

СВЕДЕНИЯ О РЕЗУЛЬТАТАХ ПУБЛИЧНОЙ ЗАЩИТЫ

Диссертационный совет: 24.2.327.03

Соискатель: Попов Андрей Сергеевич

Тема диссертации: Методы, математические модели и комплекс программ для выбора структуры воздушного пространства и инфраструктуры аэродрома на основе анализа эффективности их использования

Специальность: 1.2.2. «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ (технические науки)»

Решение диссертационного совета по результатам защиты диссертации:

На заседании 24 ноября 2022 года диссертационный совет пришел к выводу о том, что диссертация представляет собой научно-квалификационную работу, соответствующую критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней, установленным Положением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. №842, и принял решение присудить Попову Андрею Сергеевичу ученую степень кандидата технических наук.

Присутствовали: председатель диссертационного совета В.В. Малышев, заместитель председателя диссертационного совета М.Н. Красильщиков, ученый секретарь диссертационного совета А.В. Старков, члены диссертационного совета: В.Т. Бобронников, Л.В. Вишнякова, В.А. Воронцов, В.Н. Евдокименков, А.В. Ефремов, С.Ю. Желтов, К.А. Занин, А.И. Кибзун, Д.А. Козорез, М.С. Константинов, М.М. Матюшин, В.П. Махров, С.Н. Падалко, В.В. Пасынков, В.Г. Петухов, В.В. Родченко, Г.Г. Себряков, К.И. Сыпало, Ю.В. Тюменцев, А.В. Шаронов.

Ученый секретарь диссертационного совета

24.2.327.03, д.т.н., доцент



А.В. Старков

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 24.2.327.03

созданного на базе Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)»

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
(МАИ)

по диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 24.11.2022 г., протокол № 19

О присуждении **Попову Андрею Сергеевичу**, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Методы, математические модели и комплекс программ для выбора структуры воздушного пространства и инфраструктуры аэродрома на основе анализа эффективности их использования» по специальности 1.2.2. «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ (технические науки)» принята к защите «22» сентября 2022, протокол № 10, диссертационным советом 24.2.327.03 на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» (МАИ, Московский авиационный институт), 125993, Москва, Волоколамское шоссе, 4, приказ о создании совета № 105/нк от 11.04.2012 г.

Соискатель, Попов Андрей Сергеевич, «04» октября 1987 года рождения. В 2010 г. окончил Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Московский государственный институт радиотехники, электроники и автоматики (технический университет)» (МИРЭА) с отличием, квалификация – инженер, специальность – «Управление и информатика в технических системах». В 2018-2019 годах прошел промежуточную аттестацию в качестве экстерна в аспирантуре федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» по образовательным программам высшего образования – программам подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре с 01 сентября 2018 г. по 28 февраля 2019 г. приказ № 120/асп от 18.09.2018 г. по направлению 09.06.01 «Информатика и вычислительная техника» по специальности научных работников 05.13.01 «Системный анализ, управление и обработка информации (по отраслям) и сдал кандидатские экзамены, в том числе по дисциплине 05.13.18 «Математическое моделирование, численные

методы и комплексы программ» (справка о сдаче кандидатских экзаменов № 56 выдана 27 июня 2022 г.).

На основании решения комиссии №23 от 21 января 2019 г. Федерального государственного унитарного предприятия «Государственный научно-исследовательский институт авиационных систем» (ФГУП «ГосНИИАС», с 15 марта 2022 года преобразован в Федеральное автономное учреждение «Государственный научно-исследовательский институт авиационных систем», ФАУ «ГосНИИАС») по вопросам прикрепления лиц для подготовки диссертации на соискание ученой степени кандидата наук без освоения программ подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре, для подготовки диссертации на соискание ученой степени доктора наук (протокол от 15 января 2019 г. № 1/2019), Попов Андрей Сергеевич был прикреплен к подразделению 0800 для подготовки диссертации на соискание ученой степени кандидата наук без освоения программ подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре. Научным руководителем назначена начальник подразделения 0800, доктор технических наук, профессор Вишнякова Лариса Владимировна.

В период подготовки диссертации соискатель Попов Андрей Сергеевич работал в Федеральном автономном учреждении «Государственный научно-исследовательский институт авиационных систем», в подразделении 0800 в должности инженера, инженера 2-й категории, инженера 1-й категории, начальника сектора. На данный момент соискатель работает в должности начальника сектора ФАУ «ГосНИИАС».

Диссертация выполнена в подразделении 0800 ФАУ «ГосНИИАС».

Научный руководитель – доктор технических наук, профессор, начальник подразделения 0800 ФАУ «ГосНИИАС», Вишнякова Лариса Владимировна.

Официальные оппоненты:

1. Соломенцев Виктор Владимирович – гражданин Российской Федерации, доктор технических наук, профессор, заместитель генерального директора по научной работе и развитию Акционерного Общества «Азимут».

2. Болелов Эдуард Анатольевич – гражданин Российской Федерации, доктор технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Техническая эксплуатация радиоэлектронного оборудования воздушного транспорта» Московского государственного технического университета гражданской авиации.

Все оппоненты дали положительные отзывы о диссертации.

Ведущая организация Федеральное автономное учреждение «Центральный аэрогидродинамический институт имени профессора Н.Е. Жуковского» (ФАУ «ЦАГИ») г. Жуковский, Московская область, в своем положительном отзыве, обсужденном на заседании научно-технического совета предприятия (протокол №45 от 24.10.2022 г.), подписанном начальником НИО-15 НИЦ БП, доктором технических наук С.Г. Баженовым и утвержденным

Генеральным директором, доктором технических наук, профессором, член-корреспондентом РАН К.И. Сыпало, указала, что диссертационная работа Попова Андрея Сергеевича представляет собой завершённую научно-квалификационную работу, которая посвящена актуальной научной проблеме, имеющей практическое и теоретическое значение. Работа выполнена на высоком научно-техническом уровне. Автореферат соответствует и в полном объёме отражает содержание диссертации. Попов А.С. является автором семи статей, опубликованных в журналах, рекомендованных ВАК, и одной, индексируемой в системе научного цитирования «Web of Science». Научные положения и результаты, выносимые на защиту, полностью отражены в работе и публикациях и соответствуют научной специальности 1.2.2. «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ (технические науки)». По научному уровню, полученным результатам, актуальности, практической и теоретической значимости, оформлению и содержанию диссертация полностью соответствует всем требованиям п.п. 9-14 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 № 842 (в редакции постановления Правительства Российской Федерации от 20 марта 2021 г. №426) Высшей аттестационной комиссии при Минобрнауки России, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата технических наук, а её автор, Попов Андрей Сергеевич, заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 1.2.2. «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ (технические науки)».

Соискатель имеет 21 опубликованную работу, в том числе по теме диссертации 21 работу, включающих 7 статей опубликованных в рецензируемых научных изданиях, входящих в перечень рецензируемых научных изданий ВАК Минобрнауки РФ, 3 свидетельства о государственной регистрации программы для ЭВМ, 1 работу в изданиях, индексируемых в международной реферативной базе данных SCOPUS и Web of Science. Наиболее значимыми научными работами по теме диссертации являются:

Статьи в рецензируемых журналах перечня ВАК:

1. Обухов Ю.В., Попов А.С., Орлов В.С., Котова А. О. Применение имитационного моделирования для оценки безопасности полетов // Тр. МАИ. 2015. №81 (1,5 с. авт., №2030, перечень ВАК (2015-2018)).

Представлено описание имитационной математической модели оценки безопасности полётов, с использованием которой рассчитывается показатель оценки рисков в рамках группы показателей безопасности.

2. Попов А.С., Обухов Ю.В., Сикачев В.Ю. Оценка безопасности полетов в одном из вариантов перспективной структуры московского районного центра с

применением имитационного моделирования // Тр. ГосНИИАС. Сер.: Вопросы авионики. 2018. №2(35). С. 3-17, (1 с. авт., №2020, перечень ВАК (2015-2018)).

В статье описывается применение и апробация имитационной математической модели для оценки и выбора одного из вариантов перспективной структуры воздушного пространства Московского районного диспетчерского центра.

3. Попов А.С., Стороженко С. Р. Формирование случайных потоков воздушного движения с использованием бета-распределения для имитационного моделирования полетов воздушных судов, Труды ГосНИИАС, №1(34), с.23-40, 2018, (1 с. авт., №2020, перечень ВАК (2015-2018)).

Представлено описание алгоритма и математической модели формирования случайных потоков воздушного движения с использованием бета-распределения для имитационного моделирования полетов воздушных судов. Модель используется для создания прогнозных потоков воздушного движения в целях оценки структуры воздушного пространства и инфраструктуры аэродрома.

4. Попов А.С., Скавинская Д.В. Формирование бесконфликтных потоков воздушного движения для оценки эффективности полетов воздушных судов районе аэроузла// Труды ГосНИИАС, Серия: Вопросы авионики, №2(35), 2018, С. 18-38, (1 с. авт., №2020, перечень ВАК (2015-2018)).

Представлено описание алгоритма и математической модели формирования бесконфликтных потоков воздушного движения, используемой при моделировании диспетчерской зоны района аэродрома (аэроузла) и движения воздушного судна по поверхности аэродрома для оценки структуры воздушного пространства и инфраструктуры аэродрома.

5. Вишнякова Л.В., Попов А.С., Выбор структуры воздушного пространства и инфраструктуры аэродромов при их модернизации методами математического моделирования, Журнал: «Известия РАН. Теория и системы управления», 2021, № 6, с.66-105 (2 с. авт., №123 перечень ВАК МРБД и СЦ).

В статье представлена математическая постановка задачи выбора структуры воздушного пространства и инфраструктуры аэродрома, показатели эффективности, условия и ограничения. Приведены алгоритмы и модели расчёта показателей для всех групп: безопасность, эффективность для эксплуатантов, эффективность для системы организации воздушного движения (ОрВД), пропускная способность воздушного пространства, пропускная способность аэродрома и влияние на окружающую среду.

6. Попов А.С., Методика проведения исследований по анализу эффективности использования воздушного пространства и инфраструктуры аэродрома, // «Труды ГосНИИАС, Серия: Вопросы авионики, №4(55), 2021, с.47-64 (1 с. авт., №2342, перечень ВАК от 29.03.2022 г.).

Приведена методика проведения исследований эффективности использования воздушного пространства и инфраструктуры аэродрома, используемая для их оценки и выбора.

7. Вишнякова Л.В., Попов А.С., Сикачев В.Ю., Петрова А.В., Скавинская Д.В., Комплекс имитационного моделирования системы организации воздушного движения, Журнал «Полёт», 2021, №7, с. 22-37 (1 с. авт., №1730, перечень ВАК от 29.03.2022 г.).

Приведено описание комплекса имитационного моделирования системы организации воздушного движения, состав программных средств, архитектура, а также перечень и описание основных математических моделей процессов и элементов системы организации воздушного движения.

Статьи в журналах, индексируемых в иностранных библиографических и реферативных базах данных (SCOPUS, Web Of Science):

1. Vyshnyakova L.V., Popov A.S., Selection of Airspace Structure and Aerodrome Infrastructure During Their Modernization by Methods of Mathematical Modeling, Journal of Computer and Systems Sciences International, 2021, Vol. 60, No. 6, pp 918-955 (2 с. авт., Scopus, Web of Science).

Приведено описание математических моделей показателей, алгоритмов их расчёта, апробация методики проведения исследования на примере вариантов структуры воздушного пространства Московской зоны ЕС ОрВД. Представлена постановка задачи, метод и алгоритм решения задачи выбора рационального варианта структуры воздушного пространства и инфраструктуры аэродрома.

В диссертационной работе отсутствуют достоверные сведения об опубликованных соискателем ученой степени работах, в которых изложены основные научные результаты, представленные в диссертации.

На диссертацию и автореферат поступили следующие отзывы:

1. **Федеральное автономное учреждение «Центральный аэрогидродинамический институт имени профессора Н.Е. Жуковского», ведущая организация. Отзыв положительный.**

Замечания по диссертационной работе:

1. Из текста диссертации непонятно, возможно ли моделировать и оценивать процессы планирования полётов авиакомпаниями и провайдером аэронавигационных услуг.

2. Нет полного понимания, моделируется ли пассажиропоток в терминалах аэропорта?

3. В работе не представлены основные характеристики модели среднесрочного обнаружения потенциальных конфликтных ситуаций, например, глубина их обнаружения.

2. **Соломенцев Виктор Владимирович**, официальный оппонент, доктор технических наук, профессор. **Отзыв положительный**, заверен директором по персоналу Акционерного Общества «Азимут» Е.А. Фоменко .

По диссертации имеются следующие замечания.

1. В диссертационной работе используются устаревшие термины и понятия. Так, например, термин «Система организации и управления воздушным движением» в настоящее время не используется, так как «Организация воздушного движения» включает в себя «обслуживание/управление воздушным движением».

2. Автор использует такие термины как: качество выбора структуры воздушного пространства, эффективность выполнения полетов, эффективность использования структуры воздушного пространства, эффективность использования воздушного пространства и т.д. Текст было бы целесообразно дополнить разделом «Термины и определения» с целью наиболее точного определения решаемой задачи.

3. Упомянутая в диссертационной работе база данных воздушных судов BADA несомненно полезна, однако содержит ряд ограничений и «разрывов» по этапам и режимам полета, что ограничивает ее применимость и может в отдельных случаях приводить к неточностям в расчетах. Кроме того, она не содержит модели беспилотных воздушных судов, что не позволяет ее применять для этих новых типов пользователей воздушного пространства.

4. Сформулированная автором задача оптимизации (стр. 46, п. 1.3.6) требует достижения экстремальных значений одновременно несколькими противоречащими друг другу критериями, что не всегда приводит к однозначности выбора. В разделе 2.2 задача преобразуется в поиск достижимого на дискретном множестве предпочтительного варианта структуры воздушного пространства и инфраструктуры аэродрома, что более корректно.

3. **Болелов Эдуард Анатольевич**, официальный оппонент, доктор технических наук, доцент. **Отзыв положительный**, заверен Проректором по НР и И, доктором технических наук, профессором Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный технический университет гражданской авиации» (МГТУ ГА) В.В. Воробьевым.

К недостаткам диссертационной работы можно отнести следующее:

1. В диссертации автор не пояснил, как при определении пропускной способности взлетно-посадочной полосы аэродрома учитывается регламент ее работы.

2. Регламент работы взлетно-посадочной полосы и безопасность движения воздушных судов по аэродрому во многом определяется состоянием и техническими характеристиками средств радиотехнического обеспечения

полетов. В работе автором не учитываются состояние и технические характеристики средств радиотехнического обеспечения полетов.

3. В автореферате автору стоило бы представить оценку количества сценариев моделирования, необходимых для принятия решения по выбору структуры воздушного пространства и инфраструктуры аэродрома.

4. На стр. 108 автор пишет «Для вычисления времени входа была выбрана случайная величина, определяемая бета-распределением». Однако автор не приводит обоснования данного выбора.

5. В тексте диссертации в рисунках, которые иллюстрируют графические зависимости, не везде подписаны оси. В тексте работы объяснение этих зависимостей есть, однако отсутствие подписи осей затрудняет чтение диссертации.

4. **Федеральное государственное унитарное предприятие «Государственная корпорация по организации воздушного движения в Российской Федерации» (ФГУП «Госкорпорация по ОрВД)**, отзыв на автореферат. **Отзыв положительный**, подписан Заместителем генерального директора ФГУП «Госкорпорация по ОрВД», кандидатом технических наук Ю.П. Токаревым, заверен Первым заместителем генерального директора ФГУП «Госкорпорация по ОрВД» В.Р. Гульченко.

В результате ознакомления с авторефератом к работе появились следующие замечания и вопросы:

1. Учитывается ли в оценках загруженности тот факт, что диспетчерский персонал в секторе может состоять из одного, двух диспетчеров, а также включать ассистента/оператора?

2. Учитывается ли в модели человеческий фактор, в том числе возможные сбои и ошибки в работе персонала?

3. Используемая в работе терминология не всегда соответствует действующим в отрасли нормативным документам (например, диспетчерская позиция, правильно: диспетчерский центр/орган/пункт (сектор) ОВД и др.).

5. **Федеральное государственное унитарное предприятие «Государственный научно-исследовательский институт гражданской авиации» (ФГУП «ГосНИИ ГА»)**, отзыв на автореферат. **Отзыв положительный**, подписан Начальником отдела координации и научно-методического сопровождения проектов беспилотных авиационных систем Научного центра исследований, координации и развития технологии БАС НТК ОрВД ФГУП «ГосНИИ ГА», кандидатом технических наук, доцентом И.Б. Губерманом, заверен Директором Центра Аэронавигации НТК ОрВД ФГУП «ГосНИИ ГА» А.А. Ещенко.

При высоком качестве выполненной научной работы, отмечены следующие недостатки:

1. Не уделено внимание вопросам вычислительных затрат алгоритмов.

2. Не приведено описание моделей построения 4D траекторий полёта на основе 2D синтеза репрезентативных потоков ВД и автоматического создания сети ВТ, представленных на рисунке 3.

3. Из автореферата не совсем понятен критерий формирования бесконфликтной очереди прибывающих и вылетающих воздушных судов.

6. Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «МИРЭА – Российский технологический университет», отзыв на автореферат. **Отзыв положительный**, подписан Профессором кафедры КБ-2 «Прикладные информационные технологии» Института кибербезопасности и цифровых технологий ФГБОУ ВО «МИРЭА – Российский технологический университет», доктором технических наук Р.Р. Шатовкиным, Заведующим кафедрой КБ-2 «Прикладные информационные технологии» Института кибербезопасности и цифровых технологий ФГБОУ ВО «МИРЭА – Российский технологический университет», кандидатом технических наук, доцентом О.В. Трубиенко, заверен Первым проректором ФГБОУ ВО «МИРЭА – Российский технологический университет» Н.И. Прокоповым.

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.

7. Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова Российской академии наук», отзыв на автореферат. **Отзыв положительный**, подписан Доктором технических наук, главным научным сотрудником ФГБУ науки Института проблем управления им. В.А. Трапезникова Российской академии наук В.Г. Лебедевым, заверен И.о. директора ИПУ РАН, доктором технических наук А.О. Калашниковым.

По автореферату можно сделать следующие замечания:

1. Недостаточно обосновано применение разновидностей численных методов на каждом этапе проведения исследований.

2. Неполное раскрытие введённых сокращений (например, на странице 9 для накладываемых ограничений), либо раскрытие сокращений через несколько страниц после их введения (например, «ВТ» на страницах 7 и 10).

8. **Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)» (МГТУ им. Н.Э. Баумана)**, отзыв на автореферат. **Отзыв положительный**, подписан Директором НИИ информатики и систем управления МГТУ им. Н.Э. Баумана, доцентом кафедры «Системы автоматического управления», кандидатом технических наук Н.А. Чулиным, заверен Руководителем Научно-исследовательского комплекса «Информатика и системы управления (НУК ИУ) А.В. Пролетарским.

По автореферату можно сделать следующие замечания:

1. В автореферате приведены модели, которые имитируют сложные процессы при выполнении управляемого полета (например, модель воздушного судна, построение 4D-траектории, формирование бесконфликтной очереди прибывающих и вылетающих ВС, расчет ПКС), но из автореферата непонятно, проводилась ли валидация этих моделей.

2. В автореферате автор неоднократно использует аббревиатуры (ВС, ВПП, МНК, МУДР, ПА, ПКС, ФГБУ и др.) не расшифровывая их.

9. **Федеральное государственное бюджетное учреждение «Национальный исследовательский центр «Институт имени Н.Е. Жуковского» (ФГБУ «НИЦ им. Н.Е. Жуковского»)**, отзыв на автореферат. **Отзыв положительный**, подписан Начальником аналитического отдела Департамента координации и сопровождения программ, кандидатом технических наук А.В. Кан, заверен Начальником отдела кадров А.С. Никифоровым.

Отмечены отдельные недостатки, не влияющие на суть полученных при проведении исследований научных результатов и выводов:

1. В автореферате используются нерасшифрованные аббревиатуры (например, ВС, ВПП и другие).

2. Неясно, каким образом учитывался ли в работе человеческий фактор, а именно разная квалификация диспетчерского состава и экипажей воздушных судов?

10. **Филиал «Московский центр автоматизированного управления воздушным движением» Федерального государственного унитарного предприятия «Государственная корпорация по организации воздушного движения в Российской Федерации» (Филиал «МЦ АУВД» ФГУП «Госкорпорация по ОрВД»)**, отзыв на автореферат. **Отзыв положительный**, подписан Начальником отдела развития Филиала «МЦ АУВД» ФГУП «Госкорпорация по ОрВД» М.С. Лобановой, утвержден Директором Филиала «МЦ АУВД» ФГУП «Госкорпорация по ОрВД» С.Н. Погребновым.

Замечания к автореферату диссертации:

1. В автореферате не дана оценка скорости выполнения моделирования и её зависимости от числа моделируемых объектов.

2. Автор не пояснил, моделируется ли движение наземных транспортных средств по поверхности аэродрома?

11. **Общество с ограниченной ответственностью «Домодедово Эрфилд» (ООО «Домодедово Эрфилд»)**, отзыв на автореферат. **Отзыв положительный**, подписан Управляющим директором ООО «Домодедово Эрфилд» А.С. Соболевым.

Замечания к автореферату диссертации:

1. Из автореферата не совсем понятно, моделируются ли наземные транспортные средства (багажные тележки, автобусы и пр.).

2. Автор не пояснил, моделируются ли и каким образом, процессы, связанные с резким снижением пропускной способности (например, закрытие ВПП и т.д.).

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается наличием публикаций в соответствующей сфере исследования, компетентностью, имеющимся у них большим опытом исследований по анализу системы организации воздушного движения и её компонент, а также исследований и разработки технологий, позволяющих повысить качество аэронавигационного обслуживания, в том числе, в области соответствующей паспорту специальности 1.2.2. «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ (технические науки)» и способностью определить научную и практическую ценность диссертации.

ФАУ «ЦАГИ» является ведущей организацией авиационной отрасли по динамике полета и системам управления летательных аппаратов, решению задач, связанных с математическим моделированием сложных авиационных систем с помощью программных комплексов, проведению фундаментальных научных исследований. Заключение по диссертационной работе обсуждено и подписано учеными-сотрудниками НИО-15 НИЦ БП, которые непосредственно занимаются вопросами, связанными с динамикой полета и моделированием сложных систем, в их числе Баженов С.Г. – начальник НИО-15 НИЦ БП ФАУ «ЦАГИ»,

признанный высококвалифицированный специалист в области систем управления воздушных судов.

Соломенцев Виктор Владимирович – автор более 100 научных работ. Область интересов – эксплуатация радиотехнического оборудования и авиационной электросвязи. Руководил Федеральным государственным унитарным предприятием «Государственный научно-исследовательский институт аэронавигации». Под руководством Соломенцева В.В. проводится разработка современных перспективных автоматизированных систем управления воздушным движением, а также исследования методов управления воздушным движением на основе обмена информацией о полете между воздушными судами и наземными системами.

Болелов Эдуард Анатольевич – автор более 60 научных работ. Признанный специалист в области радиолокационных систем воздушного транспорта, комплексной обработки навигационной информации, метеорологического обеспечения полетов в гражданской авиации, комплексов программ для математического моделирования бортовых комплексных систем.

В дискуссии приняли участие:

Фамилия, имя, отчество	Ученая степень, шифр специальности в совете
Занин Кирилл Анатольевич	д.т.н., 1.2.2
Желтов Сергей Юрьевич	д.т.н., академик РАН, 2.3.1
Евдокименков Вениамин Николаевич	д.т.н., проф., 2.3.1
Сыпало Кирилл Иванович	д.т.н., член-корр. РАН, 2.3.1

Диссертационный совет отмечает, что **наиболее существенные научные результаты, полученные лично соискателем**, могут быть сформулированы следующим образом:

1. Научно обоснован метод выбора рационального варианта структуры воздушного пространства, включая сеть воздушных трасс, секторы диспетчерского управления, маршруты вылета, прибытия и захода на посадку, и инфраструктуры аэродрома, включая сеть рулежных дорожек, взлетно-посадочные полосы, руление по перрону и места стоянок, с использованием метода последовательных уступок при решении многокритериальной задачи на дискретном множестве альтернативных вариантов структуры воздушного пространства и инфраструктуры аэродрома.

2. Сформирована система показателей, позволяющая проводить оценку в интересах всех основных участников системы организации воздушного движения (ОрВД), включая пользователей воздушного пространства (авиакомпания, авиация общего назначения, экспериментальная авиация и др.), провайдеров аэронавигационных услуг, операторов аэропортов.

3. Разработаны математические модели и алгоритмы процессов и элементов системы ОрВД с использованием численных методов, включая формирование случайных потоков полетов воздушных судов, обнаружения потенциальных конфликтных ситуаций, формирования бесконфликтной очереди прибывающих и вылетающих воздушных судов.

4. Предложена архитектура и схема взаимодействия имитационных и расчетных моделей, позволяющие эффективно проводить компьютерное моделирование и получать результаты, используемые для выбора рационального варианта структуры воздушного пространства и инфраструктуры аэродрома.

5. Разработана методика проведения исследований по оценке эффективности использования структуры воздушного пространства и инфраструктуры аэродрома для различных сегментов воздушного пространства.

Новизна полученных результатов заключается в том, что впервые поставлена и решена задача выбора рационального варианта структуры воздушного пространства и инфраструктуры аэродрома на основе имитационного моделирования процессов организации воздушного движения в части выполнения управляемых полетов воздушных судов на маршруте, в диспетчерской зоне района аэродрома и их движения по поверхности аэродрома по научно-обоснованным соискателем группам показателей в интересах всех основных участников системы ОрВД. Функциональные возможности комплекса имитационного моделирования, алгоритмы и взаимодействие его математических моделей, описывающих потоки воздушных судов в воздухе и на земле, а также широкий спектр показателей, реализованные в комплексе имитационного моделирования системы организации воздушного движения позволяют говорить об его уникальности в Российской Федерации.

Теоретическая значимость заключается в том, что решение задачи выбора рационального варианта структуры воздушного пространства и инфраструктуры аэродрома с использованием имитационного подхода вносит вклад в применение теории математического моделирования к совершенствованию организации воздушного движения. В основе математических моделей используются численные методы, а разработанный комплекс программ ускоренного моделирования позволяет проводить исследования за ограниченный период времени по оценке структуры воздушного пространства и инфраструктуры аэродрома при их проектировании в интересах различных участников системы организации воздушного движения.

Практическая значимость работы заключается в создании методов, математических моделей и комплекса имитационного моделирования, которые

применяются при проведении исследований в поддержку принятия решений при модернизации структуры воздушного пространства и инфраструктуры аэродрома. Комплекс имитационного моделирования системы организации воздушного движения позволяет выполнять системные исследования, включая моделирование полетов воздушных судов в верхнем воздушном пространстве при полете по сети воздушных трасс, в диспетчерской зоне района аэродрома и моделирование движения воздушных судов по поверхности аэродрома.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что комплекс имитационного моделирования введен в эксплуатацию во ФГУП «Госкорпорация по ОрВД» - национального провайдера аэронавигационных услуг и используется специалистами по организации воздушного пространства, а также актами о внедрении результатов диссертации и свидетельствами о регистрации программного обеспечения:

1. Акт научно-технического совета ФГУП «Госкорпорация по ОрВД» о внедрении результатов диссертационной работы Попова Андрея Сергеевича.

Авторство и результаты диссертационной работы отражены в ходе выполнения научно-исследовательских работ в рамках закупочных мероприятий товаров, услуг и работ по договорам ФГУП «Госкорпорация по ОрВД» с ФАУ «ГосНИИАС» за период 2015 – 2019 годы при выполнении следующих научно-исследовательских работ:

- «Оценка эксплуатационных характеристик проектируемой структуры воздушного пространства Московской зоны (МЗ) ЕС ОрВД и Московского узлового диспетчерского района (МУДР) с целью определения достижения установленных стратегических целей и заданных показателей безопасности полетов, пропускной способности, эффективности предоставляемых услуг пользователям воздушного пространства с использованием имитационного моделирования», шифр «Модель НСВП-Москва"», Договор №598/15 от 07 августа 2015 года (2015-2016 гг.).

- «Модернизация комплекса имитационного моделирования процессов ОрВД с целью расширения возможностей по подготовке исходных данных, получения результатов моделирования с оценками эксплуатационных характеристик проектируемой структуры воздушного пространства, показателей безопасности полётов, пропускной способности, эффективности предоставляемых услуг пользователям на всех этапах полёта, включая: полёты по маршруту ОВД и в зонах подхода при прилёте – вылете, а также движение ВС по поверхности аэродрома», Договор №1801/16 от 22 марта 2017 года (2017-2019 гг.).

- «Комплексная оценка эффективности выполнения полетов в новой структуре воздушного пространства Московской, Санкт-Петербургской, Ростовской, Самарской и Екатеринбургской зонах ЕС ОрВД, а также оценка

показателей эффективности выполнения полетов в районах основных аэродромов Московского узлового диспетчерского района с использованием имитационного моделирования», Контракт №907/17 от 23 октября 2018 года (2018- 2019 гг.).

- «Оценка пропускной способности основных аэродромов Московского узлового диспетчерского района с учетом моделирования в нем воздушного движения, включая полеты в районе аэродрома, операции взлета, посадки и движение воздушных судов по поверхности аэродрома с использованием имитационного моделирования», Контракт №901/18 от 23 октября 2018 года (2018- 2019 гг.).

Результаты диссертационной работы были использованы для обоснования выбора и усовершенствования вариантов новой структуры воздушного пространства Московской и смежных с ней зон (Санкт-Петербургской, Ростовской, Самарской и Екатеринбургской) Единой системы организации воздушного движения, введенной в эксплуатацию 03.12.2020 года решением Правительственной Комиссии по транспорту Российской Федерации от 10.12.2019 года.

2. Акт о внедрении результатов диссертационного исследования 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» в деятельность научного подразделения 0800 Федерального автономного учреждения «Государственный научно-исследовательский институт авиационных системы» (ФАУ «ГосНИИАС») при выполнении научно-исследовательской работы «Модернизация комплекса имитационного моделирования процессов ОрВД с целью расширения возможностей по подготовке исходных данных, получения результатов моделирования с оценками эксплуатационных характеристик проектируемой структуры воздушного пространства, показателей безопасности полётов, пропускной способности, эффективности предоставляемых услуг пользователям на всех этапах полёта, включая: полёты по маршруту ОВД и в зонах подхода при прилёте – вылете, а также движение ВС по поверхности аэродрома» (шифр «КИМ ОрВД-3»), договор 1801/16 от 22.03.2017г.

Созданное и зарегистрированное программное обеспечение:

- КИМ ОрВД. «Исследование ОрВД» ЮСИЯ.00282-03;
- КИМ ОрВД. «Импортирование данных из ЦБД» ЮСИЯ.00283-03;
- КИМ ОрВД. «Имитация полетов ВС» ЮСИЯ.00568-02;
- КИМ ОрВД. «Имитационная математическая модель для оценки безопасности полетов» ЮСИЯ.00700-04.

3. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ. Попов А.С., Вишнякова Л.В., Сикачев В.Ю., Скавинская Д.В., Вересов К.А., Обухов Ю.В., Суслов Д.Д., Глебов С.М., Егоркина А.В., Стороженко С.Р.,

Березнев Е.В. Программное обеспечение «Имитация полетов воздушных судов». (Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2017619766. Дата регистрации: 03 июля 2017 г.)

4. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ. Попов А.С., Топин В.А., Вересов К.А., Кибзун Ю.А., Новомлинский И.В., Погорелов Н.А. Программное обеспечение «Дизайнер АМДВ». (Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ №2021680738. Дата регистрации 14 декабря 2021 г.)

5. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ. Попов А.С., Вишнякова Л.В. Вересов К.А., Сикачев В.Ю., Топин В.А., Кибзун Ю.А., Новомлинский И.В., Обухов Ю.В., Погорелов Н.А., Файзрахманов А.Э. Программное обеспечение «Имитационная модель аэродрома (СимАП)» (Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ №2022619235. Дата регистрации 14 мая 2022 г.)

Результаты диссертационной работы рекомендуются к использованию в организации, осуществляющей аэронавигационное обслуживание - ФГУП «Государственная корпорация по организации воздушного движения в Российской Федерации», а также её филиалах для поддержки принятия решений при внедрении перспективных вариантов структуры воздушного пространства и инфраструктуры аэродрома на основе сравнительного анализа альтернативных вариантов, а также оценки эксплуатационных характеристик существующих структуры воздушного пространства и инфраструктуры аэродрома по показателям эффективности, в научно-исследовательских институтах (ФАУ «Государственный научно-исследовательский институт авиационных систем», ФГУП «Государственный научно-исследовательский институт гражданской авиации») для проведения исследований по оценке эффективности существующих и перспективных вариантов структуры воздушного пространства и инфраструктуры аэродрома, в аэропортах (АО «Домодедово», АО «Международный аэропорт Шереметьево» и др.) для оценки операций на поверхности аэродромов и при выполнении проектов по развитию аэродрома.

Оценка достоверности результатов исследования выявила, что основные положения диссертации опираются на современный математический аппарат и согласуются с опубликованными экспериментальными данными по теме диссертации. Соискателем разработаны и используются корректные математические модели и алгоритмы. В рамках исследования автором грамотно применены общие и специальные методы математического моделирования объектов, методы обработки информации, системного анализа сложных систем,

обработки информации, анализа и синтеза сложных технических систем, разработки систем компьютерного и имитационного моделирования.

В ходе защиты были высказаны следующие критические замечания:

1. В вычислении показателей участвует вектор летно-технических характеристик воздушных судов и вектор метеоусловий. В воздушном пространстве могут находиться воздушные суда разного типа с совершенно разными летно-техническими характеристиками, которые могут меняться в достаточно широком диапазоне. Метеоусловия зимой, весной, осенью, летом также отличаются. Следовало бы рассмотреть возможность применения интервальных значений при учете метеоусловий в разные времена года, а также летно-технические характеристики воздушных судов.

2. Одним из результатов научной новизны является архитектура программного комплекса. В работе нет четкого обоснования научной новизны архитектуры.

Соискатель Попов А.С. ответил на задаваемые вопросы и привел собственную аргументацию:

1. При моделировании используется база данных с летно-техническими характеристиками воздушных судов BADA, которая содержит характеристики всех основных типов используемых в настоящее время воздушных судов (ВС). Таким образом, моделирование выполняется на основе существующих потоков воздушных судов и типов ВС в соответствии с базой данных BADA. Что касается метеоусловий, то при решении задачи данные усредняются за разные времена года, так как необходимо выбрать один вариант структуры воздушного пространства. В дальнейших исследованиях возможно попробовать посчитать интервальные значения.

2. Комплекс имитационного моделирования является достаточно сложным и уникальным инструментом имитационного моделирования процессов организации воздушного движения. Уникальность архитектуры заключается в возможности его реконфигурации под различные типы задач, например, моделирование движения воздушных судов по поверхности аэродрома, моделирование полётов ВС в верхнем воздушном пространстве и моделирование полетов в диспетчерской зоне района аэродрома. Архитектура позволяет реализовать взаимодействие большого количества расчётных и имитационных.

В диссертационной работе все заимствованные материалы представлены со ссылкой на автора или источник. Тем самым работа удовлетворяет п.14 Положения о присуждении ученых степеней.

На заседании 24 ноября 2022 г. диссертационный совет пришел к выводу о том, что диссертация представляет собой законченную научно-квалификационную работу, которая соответствует критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней, утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года № 842, предъявляемым к диссертациям на соискание учёной степени кандидата наук, и принял решение за **новые научно-обоснованные технические решения**, имеющие существенное значение для совершенствования системы организации воздушного движения в Российской Федерации, повышения эффективности её функционирования, присудить Попову Андрею Сергеевичу ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 23 человек, из них 8 докторов наук по специальности 1.2.2. «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ (технические науки)», участвовавших в заседании, из 27 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за – 23, против – нет, недействительных бюллетеней – нет.

Председатель диссертационного совета
24.2.327.03, д.т.н., профессор
Малышев Вениамин Васильевич



Ученый секретарь диссертационного совета
24.2.327.03, д.т.н., доцент
Старков Александр Владимирович



«24» ноября 2022 г.

Начальник отдела УДС МАИ



