

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук Зябкина Сергея Алексеевича на тему «Модели и алгоритмы классификации зон вероятного обледенения воздушных судов гражданской авиации в районе аэродрома» по специальности 2.9.6 «Аэронавигация и эксплуатация авиационной техники»

Существенно повысить уровень метеорологического обеспечения полетов невозможно без внедрения новых и модернизации существующих средств метеорологического обеспечения полётов.

Обеспечение достоверной метеорологической информацией диспетчеров управления воздушным движением (УВД) и экипажей воздушных судов (ВС) на этапах взлёта, захода на посадку и посадки ВС является сложной научной задачей. Эта задача требует, в том числе, разработки моделей и алгоритмов классификации зон вероятного обледенения ВС. Необходимость решения указанной научной задачи предопределяет актуальность диссертации.

Объектом диссертационного исследования являются аэродромные метеорологические радиолокационные комплексы с полным поляризационным приемом. Предметом диссертационного исследования являются модели и алгоритмы классификации зон вероятного обледенения воздушных судов гражданской авиации.

В ходе диссертационного исследования автором лично:

- предложена уникальная имитационная модель выходных данных поляриметрического аэродромного метеорологического радиолокационного комплекса при обработке отраженных сигналов от различных типов гидрометеоров для расчета поляриметрических продуктов аэродромного метеорологического радиолокационного комплекса на базе разработанной математической модели расчета амплитуд радиолокационных волн, отражённых от гидрометеоров, потенциально способных вызвать обледенение воздушных судов с применением метода Т-матриц;

- разработан уникальный нечетко-логический классификатор типов гидрометеоров для применения в перспективных аэродромных метеорологических радиолокационных комплексах X-диапазона, отличающийся от известных параметрами функций принадлежности для выбранных входных признаков и алфавитом выходных классов, включающим капли дождя, ориентированные кристаллы льда, морось, сухой и мокрый снег, также

предложена методика обучения этого классификатора по радиолокационным данным X-диапазона, полученным при помощи имитационного моделирования;

- разработан уникальный алгоритм классификации зон вероятного обледенения воздушных судов для применения в аэродромных метеорологических радиолокационных комплексах на основе метода нечеткой логики.

Все вышесказанное составляет научную новизну работы.

Практическая значимость работы состоит в том, что внедрение ее результатов в разработку существующих и перспективных аэродромных метеорологических радиолокационных комплексов позволит повысить ситуационную осведомленность экипажей ВС гражданской авиации и диспетчеров УВД о наличии зон вероятного обледенения воздушных судов в районе аэродрома, и тем самым способствовать обеспечению заданного уровня безопасности полетов.

При решении поставленной научной задачи автором использовались методы цифровой обработки сигналов, теории множеств, дискретной математики, теории распознавания образов, нечеткой логики, теории ошибок, математического моделирования, теории вероятности и математической статистики.

Достоверность и обоснованность результатов диссертационной работы основана на корректном выборе моделей частных свойств гидрометеоров и исходных данных для моделей радиолокационных отражений от единичных гидрометеоров и ансамбля; демонстрации совпадения экспериментальных и данных имитационного моделирования радиолокационных поляриметрических продуктов для S-диапазона частот; использовании корректного метода обучения алгоритмов нечетко-логической классификации гидрометеоров; корректном использовании методов цифровой обработки сигналов, теории множеств, дискретной математики, теории распознавания образов, нечеткой логики, теории ошибок, математического моделирования, теории вероятности и математической статистики.

Вместе с тем, по содержанию автореферата можно отметить следующие недостатки, а именно:

- по тексту автореферата не вполне понятно, почему исследование явления ограничивается наблюдениями метеоявлений слоистой и слоистообразной облачности, а диапазон рассматриваемых температур ограничен значениями от  $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$  до  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ ;

- в алфавите выходных классов системы нечетко-логической классификации автором используются несколько градаций дождевых капель,

однако в тексте автореферата не определены различия между данными классами и причины данного разбиения.

Указанные недостатки, однако, не снижают научной и практической ценности работы. Автореферат оформлен в соответствии с требованиями ВАК РФ и дает вполне четкое и понятное представление о диссертационной работе. Автор показал умение решать сложные научные задачи. В соответствии с авторефератом, можно сделать вывод о том, что диссертационная работа удовлетворяет требованиям ВАК РФ, соответствует заявленной научной специальности 2.9.6 – Аэронавигация и эксплуатация авиационной техники, а ее автор, Зябкин Сергей Алексеевич, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.9.6 – Аэронавигация и эксплуатация авиационной техники.

Профессор кафедры автономные информационные и управляющие системы МГТУ им. Н.Э. Баумана,

доктор технических наук, доцент

Ю.А. Сидоркина

(105005, г. Москва, ул. 2-ая Бауманская д.5, корп. 1,

Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана

8-499-363-68-59, [sidyulia5968@bmstu.ru](mailto:sidyulia5968@bmstu.ru), профессор)

« 4 » сентября 2023 г.

Подпись профессора Сидоркиной Юлии Анатольевны заверяю.

Руководитель НУК СМ  
МГТУ им Н.Э. Баумана



В.Т. Калугин