

## **ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА**

Шаповалова Александра Васильевича

на диссертационную работу Денисенкова Дмитрия Анатольевича  
на тему «Метод обнаружения сдвига ветра в пограничном слое атмосферы по  
оценкам ширины спектра сигнала метеорологического радиолокатора»,  
представленную на соискание ученой степени  
кандидата физико-математических наук по специальности  
25.00.30 – «Метеорология, климатология и агрометеорология».

### **1. Актуальность темы диссертации и соответствие специальности.**

В условиях постоянного увеличения объемов авиаперевозок особенно остро стоит проблема обеспечения высокого уровня безопасности полетов. Одним из её основных аспектов является метеообеспечение, поскольку примерно половина авиационных происшествий связана с опасными явлениями погоды, среди которых одним из наиболее опасных является сдвиг ветра в пограничном слое атмосферы. Особая опасность данного явления вызвана его скрытностью и сложностью обнаружения. Кроме этого до сих пор не создано аппаратуры, которая позволяла бы обнаруживать сдвиг ветра и определять его величину с достаточной точностью при любых погодных условиях. В условиях осадков наилучшими возможностями обладают радиолокационные измерители параметров ветра, но далеко не во всех аэропортах метеослужбы обладают такими приборами, при этом современные метеорологические радиолокаторы установлены уже во многих аэропортах и их число постоянно увеличивается. Исходя из этого, разработка метода, который позволит обнаруживать сдвиг ветра в пограничном слое атмосферы штатным метеорологическим радиолокатором, а, следовательно, повысит безопасность полетов авиации, является, безусловно, актуальной задачей.

Тема диссертации соответствует специальности.

### **2. Содержание работы.**

Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав основного материала, заключения и списка цитируемой литературы, содержащего 146 ссылок. Основные результаты работы изложены в выводах, которые находятся в конце каждой главы, а также в заключении.

Материал диссертационной работы изложен на 139 страницах, включающих 63 рисунка и 4 таблицы.

Во введении отражены общая характеристика и актуальность темы работы; сформулированы цель диссертации, решаемые задачи и методы

исследования; определены научная новизна, практическая значимость и достоверность полученных результатов; представлены основные положения, выносимые на защиту и личный вклад автора; приведены данные о структуре и объеме диссертационной работы и публикациях автора.

В первой главе диссертации рассмотрены существующие и перспективные технологии дистанционного зондирования и методы обнаружения сдвига ветра. Отдельное внимание уделено рассмотрению реально работающей высокоэффективной системе обнаружения сдвига ветра. Проанализирована оснащенность российских аэропортов специализированными измерителями параметров ветра. Оценена возможность использования доплеровского метеорологического радиолокатора для обнаружения сдвига ветра в пограничном слое атмосферы. Проанализированы работы ряда отечественных и зарубежных авторов, из которых сделан вывод о перспективности использования для обнаружения сдвига ветра ширины спектра радиолокационного сигнала.

Во второй главе разрабатывается математическая модель пространственного распределения ширины спектра сигнала, принимаемого метеорологическим радиолокатором, при наличии в пограничном слое сдвига ветра. С её помощью устанавливаются основные взаимосвязи между параметрами распределения ширины спектра с характеристиками сдвига ветра в пограничном слое атмосферы. Приводятся результаты моделирования для нескольких характерных вариантов структуры ветра.

Третья глава посвящена разработке нового метода обнаружения сдвига ветра в пограничном слое атмосферы. В ней решается обратная задача, т.е. оценивается величина сдвига ветра по характеристикам пространственного распределения ширины спектра радиальных скоростей частиц на картах конического и вертикального разрезов. Разрабатывается методика обработки радиолокационных данных для обнаружения сдвига ветра.

В четвертой главе представлен эксперимент по обнаружению сдвига ветра в соответствии с разработанной методикой. В ней приведено описание эксперимента и приведены результаты, достоверность которых оценивается путем сравнения с результатами аэрологического зондирования.

В заключении формулируются основные результаты, полученные в ходе диссертационных исследований.

**3. Новизна исследований и полученных результатов, научная и практическая ценность:**

1. Впервые разработана математическая модель пространственного распределения ширины спектра сигнала, принимаемого метеорологическим радиолокатором, при наличии в пограничном слое сдвига ветра. С её помощью возможно более глубокое понимание особенностей распространения радиоволн в атмосфере.

2. Разработан новый метод обнаружения сдвига ветра радиолокационным способом, отличающийся тем, что не требует восстановления вертикального профиля скорости ветра.

3. Разработана новая методика обработки выходных данных радиолокатора для обнаружения сдвига ветра в пограничном слое атмосферы, отличающаяся тем, что в ней используются оценки ширины спектра радиальных скоростей гидрометеоров. Данная методика позволяет более полно использовать радиолокационную информацию для обнаружения опасных явлений погоды, поскольку в настоящее время ширина спектра радиолокационного сигнала практически не востребована потребителями.

4. Проведен эксперимент по обнаружению сдвига ветра в соответствии с разработанной методикой.

**Практическая значимость** полученных научных результатов заключается в возможности применения разработанной методики в метеорологических радиолокаторах, установленных в аэропортах, что позволит оперативно обнаруживать сдвиг ветра в пограничном слое атмосферы. Это, безусловно, приведет к повышению качества метеорологического обеспечения полетов авиации.

#### **4. Достоверность полученных результатов исследования.**

Автором проведено достаточно глубокое исследование предшествующих научных работ в области построения систем обнаружения сдвига ветра. Построенная модель имеет строгое математическое обоснование. Результаты моделирования хорошо согласуются с практическими данными. Результаты экспериментальной проверки разработанной методики подтверждают достижение поставленной в работе цели.

**Личный вклад автора.** Основные представленные в диссертации результаты получены автором лично. Автор разработал модель и произвел её программную реализацию, осуществил проверку гипотезы и выявил основные закономерности, послужившие основой разработанного метода. Также разработал методику обработки радиолокационных данных и

осуществил её экспериментальную проверку. Принимал активное участие в постановке и обосновании цели исследования.

**Апробация работы.** Результаты диссертационной работы неоднократно докладывались автором на всероссийских конференциях и симпозиумах.

По теме диссертации опубликовано 15 научных работ, из которых 8 – в журналах, включенных в Перечень рецензируемых научных изданий, рекомендованных ВАК Минобрнауки России для публикации основных научных результатов (2 из них включены в международную систему цитирования Scopus), 7 – в трудах всероссийских конференций и симпозиумов.

**Ценность научных работ соискателя** очевидным образом вытекает из вышеуказанных научной новизны и практической значимости работы, а так же подтверждается опубликованием её результатов в научных журналах с высоким рейтингом и принятием докладов по теме диссертации оргкомитетами ведущих всероссийских конференций.

**Автореферат** полностью отражает содержание диссертационной работы.

#### **5. Замечания по работе**

1. В главе 3 при разработке методики обнаружения сдвига ветра автор приводит значение 6 м/с в качестве минимального значения параметра, при котором ширина спектра считается аномально большой. Из работы не ясно, почему принято именно это значение.

2. Число случаев экспериментальной проверки ограничено, и к относится только к холодному периоду года. В связи с этим максимальна достоверность обнаружения. В облаках теплого периода отмечаются зоны повышенной турбулентности, связанные с развитием конвекции. Желательно было бы расширить статистику экспериментов.

3. Автором не приведено в работе, как зависит вероятность обнаружения сдвига ветра от расстояния до ДМРЛ. Какие ограничения могут быть при использовании разработанного метода.

4. Не проведено сравнение результатов автора с характеристиками сдвига ветра, рассчитываемыми в программном обеспечении ДМРЛ-С, с использованием измеренных значений радиальной скорости.

5. В работе присутствует незначительное число опечаток.

Указанные замечания не снижают общей положительной оценки диссертационной работы, которая выполнена на высоком научном уровне.

## 6. Заключение.

Содержание диссертации соответствует специальности 25.00.30 – Метеорология, климатология, агрометеорология (физико-математические науки), пункту 8 паспорта специальности, поскольку она посвящена радиолокационным исследованиям в облачных системах и осадках в пограничном слое атмосферы.

Работа имеет целостную структуру. Полученные автором результаты достоверны, выводы и заключения обоснованы. Автореферат раскрывает основное содержание диссертации.

Считаю, что представленная диссертационная работа Денисенкова Дмитрия Анатольевича удовлетворяет требованиям пунктов 9, 10, 11 «Положения о присуждении ученой степени» №842 от 30.07.2014 г., предъявляемых к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук, и представляет собой самостоятельную научно-квалификационную работу, выполненную на высоком научном уровне, а её автор заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 25.00.30 – Метеорология, климатология, агрометеорология.

### Официальный оппонент

доктор физико-математических наук, профессор,  
заведующий лабораторией

ФГБУ «Высокогорный геофизический институт»  А.В. Шаповалов

Подпись д.ф.-м.н., проф.

Шаповалова Александра Васильевича заверяю:

Ученый секретарь ФГБУ «ВГИ»  
кандидат физико-математических наук



  
М.В. Бареева  
10.04.2018

**Шаповалов Александр Васильевич**

Федеральное государственное бюджетное учреждение  
«Высокогорный геофизический институт»

Адрес: 360030, Россия, КБР, г. Нальчик, пр. Ленина, д. 2

Телефон: +7 9187855350

E-mail: atajuk@mail.ru