

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (НИ ТГУ)
Радиофизический факультет
Кафедра оптико-электронных систем и дистанционного зондирования



ДОПУСТИТЬ К ПРЕДСТАВЛЕНИЮ ГЭК

Руководитель ООП

канд. физ.-мат. наук, доцент

А.Г. Коротаев

« » 2023 г.

НАУЧНЫЙ ДОКЛАД

об основных результатах подготовленной научно-квалификационной работы
(диссертации)

ЗОНДИРОВАНИЕ ТУРБУЛЕНТНЫХ ПОЛЕЙ ВЕТРА МИКРОИМПУЛЬСНЫМИ
КОГЕРЕНТНЫМИ ДОПЛЕРОВСКИМИ ЛИДАРАМИ
по основной образовательной программе подготовки научно-педагогических кадров в
аспирантуре
направление подготовки 03.06.01 – Физика и астрономия

Шерстобитов Артем Михайлович

Научный руководитель

д-р. физ.-мат. наук

И.Н. Смалихо

« 15 » 06 2023 г.

Автор работы

аспирант

А.М. Шерстобитов

Актуальность работы На текущий момент создан ряд методик по оцениванию турбулентных характеристик с помощью как одного, так и нескольких МИКДЛ [1-9]. Однако некоторые вопросы еще остаются малоизученными. В частности, в научной литературе отсутствуют данные о степени анизотропии в термически устойчивом ПСА при наличии в нем низкоуровневого струйного течения и внутренних гравитационных волн. Кроме того, созданные [3-10] методы оценки турбулентных параметров из конического сканирования не всегда давали надежные оценки скоростей диссипации и интегральных масштабов. Таким образом, задача создания новых методов оценивания турбулентных параметров из лидарных измерений и исследования с помощью них особенностей ветрового поля в условиях стабильной температурной стратификации, наличия струйных течений, или внутренних гравитационных волн является актуальной.

Целью работы является получение новых знаний о структуре турбулентности в пограничном слое атмосферы с помощью новых методов оценивания турбулентных параметров пограничного слоя с использованием импульсных когерентных доплеровских лидаров.

В ходе исследования решались следующие **задачи**:

1) Разработка программного обеспечения (ПО) для МКДЛ, создаваемого в Лаборатории распространения волн ИОА СО РАН, (лидара ЛРВ). С помощью этого ПО должна осуществляется: (а) предварительная обработка поступающих с АЦП отсчетов лидарного сигнала на программируемой логической матрице (FPGA), в результате которой определяется массив доплеровских спектров для различных расстояний от лидара; (б) управление работой лидара ЛРВ, включая управление его сканирующим устройством; (в) восстановление профилей радиальной скорости вдоль оси зондирующего пучка в реальном времени.

2) Создание метода оценки анизотропии параметров ветровой турбулентности из оценок радиальных скоростей, полученных при двух конических сканированиях под различными углами места. Тестирование методов с использованием лидара Stream Line.

3) Создание метода оценки скорости диссипации из спектральной плотности вертикальной компоненты вектора скорости ветра, измеряемой МИКДЛ. Тестирование методов на БЭЖе ИОА СО РАН и на побережье озера Байкал с использованием лидаров Stream Line и ЛРВ.

Защищаемые положения

- 1) Алгоритм конвейерного преобразования Фурье с плавающей точкой устойчиво обрабатывает поступающие с частотой 250МГц отсчеты АЦП ADS4249 EVM на TSW1400EWM при распараллеливании входного потока на блоки по 4. Это позволяет в реальном времени аккумулировать доплеровские спектры на 390 различных расстояниях от лидара. Кроме того, созданное программное обеспечение позволяет проводить оконное преобразование Фурье, и увеличивать пространственное разрешение вплоть до 2,4 м путем перекрытия соседних спектров. Такие характеристики сопоставимы, или превышают аналогичные у фирменных МИКДЛ
- 2) Создана новая методика оценки анизотропии ветровой турбулентности из измерений когерентными доплеровскими лидарами. Анизотропия дисперсий, скоростей диссипации турбулентной энергии и интегральных масштабов оценивается по данным двух конических сканирований, проведенных под разными углами места. В натурном эксперименте с помощью данной методики впервые установлено, что в условиях устойчивой температурной стратификации пограничного слоя атмосферы коэффициент анизотропии масштабов корреляции турбулентных флуктуаций скорости ветра может принимать значения, равные 3 и более.
- 3) Создан новый метод определения скорости диссипации энергии ветровой турбулентности из временного спектра лидарных оценок вертикальной скорости ветра. Метод учитывает пространственную фильтрацию ветрового поля в зондируемом объеме, что позволяет значительно повысить точность оценивания. Так, численное моделирование показывает что при скорости ветра менее 5 м/с, ранее предложенные методы, в отличие от данного дают оценки, заниженные в 2 и более раз. Натурный эксперимент подтверждает данные моделирования.

Апробация работы. Основные результаты работы представлены автором в 32 публикациях. Опубликовано 14 работ в рецензируемых журналах(1 – в "Remote Sensing", 5 – в "Оптика атмосферы и океана", 9 – в "SPIE"). Материалы работы были использованы при выполнении грантов, включая проекты, выполненные в рамках ФЦП, грантов РФФИ, и госзадания. Для защиты интеллектуальной собственности, созданной в ходе работы, поданы две заявки на регистрацию программ.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Sathe A. A review of turbulence measurements using ground-based wind lidars /A. Sathe, J. Mann // *Atmos. Meas. Tech.*, 2013, V. 6, p. 3147–3167, doi: 10.5194/amt-6-3147-2013
2. Банах В.А. Когерентные доплеровские ветровые лидары в турбулентной атмосфере / В.А. Банах, И.Н. Смалихо – Томск: Издательство ИОА СО РАН, 2013. 304 с.
3. Eberhard W.L., Cupp R.E., Healy K.R. Doppler lidar measurements of profiles of turbulence and momentum flux // *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology*. 1989. V. 6. P. 809-819.
4. Banta R.M., Pichugina Y.L., Brewer W.A. Turbulent velocity-variance profiles in the stable boundary layer generated by a nocturnal jet // *Journal of Atmospheric Science*. 2006. V. 62. P. 2700 – 2719.
5. Frehlich R.G., Meillier Y., Jensen M.L., Balsley B., Sharman R. Measurements of boundary layer profiles in urban environment // *Journal of Applied Meteorology and Climatology*. 2006. V. 45. N 6. P. 821-837.
6. Kristensen, L., Kirkegaard, P., Mikkelsen, T. Determining the Velocity Fine Structure by a LaserAnemometer in VAD operation. // *DTU Wind Energy*. 2012. DTU Wind Energy E No. 0008
7. Смалихо И.Н., Банах В.А. Точность оценивания скорости диссипации энергии турбулентности из измерений ветра импульсным когерентным доплеровским лидаром при коническом сканировании зондирующим пучком. Часть I. Алгоритм обработки лидарных данных // *Оптика атмосферы и океана*. 2013. Т.26. № 3. С.
8. Смалихо И.Н., Банах В.А., Пичугина Е.Л., Брюер А. Точность оценивания скорости диссипации энергии турбулентности из измерений ветра импульсным когерентным доплеровским лидаром при коническом сканировании зондирующим пучком. Часть II. Численный и натурный эксперименты // *Оптика атмосферы и океана*. 2013. Т. 26. № 3. С.
9. Kelberlau F, Mann J Better turbulence spectra from velocity–azimuth display scanning wind lidar//*Atmos. Meas. Tech.*, 12, 1871–1888, 2019, <https://doi.org/10.5194/amt-12-1871-2019>
10. O'Connor E.J., Illingworth A.J., Brooks I.M., Westbrook C.D., Hogan R.J., Davies F., Brooks B.J. A method for estimating the kinetic energy dissipation rate from a vertically pointing Doppler lidar, and independent evaluation from balloon-borne in situ measurements // *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology*. 2010. V. 27. N 10. P. 1652 -1664.

СПРАВКА

Томский Государственный Университет

о результатах проверки текстового документа
на наличие заимствований

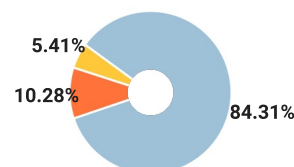
ПРОВЕРКА ВЫПОЛНЕНА В СИСТЕМЕ АНТИПЛАГИАТ.ВУЗ

Автор работы: Шерстобитов Артем Михайлович
Самоцитирование
рассчитано для: Шерстобитов Артем Михайлович
Название работы: ГИА_асп_Шерстобитов_доклад_2
Тип работы: Не указано
Подразделение: Радиофизический факультет

РЕЗУЛЬТАТЫ

СОВПАДЕНИЯ		10.28%
ОРИГИНАЛЬНОСТЬ		84.31%
ЦИТИРОВАНИЯ		0%
САМОЦИТИРОВАНИЯ		5.41%

ДАТА ПОСЛЕДНЕЙ ПРОВЕРКИ: 15.06.2023



Структура документа:

Проверенные разделы: основная часть с.2-3

Модули поиска:

ИПС Адилет; Библиография; Сводная коллекция ЭБС; Интернет Плюс*; Сводная коллекция РГБ; Цитирование; Переводные заимствования (RuEn); Переводные заимствования по eLIBRARY.RU (EnRu); Переводные заимствования по коллекции Гарант: аналитика; Переводные заимствования по коллекции Интернет в английском сегменте; Переводные заимствования по Интернету (EnRu); Переводные заимствования по коллекции Интернет в русском сегменте; Переводные заимствования издательства Wiley ; eLIBRARY.RU; СПС ГАРАНТ: аналитика; СПС ГАРАНТ: нормативно-правовая документация; Медицина; Диссертации НББ; Коллекция НБУ; Перефразирования по eLIBRARY.RU; Перефразирования по СПС ГАРАНТ: аналитика; Перефразирования по Интернету; Перефразирования по Интернету (EN); Перефразированные заимствования по коллекции Интернет в английском сегменте; Перефразированные заимствования по коллекции Интернет в русском сегменте; Перефразирования по коллекции

Работу проверил: Лозовой Кирилл Александрович

ФИО проверяющего

Дата подписи:

Подпись проверяющего



Чтобы убедиться
в подлинности справки, используйте QR-код,
который содержит ссылку на отчет.

Ответ на вопрос, является ли обнаруженное заимствование
корректным, система оставляет на усмотрение проверяющего.
Предоставленная информация не подлежит использованию
в коммерческих целях.