

ОТЗЫВ

на автореферат диссертационной работы Дебольского Андрея Владимировича «Турбулентный обмен в пограничном слое атмосферы: параметризации на основе вихреразрешающих и осредненных по Рейнольдсу моделей», представленной на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.6.18 – Науки об атмосфере и климате

В современных глобальных моделях погоды и климата ключевую роль играет достоверная параметризация турбулентных потоков тепла, влаги, импульса, причем наиболее важной представляется эта проблема для нижнего слоя атмосферы, где существует высокая изменчивость основных метеорологических величин. Актуальность представленной работы заключается в необходимости повышения точности диагностических и прогностических моделей при наблюдающемся изменении климата и повышения частоты экстремальных погодных условий.

Как известно, для расчетов турбулентных потоков необходимо выбрать способ замыкания системы уравнений с учетом используемой численной схемы. Наиболее широко используемые для этого модели первого и второго порядка обладают важным достоинством: ясная физическая интерпретация и небольшие вычислительные затраты.

В работе Дебольского А.В. подробно освещена актуальность темы, присутствует традиционный раздел с описанием проблематики параметризации атмосферного пограничного слоя и подходов к решению этой задачи, способов тестирования и валидации численных моделей.

Во второй главе автором анализируются интегральные модели конвективного пограничного слоя. В предположении горизонтальной однородности, рассматриваются уравнения притока тепла и баланса турбулентной кинетической энергии. На основе численных экспериментов выбраны обобщенный масштаб скорости и масштаб длины волны, с помощью которых можно преобразовать проинтегрированную по высоте турбулентную энергию к эволюционному уравнению для коэффициента вовлечения. Необходимые константы в полученном уравнении определяются по данным LES экспериментов (вихреразрешающего моделирования).

Полученная интегральная модель тестируется с помощью численных экспериментов, анализ которых показал оправданность используемого подхода и возможность использовать интегральные модели конвективного погранслоя в приближении нулевого скачка температуры и скорости на верхней границе.

В третьей главе автором детально исследуются методы замыкания первого порядка для случая устойчивой стратификации. Предлагаемые различными авторами различными авторами универсальные функции разделены на несколько групп, в соответствии с их функциональной формой и асимптотикой. Применимость рассмотренных универсальных функций оценивалась по численным экспериментам в LES-модели. Отмечены основные особенности анализируемых функций при реализации в моделях климата и прогноза погоды.

С учетом проведенных исследований в четвертой главе автором предлагаются уже новые методы замыкания первого порядка, которые были успешно внедрены в модель ИВМ РАН. Ограничение порядка замыкания обуславливалось требованием минимизации вычислений при проведении длительных расчетов в модели Земной системы ИВМ РАН.

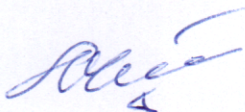
Для улучшения результатов моделирования была выполнена оптимизация констант на расширенном наборе LES-данных. Предложенное замыкание улучшает воспроизведение приземной температуры, в основном, в полярных регионах, где наблюдаются наиболее устойчивые погранслои.

Результаты работы производят хорошее впечатление, наиболее важные отличаются новизной и вынесены в защищаемые положения. Все заявленные задачи выполнены, выводы отражают суть диссертационной работы. Основные результаты прошли успешную апробацию: опубликовано 6 статей из списка, рекомендованного ВАК, зарегистрированы две программы для ЭВМ как РИД, материалы работы представлены на многих российских и международных конференциях.

Считаю, что диссертационная работа «Турбулентный обмен в пограничном слое атмосферы: параметризации на основе вихреразрешающих и осредненных по рейнольдсу моделей» выполнена на актуальную тему и на высоком научном уровне, представляет научный и практический интерес и отвечает всем требованиям ВАК, предъявляемым к кандидатским диссертациям по специальности 1.6.18 – Науки об атмосфере и климате, а ее автор Дебольский Андрей Владимирович заслуживает присвоения ему ученой степени кандидата физико-математических наук.

Доктор физико-математических наук, старший научный сотрудник,
главный научный сотрудник Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра "Морской гидрофизический институт РАН"

"4" декабря 2025 г.



Чухарев Александр Михайлович

Контактные данные: тел.: +7(978) 715-39-15, e-mail: alexchukh@mail.ru

Специальность, по которой защищена диссертация: 04.00.22 - геофизика

Адрес места работы: 299011, г. Севастополь, ул. Капитанская, 2

Организация: Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Федеральный исследовательский центр "Морской гидрофизический институт РАН",

структурное подразделение: отдел турбулентности

Адрес организации: Капитанская ул., д. 2, г. Севастополь, 299011

Тел./факс (8-692) 54-52-41, E-mail: office-mhi@mail.ru.

Подпись Чухарева Александра Михайловича заверяю.



Ученый секретарь Федерального государственного бюджетного учреждения науки
Федерального исследовательского центра "Морской гидрофизический институт РАН",
кандидат физико-математических наук

Алексеев Дмитрий Владимирович

"4" декабря 2025 г.