

УТВЕРЖДАЮ

Исполняющий обязанности генерального
директора Федерального государственного
унитарного предприятия Государственный
научно-исследовательский институт
гражданской авиации (ФГУП ГосНИИ ГА),



А.Е. Першин

сентября 2023 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации Федеральное государственное унитарное предприятие Государственный научно-исследовательский институт гражданской авиации (ФГУП ГосНИИ ГА) на диссертационную работу Зябкина Сергея Алексеевича «Модели и алгоритмы классификации зон вероятного обледенения воздушных судов гражданской авиации в районе аэродрома» на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.9.6 «Аэронавигация и эксплуатация авиационной техники»

Актуальность темы исследования

Диссертация С.А. Зябкина посвящена совершенствованию существующих и разработке новых методов и технических средств, применяемых для проведения метеонаблюдений. Одним из актуальных направлений этого процесса является разработка новых алгоритмов для обнаружения и классификации опасных метеорологических явлений в целях модернизации имеющихся аэродромных метеорологических радиолокационных комплексов (АМРЛК) типа «Монокль», а также для разработки технических требований для проектирования новых типов АМРЛК. Особую актуальность результаты диссертационного исследования

имеют для решения задач метеорологического обеспечения полетов на аэродромах классов Г, Д, Е, а также вертодромах и посадочных площадках в отдалённых регионах России, обычно не обладающих достаточными информационными возможностями для оперативного обнаружения опасных метеорологических явлений.

Оценка структуры и содержания исследования

Структура и объем диссертации соответствуют требованиям ВАК при Минобрнауки России, предъявляемым к диссертациям на соискание ученых степеней кандидата технических наук. Диссертация состоит из введения, 4 разделов, с выводами по каждому из них, заключения, списка литературы и приложений (иллюстрации, таблицы и формулы). Основная часть работы содержит 147 страниц, 42 рисунка и 20 таблиц. Общий объем работы с приложением составляет 232 страницы. Список литературы включает в себя 105 источников, из них 57 – на английском языке. Общий объем семи приложений составляет 85 страниц.

В первой главе дан анализ влияния метеорологической обстановки и явления опасного обледенения ВС на безопасность полётов в районе аэродрома. Представлен обзор авиационных происшествий и катастроф по данным Межгосударственного авиационного комитета и Авиаметтелекома Росгидромета за 2012–2022 годы, демонстрирующий, что обледенение представляет особую опасность на этапах взлета и посадки ВС, т.е. в районе аэродрома. Проведен анализ методов для прогнозирования зон вероятного обледенения ВС и показана необходимость разработки дополнительных средств получения информации о фактической погоде в районе аэродрома. Рассмотрены пути расширения функциональных возможностей АМРЛК по прогнозированию и классификации зон вероятного обледенения ВС в районе аэродрома.

Во второй главе разработана функционально ориентированная модель формирования метеорологического продукта от гидрометеоров зон вероятного обледенения при полном поляризационном приеме. На базе

имитационной модели построен имитационно-моделирующий комплекс поляриметрических продуктов АМРЛК. Основная задача разрабатываемой модели – формирование данных для обучения классификатора гидрометеоров в алгоритме классификации зон вероятного обледенения ВС. Показано, что аппроксимация частицы гидрометеора в форме сфероида является достаточно адекватной для всех типовых классов гидрометеоров переохлажденной жидкости, рассматриваемых в работе. Свойства модели ансамбля гидрометеоров задаются 4 частными моделями физических, статистических и диэлектрических свойств гидрометеоров. Адекватность модели проверена методом сравнения получаемых поляриметрических продуктов с экспериментальными данными, полученными при помощи радара CSU-CHILL в 11 сантиметровом диапазоне длин волн, для чего произведено 1000 независимых сеансов моделирования для каждого из рассматриваемых классов. Вероятность правильного формирования поляриметрического продукта для любого из классов по результатам моделирования была получена не ниже 0,9796.

В третьей главе разработаны алгоритмы классификации зон вероятного обледенения ВС, сводящиеся к обнаружению жидких капель переохлажденной воды. Разработан четко-логический классификатор гидрометеоров, специфичных явлению вероятного обледенения. В качестве входных параметров использованы поляриметрические измерения. Выходом системы классификации служит один из восьми классифицируемых типов гидрометеоров. По информации о классе гидрометеора и значению температуры на высоте радиолокационного измерения принимается решение о наличии и отсутствии переохлажденной жидкости в данной области пространства. Качество классификации разработанного алгоритма проверено с применением данных имитационного моделирования, полученных на имитационно-моделирующем комплексе поляриметрических продуктов АМРЛК, путем сравнения с результатами работы известного параметрического алгоритма. Переход от параметрической к нечетко-

логической схеме классификации повышает вероятность правильной классификации на величину около 30 % и снижает вероятность пропуска явления обледенения ВС на 27 %. При этом обнаружение опасной степени обледенения ВС происходит с вероятностью 98 %.

В четвертой главе представлены псевдокоды алгоритмов классификации зон вероятного обледенения для использования в наземных АМРЛК.

Приведенные в работе выводы по каждой главе и заключение в целом по работе соответствуют содержанию выполненных исследований и адекватно отражают результаты решения поставленной в работе научной задачи. Автором приведено доказательство адекватности предложенных имитационных моделей и проведено исследование эффективности алгоритма классификации для зон вероятного обледенения путем сравнения с существующим аналогом. Сформулированные автором рекомендации по построению и применению алгоритмов моделей и алгоритмов при разработке перспективных АМРЛК в интересах аэронавигационного обеспечения полетов являются их логическим продолжением.

Диссертация и автореферат изложены ясным и понятным научным языком с применением профильных стандартизованных терминов и их определений. Содержание диссертации последовательно и логично отражает суть проведенных исследований. Применяемые в работе базовые теоретические методы описаны автором достаточно подробно, а порядок их использования является корректным и профессиональным.

Научная новизна исследования и полученных результатов, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации

Научная новизна работы заключается в разработке новых алгоритмов и моделировании опасных для авиации метеоявлений, в частности радиолокационных отражений от гидрометеоров переохлажденной жидкости для моделирования опасных метеорологических явлений, вызывающих обледенение ВС, а также непосредственно в развитии научно-методического

аппарата классификации опасных для авиации метеоявлений в районе аэродрома. Более конкретно:

1. Построена математическая модель расчета амплитуд радиолокационных волн, отражённых от гидрометеоров, потенциально способных вызвать обледенение ВС;

2. Сформирована имитационная модель выходных данных поляриметрического АМРЛК при обработке отраженных сигналов от различных типов гидрометеоров, специфичных явлению вероятного обледенения ВС;

3. Разработан нечетко-логический классификатор типов гидрометеоров для применения в перспективных АМРЛК X-диапазона;

4. Разработана и успешно апробирована методика обучения нечетко-логического классификатора типов гидрометеоров по радиолокационным данным X-диапазона;

5. Разработан алгоритм классификации зон вероятного обледенения ВС на основе нечетко-логического классификатора типов гидрометеоров.

Теоретическая значимость полученных результатов заключается в том, что они обеспечивают развитие:

- методов моделирования опасных для авиации метеоявлений;
- научно-методического аппарата классификации опасных для авиации метеоявлений.

Практическая значимость полученных результатов заключается в том, что их внедрение в модернизацию существующих и разработку перспективных АМРЛК позволит повысить ситуационную осведомленность экипажей и диспетчеров управления воздушным движением в части установления наличия и класса зон вероятного обледенения ВС в ближней аэродромной зоне на этапах взлета, посадки и захода на нее. Кроме того самостоятельную практическую значимость имеет программная реализация алгоритмов:

- имитации метеорологической обстановки в условиях явления вероятного обледенения ВС на основе расчета амплитуд радиоволн, отраженных от ансамбля сфероидных гидрометеоров;

- классификации зон вероятного обледенения ВС для применения в перспективных АМРЛК типа «Монокль».

Достоверность результатов исследования обеспечена (обусловлена) авторской тщательностью и корректностью:

- обоснования основных допущений и ограничений при постановке научной задачи, и выборе исходных данных для моделей радиолокационных отражений от единичных гидрометеоров и ансамбля гидрометеоров;

- сравнения экспериментальных данных и данных имитационного моделирования радиолокационных поляриметрических продуктов в S-диапазоне частот при контроле адекватности моделей;

- использования адекватных результатов имитационного моделирования радиолокационных поляриметрических продуктов в X-диапазоне частот для обучения классификатора;

- применения известных теорий и методов цифровой обработки сигналов, теории множеств, дискретной математики, теории распознавания образов, нечеткой логики, теории ошибок, математического моделирования, теории вероятности и математической статистики.

Апробация результатов исследования

Диссертационная работа прошла достаточную апробацию. Материалы диссертационного исследования опубликованы в 11 печатных работах (3 научных статьях в рецензируемых научных журналах из перечня ВАК при Минобрнауки России, 8 научных статьях и тезисах докладов, опубликованных в других изданиях); 1 отчете о НИР, 1 патенте, и докладывались автором на 3 всероссийских и 3 международных научно-технических и научно-практических конференциях. Полученные научные результаты имеют подтверждение практического применения в авиационной деятельности в виде утвержденных актов.

Личный вклад автора

Экспертное рассмотрение результатов исследований, представленных в диссертации и автореферате, позволяет утверждать, что они получены автором лично.

Соответствие автореферата диссертации ее содержанию

Автореферат содержит все основные положения, результаты и выводы диссертации, соответствует ее содержанию и позволяет оценить уровень квалификации соискателя.

Соответствие содержания диссертации заявленной научной специальности

Тема, содержание диссертации, объект и область исследования соответствуют специальности 2.9.6 – Аэронавигация и эксплуатация авиационной техники.

Диссертационная работа соответствует следующим пунктам раздела «Направления исследований» паспорта специальности:

п. 9 – Аэронавигационное обеспечение полетов, закономерности процессов навигации, управление движением отдельных воздушных судов и их потоков,

п. 10 - Совершенствование методов использования воздушного пространства, средств радиосвязи, навигации и наблюдения для решения задач управления воздушным движением,

п. 16 - Информационное обеспечение процессов аэронавигационного обеспечения полетов, контроля, испытаний, сертификации, использования по назначению, технического обслуживания и ремонта, хранения, транспортирования, списания и утилизации авиационной техники.

Рекомендации по использованию результатов и выводов диссертации

Разработанные в диссертации модели и алгоритмы классификации зон вероятного обледенения ВС гражданской авиации в районе аэродрома, могут найти применение при реализации в отечественной гражданской авиации

положений документа ИКАО Doc 9859 AN-474 "Руководство по управлению безопасностью полетов".

Основные результаты диссертации могут быть использованы при модернизации существующих АМРЛК типа «Монокль», а также для разработки технических требований к вновь проектируемым АМРЛК. Кроме того программно-методические разработки применимы для решения задач метеорологического обеспечения полетов на аэродромах классов Г, Д и Е, вертодромов и посадочных площадок в отдалённых регионах России,

Материалы, полученные автором при проведении исследований, применимы в учебном процессе вузов гражданской авиации.

Замечания по диссертации

1. Для оценки опасности обледенения при наличии гидрометеоров переохлажденной жидкости автором используются три значения порогов радиолокационной отражаемости (5, 15, 25) дБZ для слабого, умеренного и сильного обледенения соответственно, однако обоснование выбора именно этих значений автором не приводится.

2. Не показана связь между общепринятыми градациями интенсивности обледенения (описаны на стр. 23) и опасностью обледенения в представлении автора. При этом целесообразно было бы разработать рекомендации для диспетчеров УВД и экипажей ВС по анализу данных об опасности обледенения, предоставляемых МРЛК, при принятии решений о взлете и посадке применительно к различным классам ВС.

3. В главе 3 на стр. 82 автором вводится алфавит классов для нечетко-логического классификатора фазового состояния гидрометеоров, состоящих из классов жидкой воды и снега. При этом классы дождя разделены на гидрометеоры слабого, умеренного и ливневого дождя без какого-либо обоснования данного деления. Кроме того никак не упомянуты причины исключения классов сухого и мокрого града и граупели при формировании алфавита классов в решении задачи классификации зон вероятного обледенения ВС.

4. В подразделе 3.4 приводятся результаты исследования эффективности предложенных автором алгоритмов, полученные путем их сравнения с известным пороговым алгоритмом. При этом для анализа используется классификация опасности обледенения по единичному измерению поляриметрических продуктов АМРЛК. Автору целесообразно было бы произвести оценку оправдываемости и достоверности классификации также и для контуров зон вероятного обледенения, получаемым после применения алгоритма оконтуривания.

5. На UML-диаграмме (рис. 40 на стр. 119) активности алгоритма оценки опасности обледенения ВС имеется блок «отброс классов с ошибочными измерениями», описанный в главе 3 на стр. 84. Однако процедура исключения классов, содержащих грубые ошибки измерений, непосредственно в псевдокоде алгоритма оценки опасности обледенения ВС никак не регламентирована.

6. В автореферате на стр. 3 (абзац 6) автор указывает на актуальность решения поставленной в диссертации научно-технической задачи, которое "позволит повысить безопасность полетов в районе аэродрома". Однако автором далее о повышении безопасности полетов ничего более не говорится ни в тексте диссертации, ни в автореферате.

7. В диссертационной работе автором не проведена оценка (расчет) предварительного экономического эффекта от реализации (внедрения) полученных результатов, являющегося одним из видов эффекта научных исследований.

8. Автор на стр. 17, 134, 139 диссертации ссылается на некий «Международный авиационный комитет», что вызывает очевидное непонимание, о чем идет речь. Может быть, о "Межгосударственном авиационном комитете", сокр. – МАК (англ. – Interstate Aviation Committee, сокр. – IAC). Считаю отмеченное в данном пункте несоответствие относящимся не к категории опечаток, а к недостаткам.

9. По оформлению диссертации:

9.1. Имеют место отдельные несоответствия текста диссертации и автореферата положениям ГОСТ 8.417-2003 "ГСИ. Обозначения единиц величин" при обозначении температуры (стр. 81, 82, 85, 103, 108, 132, 134 диссертации; стр. 11 и 15 автореферата – ошибочно записано С° вместо °С) и пиковой мощности (стр. 70 диссертации – ошибочно записано КВт вместо кВт).

9.2. Бросается в глаза опечатка в п. 1 Списка литературы в диссертации. Записано: Федеральное агентство воздавшего транспорта.

Отмеченные замечания и недостатки не снижают положительной оценки представленной диссертационной работы, ее научной и практической значимости и не влияют на общий положительный вывод о ее качестве.

Заключение о соответствии диссертации критериям, установленным в положении о присуждении ученых степеней

Диссертация Зябкина Сергея Алексеевича представляет собой законченную научно-квалификационную работу, которая по своей актуальности, глубине научных исследований, достоверности и обоснованности полученных результатов соответствует требованиям п.п. 9-14 Положения о порядке присуждения ученых степеней, утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842 (в ред. от 18.03.2023). Содержание диссертация изложено автором на основе системного подхода, и включает в себя новые обоснованные научные результаты и положения, которые обладают теоретической и практической значимостью. Личный вклад соискателя ученой степени в полученные научные результаты, изложенные в представленной работе не вызывает сомнения.

Исходя из актуальности темы диссертационного исследования, полученных новых научных результатов и их прикладной значимости, можно сделать вывод, что представленная работа отвечает требованиям ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а автор работы Зябкин С.А.,

заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.9.6 – Аэронавигация и эксплуатация авиационной техники.

Диссертация на тему «Модели и алгоритмы классификации зон вероятного обледенения воздушных судов гражданской авиации в районе аэродрома» и отзыв на диссертацию, подготовленный на основе заключения испытательной лаборатории программного обеспечения средств измерений и информационно-измерительных систем, обсуждены на расширенном заседании отдела метрологии и стандартизации (№ 143), Научный центр по поддержанию летной годности воздушных судов (НЦ ПЛГВС ГосНИИ ГА), ФГУП ГосНИИ ГА 08 сентября 2023 г. протокол № 2.

Главный метролог ГосНИИ ГА, д.т.н.,
руководитель отдела метрологии и
стандартизации (№ 143), руководитель
испытательной лаборатории программного
обеспечения средств измерений и
информационно-измерительных систем
отдела № 143



Богоявленский
Анатолий
Александрович

«08» сентября 2023 г.

Федеральное государственное унитарное предприятие Государственный научно-исследовательский институт гражданской авиации (ФГУП ГосНИИ ГА)

Адрес: 125438, Российская Федерация, г. Москва, ул. Михалковская, д. 67, корп. 1, ФГУП ГосНИИ ГА

Телефон: +7-(495) 450-26-15; факс: +7 (495) 450-62-06; e-mail: gosniiga@gosniiga.ru