

УТВЕРЖДАЮ

Ректор федерального государственного
автономного образовательного учреждения
высшего образования

«Пермский государственный
национальный исследовательский
университет»



И.А. Германов

«*марта*» 2026 г.

ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

**Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования «Пермский государственный национальный
исследовательский университет»**

**на диссертационную работу Максимовой Софьи Евгеньевны
«Разработка методики геоинформационного моделирования воздушного
пространства для построения оптимальных маршрутов беспилотных
воздушных судов гражданской авиации»,
представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по
специальности 1.6.20 «Геоинформатика, картография»**

Диссертационная работа Максимовой Софьи Евгеньевны на тему «Разработка методики геоинформационного моделирования воздушного пространства для построения оптимальных маршрутов беспилотных воздушных судов гражданской авиации» посвящена разработке модельно-методического аппарата геопространственного представления, анализа и регулирования авиационно-транспортной системы эксплуатанта беспилотных воздушных судов (далее – БВС) гражданской авиации в части, касающейся полетов из точки старта в точку назначения. Данный модельно-методический аппарат позволяет обеспечить геоконтроллинговую поддержку деятельности эксплуатанта БВС в сегменте воздушного пространства на единой геопространственной основе, в отличие от существующих методик управления.

I. Актуальность диссертационного исследования

Развитие современных транспортных систем на огромной территории Российской Федерации является неотъемлемой частью стратегии по обеспечению экономической безопасности страны. Развитие применения беспилотных авиационных систем оказывает влияние на настоящую и будущую деятельность хозяйствующих субъектов в различных отраслях экономики. Одной из важнейших задач для развития аэрологистики с БВС, которые необходимо решить, является функционирование автоматизированных инструментов вычисления оптимальных маршрутов БВС. Развитие аэрологистических операций с БВС и возможностей их планирования отвечает интересам как государства и общества, так и интересам юридических и физических лиц, решающих частные задачи.

В современной науке и практике накоплен значительный опыт применения технологий и решений в области геоинформационного моделирования для решения актуальных транспортных задач, в том числе по вычислению оптимальных маршрутов перемещения транспортных средств по фиксированной инфраструктуре. Однако БВС могут перемещаться не только по фиксированной инфраструктуре, но и вне ее. Эксплуатанты БВС нуждаются в специальных методах представления, обработки и преобразования геопространственных данных, пространственно-временного анализа обстановки, выработки рекомендаций по оптимизации своей деятельности по перемещению БВС из точки старта в точку назначения, оценки динамической георисковой обстановки в сегменте воздушного пространства, выработки рекомендаций по снижению рисков негативных авиационных событий.

II. Научная новизна исследования и полученных научных результатов

В диссертационной работе Максимовой С.Е. получены следующие научные результаты, выносимые на защиту:

1. Геоинформационная модель воздушного пространства БВС-активности эксплуатанта гражданской авиации.
2. Методика оценки пространственной обстановки в интересах регулирования специальной БВС-активности и выработки пространственно-содержательных рекомендаций.

Новизна первого научного результата, полученного в диссертационном исследовании, состоит в том, что геоинформационная модель воздушного пространства БВС-активности эксплуатанта, содержащая модели операционного и функционального подпространства, позволяет реализовывать комплексный подход к учету, анализу и обработке геопространственной информации об обстановке в сегменте воздушного пространства, что дает возможность реализации геоконтроллинговой поддержки деятельности эксплуатанта БВС, в отличие от существующих геоинформационных моделей воздушного пространства для широкого круга пользователей.

Новизна второго научного результата состоит в возможности оперативного наполнения, анализа, обобщения разнородной пространственно-временной информации о геопространстве БВС-активности и адаптации алгоритмов вычисления оптимальных маршрутов перемещения в трехмерном пространстве к существующим геопространственным объектам и ситуациям в сегменте воздушного пространства, что позволяет оперативно генерировать пространственно-содержательные рекомендации по оптимизации БВС-деятельности и планированию полетов конкретного эксплуатанта в реальных географических условиях.

Разработанный модельно-методический аппарат предназначен для автоматизированного управления и регулирования рисков БВС-активностью эксплуатанта гражданской авиации, снижения издержек от полетов по субоптимальным маршрутам и уменьшения рисков авиационных происшествий. Внедрение данного модельно-методического аппарата обеспечивает увеличение показателя своевременности вычисления оптимальности маршрута БВС на 10%, повышение полноты оперативного представления и анализа ситуации на 14% функционального и на 19% для операционного пространства.

III. Достоверность и обоснованность научных результатов и выводов

Обоснованность полученных Максимовой С.Е. научных результатов, выводов и рекомендаций обусловлена:

- корректностью постановки цели и задач исследования, определения предмета и объекта исследования;
 - использованием нормативно-правовой базы воздушного законодательства Российской Федерации;
 - комплексным учетом факторов опасности пилотирования БВС и их систематизацией;
 - всесторонним учетом факторов, влияющих на построение оптимального маршрута БВС гражданской авиации из точки старта в точку назначения;
 - применением хорошо апробированных научных методов;
 - соответствия результатов исследования теоретическим основам и гипотезам фундаментальных исследований в области геоинформационного моделирования;
- Достоверность** полученных Максимовой С.Е. научных результатов, выводов и рекомендаций подтверждена:
- апробацией результатов исследования на 8 научно-практических конференциях,
 - отражением основных результатов диссертации в 13 открытых публикациях (из них 4 в изданиях из перечня ВАК),
 - двумя свидетельствами ФСИС РФ о регистрации программ для ЭВМ от 16.09.2025 №2025684640 и от 23.09.2025 №2025685497,
 - внедрением результатов диссертационного исследования в научно-исследовательскую, производственную и образовательную деятельность, что подтверждено актами.

IV. Значимость полученных результатов для развития соответствующей отрасли науки

Теоретическая значимость работы состоит в совершенствовании подходов к моделированию обстановки в воздушном пространстве средствами ГИС-технологий, а также в разработке методов и моделей геоинформационного представления и регулирования активности беспилотных воздушных судов.

Практическая значимость результатов исследования заключается в решении важной научно-технической задачи по разработке методики геоинформационного моделирования воздушного пространства для построения оптимальных маршрутов БВС гражданской авиации доведения ее до практического (операционного) уровня, позволяющего использовать в производственной деятельности эксплуатанта БВС и создать систему ее геоконтроллинговой поддержки.

Эффективность разработанного автором модельно-методического аппарата подтверждена актами внедрения. Так, в рамках 5-го этапа НИР «Пунктир» внедрение геоинформационной модели операционного и функционального пространства БВС-активности позволило увеличить показатель своевременности построения оптимального маршрута БВС на 10%. Кроме того, в рамках 2-го НИР этапа «Исследования и анализ современного состояния отечественных и зарубежных технических средств гидрометеорологии и океанологии, применяемых в интересах ВМФ, определение путей их развития» внедрение методики оценки пространственной обстановки и выработки пространственно-содержательных рекомендаций в интересах регулирования специальной БВС-активности позволило увеличить показатель полноты оперативного представления и анализа ситуации в воздушном пространстве: для функционального пространства – на 14%, для операционного пространства – на 19%.

Разработанные подходы создают основу для создания и совершенствования автоматизированных систем поддержки принятия решений эксплуатанта БВС, что позволяет повышать оперативность административного и целевого управления в условиях неопределенности, минимизировать риски негативных авиационных событий (авиационных инцидентов и происшествий), уменьшить издержки от выполнения полетов по субоптимальным маршрутам.

V. Рекомендации по использованию результатов и выводов

Использование результатов данной работы поможет обеспечить улучшение деятельности по планированию и применению БВС гражданской авиации посредством предоставления возможности создания систем поддержки принятия управленческих решений в данной области на базе геоинформационных пространственно-временных риск-ориентированных моделей воздушного пространства и его сегментов в виде взвешенного графа пространственных данных, сохраняющего структуру воздушного пространства, для применения автоматизированных инструментов вычисления оптимальных маршрутов из точки старта в точку назначения. Результаты диссертационного исследования применимы не только для гражданской, но и для государственной и экспериментальной беспилотной авиации. Таким образом, основной областью применения результатов диссертационного исследования Максимовой С.Е. является информатизация геопространственной деятельности эксплуатантов беспилотных воздушных судов.

VI. Оценка содержания и оформления диссертации

Диссертация Максимовой С.Е. соответствует паспорту научной специальности 1.6.20 «Геоинформатика, картография» по пунктам 2, 7, 11, отвечает требованиям пунктов 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 №842 (в действующей редакции).

Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы, четырех приложений. В работе содержится 7 таблиц, 40 рисунков, 39 формул. Список литературы включает 143 наименования, в том числе ресурсы в сети Интернет.

Структура и оформление диссертации и автореферата диссертации соответствует требованиям ГОСТ Р 7.0.11-2011. Диссертация и автореферат грамотно и логично структурированы в соответствии с целью и научной задачей, написаны понятным научным языком, аккуратно оформлены. Представленный в диссертации материал дополнен иллюстрациями, поясняющими существо работы, и списком источников литературы. Содержание автореферата соответствует предъявляемым требованиям и достаточно полно отражает положения и научные результаты диссертации, выносимые на защиту.

Результаты диссертационного исследования в достаточном объеме и с необходимой полнотой опубликованы в научных изданиях, в том числе рецензируемых из перечня ВАК Министерства образования и науки РФ.

VII. Замечания по содержанию и оформлению диссертационной работы.

При общей положительной оценке диссертационного исследования Максимовой С.Е., необходимо указать отдельные замечания:

1. Текст диссертации местами написан слишком сложно для восприятия читателем. В частности, во Введении – описание научной новизны могло быть более кратким, с выделением основных отличий диссертации от ранее выполненных работ в данной области, и объем в две страницы для этого совершенно точно не требуется. Теоретическая значимость должна представлять собой краткую характеристику вклада этой работы в науку, буквально в двух предложениях. В данной работе сложно отделить теоретическую значимость от практической.

2. Объект исследования «пространство рискованной БВС-активности» сформулирован так, что требует пояснений – что имеет в виду автор, что понимается под таким пространством и какие риски рассматриваются. Во введении следовало это отметить. Тем более, этот же термин применен и в названии первой главы.

3. В теоретической базе (стр. 10) имеет смысл перечислять только тех авторов, ссылки на работы которых есть в диссертации.

4. В разделе 2.1 и далее по тексту используются некоторые термины (например, термин «геообраз») которые не являются общепринятыми. В мировой науке подобные термины отсутствуют, и следует их избегать.

5. На странице 53 рассматриваются ограничения, обусловленные структурой воздушного пространства, в форме простых геометрических фигур – призмы, цилиндра. Насколько такие формы соответствуют ограничениям, которые имеются в реальном мире?

6. Было бы уместно дополнить Раздел 2.4 упоминанием данных метеорологических радиолокаторов для обеспечения деятельности по использованию воздушного пространства, в том числе полетов беспилотных воздушных судов.

7. Рисунок 2.10 нуждается в более подробных пояснениях. В частности, следовало указать на необходимость обобщения результатов анализа полей пространственно-временного распределения метеоэлементов и выявления участков, где пилотирование БВС подвергается повышенному риску, до относительно простых по форме стереометрических фигур, а также подчеркнуть динамичность изменения полей пространственно-временного распределения метеоэлементов

8. Было бы желательно привести не один, а несколько практических примеров построения моделей воздушного пространства в различных географических условиях.

Выявленные замечания носят частный характер и не ставят под сомнение актуальность, обоснованность, достоверность, новизну и значимость для науки и практики полученных результатов диссертационного исследования.

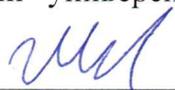
VIII. Вывод о соответствии диссертации критериям Положения о порядке присуждения ученых степеней

Диссертационная работа Максимовой Софьи Евгеньевны на тему «Разработка методики геоинформационного моделирования воздушного пространства для построения оптимальных маршрутов беспилотных воздушных судов гражданской авиации» является законченной, самостоятельно выполненной научно-квалификационной работой. В диссертации решена важная научно-практическая задача – разработана и реализована методика геоинформационного моделирования воздушного пространства для построения оптимальных маршрутов беспилотных воздушных судов гражданской авиации.

Содержание работы и основные результаты соответствуют паспорту научной специальности 1.6.20 «Геоинформатика, картография».

Таким образом, диссертация Максимовой Софьи Евгеньевны по своей новизне, уровню научной проработки, теоретической и практической значимости соответствует требованиям пунктов 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства РФ от 24.09.2013 №842 (в действующей редакции), а ее автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по научной специальности 1.6.20 «Геоинформатика, картография».

Отзыв подготовил профессор кафедры картографии и геоинформатики ФГАОУ ВО «Пермский государственный национальный исследовательский университет», доктор географических наук, доцент

 А.Н. Шихов

Диссертация обсуждена, отзыв заслушан и одобрен на заседании кафедры картографии и геоинформатики ФГАОУ ВО «Пермский государственный национальный исследовательский университет», протокол № 5 от 13.03.2026 г.

Председатель заседания, профессор кафедры картографии и геоинформатики ФГАОУ ВО «Пермский государственный национальный исследовательский университет», доктор географических наук, профессор

 Н.А. Калинин

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Пермский государственный национальный исследовательский университет» (ФГАОУ ВО «Пермский государственный национальный исследовательский университет»)

Адрес: 614068, Пермский край, г. Пермь, ул. Букирева, 15
Телефон: +7 (342) 2-396-435
Эл. почта: info@psu.ru
Сайт: <https://psu.ru/>

