет», протокол № 2 от 17 октября 2022 г.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «МИРЭА – Российский технологический университет» (адрес: 119454, ЦФО, г. Москва, проспект Вернадского, д. 78; тел.: +7 (499) 215-65-65; факс: +7 (495) 434 92 87; e-mail: rector@mirea.ru)


Профессор кафедры КБ-2 «Прикладные информационные технологии»
Института кибербезопасности и цифровых технологий
Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего образования «МИРЭА – Российский технологический университет»
доктор технических наук



Шатовкин Роман Родионович

« 18 » октября 2022 г.

Заведующий кафедрой КБ-2 «Прикладные информационные технологии»
Института кибербезопасности и цифровых технологий
Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения
высшего образования «МИРЭА – Российский технологический университет»
кандидат технических наук, доцент



Трубиенко Олег Владимирович

« 18 » октября 2022 г.