

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертационной работы Максимовой Софьи Евгеньевны на тему «Разработка методики геоинформационного моделирования воздушного пространства для построения оптимальных маршрутов беспилотных воздушных судов гражданской авиации», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 1.6.20. Геоинформатика, картография (технические науки)

На эффективность и безопасность применения беспилотных воздушных судов (БВС) существенное влияние оказывает информационное обеспечение, важной частью которого является геопространственная составляющая.

Полнофункциональные геоинформационные системы (ГИС) могут применяться для анализа разнородной пространственной информации с целью комплексного использования в рамках принятия управленческих решений в области применения и эксплуатации БВС.

Геосервисы для вычисления оптимальных маршрутов из точки старта в точку назначения наземных транспортных средств широко используются в повседневной деятельности. Однако подобных универсальных геосервисов, предназначенных для вычисления оптимальных маршрутов БВС эксплуатантами гражданской авиации в воздушном пространстве Российской Федерации, не разработано. В условиях отсутствия стабильного доступа в сеть Интернет, необходимости киберзащиты компьютеров и оборудования эксплуатанта от актов незаконного вмешательства, в том числе от возможности подмены данных, зашумления навигационных данных, создание геоинформационной модели воздушного пространства БВС-активности на защищенном оборудовании эксплуатанта для обеспечения стабильного непрерывного функционирования авиационно-транспортной системы представляется актуальным, логичным и целесообразным.

Основными проблемами автоматизированного построения маршрута БВС в трехмерном пространстве являются обоснованность и безопасность моделирования, точность решения и способность к глобальной оптимизации в сложных географических условиях.

Необходимость применения ГИС для анализа информации о воздушном пространстве с целью вычисления оптимальных маршрутов БВС представляется актуальной и целесообразной.

Учитывая актуальность тематики, автором обоснованно в качестве входных данных для формирования инструментов и алгоритмов вычисления оптимальных маршрутов в трехмерном пространстве для построения соответствующей траектории перемещения БВС из точки старта в точку назначения предлагается разработка соответствующей геоинформационной модели. Решение данной актуальной задачи содействует расширению возможностей применения БВС в части, касающейся воздушных перевозок, и обеспечения стабильного выполнения данной деятельности на основе анализа

разнородной пространственно-временной информации. В настоящее время данные транспортные средства используются для выполнения авиационных работ в различных отраслях народного хозяйства.

На защиту представлены результаты, которые обладают научной новизной:

- геоинформационная модель воздушного пространства БВС-активности эксплуатанта гражданской авиации, которая отличается расширением множества упорядочивающих отношений пространства БВС-активности в части, касающейся формализации предметной области БВС-активности, что обеспечивает и дает возможность оперативно строить, отображать и корректировать пространственную зону возможной деятельности БВС в условиях действующих нормативно-правовых установок и возможностей систем обеспечения БВС-деятельности в регионе;

- методика оценки пространственной обстановки БВС-активности и выработки пространственно-содержательных рекомендаций отличается оперативной пространственно-содержательной локализацией зоны возможных решений БВС-деятельности в условиях быстро меняющейся погодной, технико-технологической и контроллинговой обстановки, что обеспечивает геоинформационную поддержку деятельности эксплуатанта в части, касающейся оперативного планирования полетов БВС.

Теоретическая значимость диссертационного исследования в области научных и методических основ геоинформатики заключается в:

- дополнении аппарата геоинформационного моделирования, применяемого в первую очередь для построения моделей объектов на поверхности Земли и других небесных тел, понятиями и способами теоретического описания геоинформационных моделей объектов в воздушном пространстве, рассматриваемой в исследовании как система, функционирующая в соответствии с положениями нормативно-правовых актов в сложных географических условиях;

- переносом онтологического знания о процессах организации применения и эксплуатации БВС в область геоинформационного моделирования воздушного пространства для обоснования и поддержания уровня адекватности разрабатываемой модели;

- целевым комбинированием и адаптацией известных принципов, моделей и методов представления и анализа геопрограммной ситуации для моделирования обстановки в сегменте воздушного пространства системообразующими зависимостями универсальных параметров состояний и процессов.

Диссертационное исследование Максимовой С.Е. решает актуальную научно-практическую задачу по разработке геоинформационной модели воздушного пространства нового типа для вычисления оптимальных маршрутов БВС гражданской авиации из точки старта в точку назначения и методики ее построения над территорией реального географического объекта, используемых

для регулирования БВС-активности эксплуатанта в моделируемом сегменте воздушного пространства.

Достоверность результатов работы подтверждена апробацией на 8 научно-практических конференциях. Кроме того, достоверность результатов исследования подтверждается созданием геоинформационной модели воздушного пространства над территорией реального географического объекта, которая пригодна для применения алгоритмов вычисления ОПТИМАЛЬНЫХ маршрутов перемещения из точки старта в точку назначения.

По теме диссертационного исследования опубликовано 13 научных статей, из них 5 в изданиях из перечня ВАК. Автором получены свидетельства о регистрации двух программ для ЭВМ. Результаты исследования внедрены в производственную деятельность трех предприятий, образовательную деятельность двух ВУЗов. Результаты исследования внедрены в две научно-исследовательские работы:

– Внедрение в пятый этап НИР «Пунктир» геоинформационной модели операционного и функционального пространства рискованной БВС-активности привело к повышению показателя своевременности вычисления оптимального маршрута БВС на 10%,

– Внедрение во второй этап НИР «Исследования и анализ современного состояния отечественных и зарубежных технических средств гидрометеорологии и океанологии, применяемых в интересах ВМФ, определение путей их развития» методики оценки пространственной обстановки и выработки пространственно-содержательных рекомендаций регулирования БВС-активности привело к повышению показателя полноты оперативного представления и анализа ситуации в воздушном пространстве на 14 % для функционального и на 19% для операционного пространства БВС-активности.

Вместе с тем, к автореферату диссертации имеются следующие замечания:

- из автореферата не в полной мере ясны функциональные возможности существующих геосервисов, содержащих геоинформационные модели воздушного пространства Российской Федерации;

- желательно привести примеры элементов структуры воздушного пространства, ограничивающих полеты БВС, с указанием графических элементов для формирования их геообразов;

- при описании главы 3 диссертации в автореферате следовало подчеркнуть применимость разработанного подхода к оценке пространственно-временного распределения рисков пилотирования БВС в системах управления безопасностью полетов эксплуатантов.

- желательно показать применимость геомodelей автора в процессах проектирования территориальных объектов и систем железнодорожного транспорта.

Отмеченные недостатки не снижают качество результатов исследования, не являются значительными, и не влияют на теоретические и практические результаты диссертационной работы.

Диссертация Максимовой Софьи Евгеньевны на соискание ученой степени кандидата технических наук в полной мере обладает новизной, теоретической и практической значимостью, выполнена по актуальной тематике и содержит решения значимой проблемы, имеющие важное хозяйственное значение для различных отраслей экономики.

Диссертационная работа «Разработка методики геоинформационного моделирования воздушного пространства для построения ОПТИМАЛЬНЫХ маршрутов беспилотных воздушных судов гражданской авиации» соответствует требованиям Положения о порядке присуждения учёных степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 № 842 «О порядке присуждения ученых степеней». Соискатель Максимова Софья Евгеньевна заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 1.6.20. Геоинформатика, картография.

Альхимович Александр Александрович, гражданин Российской Федерации, кандидат технических наук по специальности 05.02.22 «Организация производства» (техн. науки), заместитель главного инженера – начальник службы по техническому и технологическому развитию АО «Росжелдорпроект»

Альхимович Александр Александрович

Акционерное общество «Росжелдорпроект»,  
e-mail 1520@rzdp.ru, тел. 7 495 660-1520  
почтовый адрес 127051, г. Москва, Малая Сухаревская площадь, д.10

Я, Альхимович Александр Александрович, даю согласие на включение своих персональных данных, содержащихся в настоящем отзыве, в документы, связанные с защитой диссертации Максимовой Софьи Евгеньевны, и их дальнейшую обработку

Альхимович Александр Александрович

12 марта 2026 г.

Подпись руки Альхимовича А.А. удостоверяю.  
Начальник отдела развития персонала  
и социальной работы АО «Росжелдорпроект»



О.В. Фокина