

Отзыв

**официального оппонента на диссертационную работу
Корниловой Марии Игоревны «Математическое моделирование и
численное исследование атмосферного пограничного слоя области
ветропарков», представленную на соискание ученой степени кандидата
технических наук по научной специальности 1.2.2. Математическое
моделирование, численные методы и комплексы программ
(технические науки)**

Математическое моделирование и численное исследование атмосферного пограничного слоя (АПС) области ветропарков имеет важное значение как в ветроэнергетической практике, так и в научных сообществах по исследованиям атмосферы. Актуальность исследования обусловлена необходимостью обеспечения эффективных аэродинамических режимов ветротурбин. Для достоверного анализа и прогноза характеристик потока применяют методы компьютерного гидродинамического моделирования на базе математического анализа и численных методов. Диссертационная работа Корниловой М.И. посвящена исследованию турбулентных течений, аэродинамических следов в окрестности ветропарка на основе математического моделирования и серии вычислительных экспериментов.

Результаты исследований изложены в логической последовательности, отличаются целостностью и законченностью. Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, основных результатов и выводов, условных обозначений, используемой литературы из 183 источников, рисунков, таблиц, приложений.

В первой главе обосновывается актуальность проведенных исследований, сформулированы цель и задачи исследования, научная новизна, теоретическая и практическая значимость, представлены методы исследования, основные положения, выносимые на защиту, приведена информация по апробации результатов работы.

Во **второй главе** представлена математическая формулировка задачи исследования АПС в области ветротурбин. Приводится сравнительный анализ моделей турбулентности, выбор расчетной сетки. Численное решение поставленной задачи осуществляется методом конечных объемов с использованием программного пакета Star-CCM+. Приводится описание модификации метода математического моделирования посредством уточнения параметров турбулентности: кинетической энергии турбулентности и ее диссипации. Приводится описание процедуры уточнения значений пристеночных функций.

В **третьей главе** представлена методика численного решения системы дифференциальных уравнений газовой динамики АПС области ветропарка с модифицированным методом моделирования турбулентности. Представлены численная реализация метода пристеночных функций, алгоритм построения вычислительной сетки для задачи исследования турбулентности в АПС, алгоритм задания условий ветропарка для выбора конфигурации ветропарка.

В **четвертой главе** представлены алгоритмы и разработанный на их основе программный комплекс для исследования аэродинамики турбулентных следов комплекса ветротурбин. Приведены результаты моделирования нейтрального АПС при отсутствии ветротурбин, результаты моделирования одиночной ветротурбины и комплекса ветротурбин в виде ветропарка. Результаты представлены в виде цветовой индикации полей скорости и турбулентных характеристик. Представлены выявленные аналитические зависимости дефицита скорости и роста интенсивности турбулентности, отражающие влияние внешних воздействий на скорость восстановления аэродинамических следов ветротурбин. На основе полученных результатов соискателем предложены технические решения, направленные на повышение эффективности работы ветропарков.

В **заключении** представлены основные результаты и выводы диссертационной работы.

В приложении приведены дипломы и сертификаты участника научных мероприятий, свидетельства о государственной регистрации и акты о внедрении результатов работы.

Научная новизна работы заключается в достижении следующих результатов:

- разработана модификация метода математического моделирования турбулентного переноса при взаимодействии АПС с сетью ветротурбин, отличающаяся уточнением значений кинетической энергии турбулентности и скорости ее диссипации;

- разработана методика численного решения системы дифференциальных уравнений для моделирования турбулентных течений АПС области ветропарка, реализованная в виде комплекса алгоритмов и отличающаяся заданием локальных характеристик для описания течения в пограничном слое вблизи твердых стенок, predetermined конфигурацией ветропарка при применении актуаторных моделей и автоматическим заданием густоты сетки в областях ближних аэродинамических следов ветротурбин и в областях вращения ветроколес ветротурбин;

- разработаны алгоритмы численного моделирования АПС области ветропарка. Отличительной особенностью алгоритмов является моделирование турбулентного переноса и процедуры численного исследования основных характеристик АПС.

- выявлены закономерности влияния ветропарков на состояние АПС в виде профилей дефицита скорости и интенсивности турбулентности при различных конфигурациях ветропарка для учета взаимного влияния аэродинамических следов ветротурбин.

Все перечисленные результаты диссертационного исследования Корниловой М.И. являются новыми и достоверными, соответствуют требованиям Положения о порядке присуждения ученых степеней.

По теме диссертации автором опубликовано 36 работ, пять из которых изданы в журналах, рекомендованных ВАК; пять статей изданы в

зарубежных журналах, индексируемых в наукометрических базах Web of Science и Scopus (имеются статьи в журналах, относящихся к квартилю Q1). Автором получен один патент на полезную модель, один патент на изобретение, два свидетельства о государственной регистрации программ для ЭВМ. Публикации в полной степени отражают содержание диссертации. Результаты исследования апробированы на российских, международных и зарубежных конференциях.

Теоретическую значимость диссертационной работы определяет то, что модифицированный метод позволяет учесть влияние внешних воздействий на развитие турбулентного следа, разработанные для реализации модифицированного метода методика и алгоритмы позволяют уменьшить потребные затраты вычислительных ресурсов.

Практическая значимость диссертационной работы состоит в разработке программно-ориентированного программного комплекса и проведении на его основе исследований АПС при его взаимодействии с ветропарком, разработаны и обоснованы технические решения для повышения эффективности работы ветротурбин в актуальных условиях.

В диссертации приведены примеры реализации предложенных алгоритмов для расчета АПС без ветротурбин, с одиночной ветротурбиной и ветропарка. Результаты диссертации внедрены в учебный процесс Ульяновского государственного технического университета на программах бакалавриата по направлению «Теплоэнергетика и теплотехника» профиля «Ветроэнергетические системы и комплексы», а также используются в аналитической деятельности ООО «Альтрэн».

Обоснованность научных положений и достоверность полученных результатов обеспечена корректным использованием известных научных методов, применением апробированных вычислительных моделей. Применительно к решаемой задаче автор эффективно использовал методы численного исследования, компьютерного моделирования, методы планирования эксперимента. Достоверность полученных результатов исследования подтверждается согласованностью с результатами

экспериментальных исследований. Выводы диссертации согласуются с основным содержанием работы и основными идеями, опубликованными по данной тематике.

По диссертации соискателя имеются следующие **замечания**:

1. В диссертации не ясно, каким образом применялся актуаторный подход при задании размещения ветротурбин;

2. В диссертации отсутствует исследование технических характеристик применяемых ветротурбин и их влияние на скорость восстановления аэродинамических следов;

3. В работе не описано влияние устойчивости АПС на исследуемые процессы;

4. Полезно было бы указать вклады слагаемого G_b в общую генерацию кинетической энергии турбулентных пульсаций скорости и ее диссипации в уравнениях (1.40), (1.41).

5. В диссертации имеются отдельные стилистические погрешности и грамматические ошибки.

В целом, перечисленные замечания не носят принципиального характера и не влияют на положительную оценку диссертационной работы. Диссертация Корниловой М.И. является законченной научно-квалификационной работой, содержащей новое решение важной научно-технической задачи разработки методов и средств исследования АПС области ветропарков.

По актуальности выбранной темы, глубине проработки задачи, научной ценности, теоретической и практической значимости полученных результатов, обоснованности выводов и рекомендаций, можно заключить, что диссертационная работа «Математическое моделирование и численное исследование атмосферного пограничного слоя области ветропарков» соответствует требованиям пп. 9-14 Положения о порядке присуждения ученых степеней, утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации №842 от 24 сентября 2013 (в актуальной редакции), предъявляемым к кандидатским диссертациям по специальности 1.2.2.

Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ (технические науки), а ее автор, Корнилова Мария Игоревна, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук.

«14» 10 2024 года

Официальный оппонент

Доктор физико-математических наук, доцент,
заведующий кафедрой «Информационная
безопасность автоматизированных систем»
Федерального государственного бюджетного
образовательного учреждения
высшего образования «Саратовский государственный
технический университет имени Гагарина Ю.А.»

410054, Россия, Саратов, ул. Политехническая, д. 77

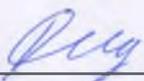
тел.: +7 (8452) 99-88-17

e-mail: kondratovdv@sstu.ru

шифр научной специальности защиты докторской диссертации –

05.13.18 – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ

01.02.04 – Механика деформируемого твердого тела.

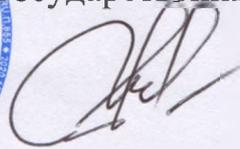


Кондратов Дмитрий Вячеславович

Подпись Кондратова Д.В. удостоверяю.

Ученый секретарь Ученого совета федерального государственного
бюджетного образовательного учреждения
высшего образования «Саратовский государственный технический
университет имени Гагарина Ю.А.»





А.В. Потапова