

ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию Мешковой Виктории Дмитриевны «Физическое и численное моделирование аэродинамики и тепломассообмена в условиях городской застройки», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 1.3.14. Теплофизика и теоретическая теплотехника

Диссертационная работа посвящена анализу неизоотермических воздушных потоков, формируемых в условиях городской застройки, и оценке пешеходного комфорта на основе анализа трехмерных полей с привлечением биоклиматических индексов. С этой целью разработана, валидирована и апробирована модель, основанная на применении методов вычислительной гидродинамики и тепломассообмена.

Проблематика диссертации находится в русле критических технологий Российской Федерации (Технологии мониторинга и прогнозирования состояния окружающей среды, предотвращения и ликвидации ее загрязнения). Диссертация выполнена в возглавляемой научным руководителем соискателя заведующим кафедрой теплофизики Сибирского федерального университета А.А. Дектеревым научной группе, в которой разрабатывается известный отечественный исследовательский CFD-код «SigmaFlow». Исследование выполнено, в том числе, при поддержке РФФИ, что дополнительно свидетельствует о его фундаментальности. Необходимо отметить и несомненную гуманитарную составляющую работы, которая направлена, в том числе, на анализ и решение экологических проблем города Красноярска. В целом, представленную диссертацию несомненно следует признать актуальной.

Диссертационная работа состоит из введения, трех глав, заключения и списка цитируемой литературы. Материал диссертации изложен на 125 страницах, включающих 102 рисунка и 9 таблиц. Список цитируемой литературы включает 175 наименований.

Во введении обосновывается актуальность темы исследований, сформулированы цель и задачи диссертационной работы, ее научная новизна, теоретическая и практическая значимость. Представлены основные результаты, выносимые на защиту, даны сведения об апробации работы, приведены данные о публикациях автора и его личном вкладе в выполненные исследования.

В первой главе диссертационной работы обсуждаются проблемы архитектурно-градостроительного планирования города Красноярска, включая вклад жилой и общественной застройки в экологическую обстановку. Представлены критерии оценки влияния внешней городской среды на организм человека, а также краткий обзор исследований последних лет, посвященных изучению различных вопросов теплового комфорта пешеходов в условиях городской застройки.

Вторая глава диссертации содержит описание источников метеорологических данных для города Красноярска, включая федеральную и региональную сети наблюдений. В ней также приведены известные из литературы температурные и сезонные индексы для диагностики внешней городской среды, представлена методика использования метеорологических параметров для оценки уровня комфортности через систему биоклиматических критериев и результаты ее применения для города Красноярска. Глава содержит также описание постановки и результатов выполненного автором лабораторного физического моделирования обтекания ветровым потоком зданий разной высоты, как одиночных, так и в tandemном расположении, а также модели микрорайона со сложной структурой.

В третьей главе представлено описание вычислительной модели, основанной на решении осредненных по Рейнольдсу уравнений Навье-Стокса, а также изложены результаты решения ряда модельных задач, для которых имеются документированные результаты эксперимента (включая задачи, описанные во второй главе, для которых лабораторный эксперимент выполнен автором). Обсуждение результатов расчетов дано в сопоставлении с экспериментальными данными.

В четвертой главе представлены результаты расчетов неизотермических воздушных потоков в модели микрорайона города Красноярска, включая всестороннюю оценку условий пешеходного теплового комфорта. Представлены также результаты анализа репрезентативности показаний станции мониторинга в условиях городской среды на основе сопоставительного анализа пространственных данных численного исследования и локальных данных натурного мониторинга.

В заключении формулируются основные результаты, полученные автором по теме диссертационной работы.

Научная новизна работы состоит в следующем. Автором впервые использована вычислительная модель, в которой трехмерные CFD данные анализируются с привлечением температурных и сезонных индексов для диагностики городской среды. Накоплен большой объем новых данных по обтеканию ветровым потоком моделей одиночных зданий, зданий в tandemе и типичных микрорайонов. Яркий элемент вклада работы в накопление новых данных – сравнение численных результатов для модельных задач с собственными данными лабораторного эксперимента.

Теоретическая и практическая значимость работы определяется тем, что полученные автором данные обладают большим потенциалом для проведения всестороннего анализа пешеходного комфорта в реальных городских условиях. Вычислительная методика может быть применена для оценок влияния городской застройки на уровень комфорта в пешеходных зонах микрорайонов. В частности, она уже используется в АО «Гражданпроект» (город Красноярск). Несомненным практически

значимым результатом является вывод о степени отклонения данных стационарного поста наблюдения от реальной пространственной картины распределения индексов комфорта и о невозможности использования существующей сети наблюдений для прогнозирования локальных характеристик воздушной среды в условиях городской застройки с требуемой в настоящее время точностью.

Степень достоверности полученных в диссертации результатов представляется высокой. При проведении измерений использовались достаточно апробированные методы диагностики турбулентных течений. В диссертации приведено обоснование применимости использованных математических моделей при условиях, для которых проводится численное моделирование. Кроме того, достоверность в диссертации вычислительной методики обоснована широкой апробацией использованного исследовательского программного комплекса.

Основные результаты, изложенные в диссертации, были представлены на всероссийских и международных научных конференциях. Они опубликованы в 10 статьях, 2 из которых – в научных журналах из Перечня ВАК, 9 – в изданиях, индексируемых международной базой данных Scopus. В приложения вынесены акт внедрения результатов в учебный процесс кафедры теплофизики СФУ и справка об использовании научных результатов в практической деятельности АО «Гражданпроект». Содержание автореферата соответствует основным положениям и выводам из представленной диссертационной работы.

При прочтении диссертационной работы возник ряд вопросов и замечаний:

1. Недостаточно проработано обоснование выбора представленных в литературе экспериментальных тестов для проведения валидационных расчетов. Исчерпывается ли набор доступных валидационных тестов выбранными автором работы для валидации расчетных данных, или их круг шире? Можно ли признать эти тесты эталонными? Какова неопределенность экспериментальных данных в том или ином случае? В перспективе было бы полезно сделать полноценную «матрицу» доступных в литературе тестов, куда, возможно, включить и экспериментальные измерения, выполненные автором.

2. Какова роль сил плавучести в рассматриваемых задачах? Вносят ли они существенный вклад в развитие процессов на рассматриваемых масштабах (течение воздуха в окрестности одиночного здания или в пределах городского квартала)? Косвенно о том, что эффекты плавучести могут играть существенную роль, говорит, например, фраза «при учете теплообмена наблюдается рост средней скорости внутри застройки» (стр. 109), упоминается и формирование городского «острова тепла» (стр. 110), однако глубокого анализа этих явлений в работе нет. В работе явно не хватает качественных и количественных оценок вклада эффектов плавучести (например, на основе данных о

характерных значениях числа Ричардсона), как при проведении расчетов, так и при постановке экспериментов.

3. Большое внимание (в том числе в автореферате) уделено температурным и сезонным индексам для оценки состояния городской среды. Однако при анализе расчетных данных они используются лишь в четвертой главе, а при представлении экспериментальных данных вообще не используются. Сложилось ли по итогам работы понимание, как можно сопрячь детальные CFD данные (или результаты измерений поля скорости), в том числе для модельных условий, и интегральные («инженерные») климатические оценки?

4. Известно, что моделирование радиационного теплообмена представляет весьма непростую задачу, однако, в работе нет сведений о валидации используемых моделей излучения (хотя бы по ссылкам на предыдущие работы разработчиков кода).

5. Было бы уместным для каждой из представленных задач указать не только общую размерность расчетной сетки, но и особенности дискретизации (топологию сетки, локализацию и характеристики сгущений и т.п.). Какова продолжительность представленных в работе RANS-расчетов? Какие вычислительные затраты потребуются при использовании разработанных методик для решения аналогичных задач?

6. В тексте диссертации было бы уместно четко и компактно описать основные характеристики пакета «SigmaFlow» и особенности программы «SigmaEco», которая, по-видимому, представляет отдельную ветвь (какую?) исследовательского пакета общего назначения.

7. Из текста диссертации остается непонятным, являются ли представленные решения стационарными (RANS подход) или нестационарными (URANS подход). При описании вычислительной модели говорится о том, что решаются нестационарные осредненные по Рейнольдсу уравнения Навье-Стокса, однако при анализе существенно неоднородных по пространству полей физических величин, характеризующихся масштабными отрывными зонами, ни о какой нестационарности не упоминается.

8. В тексте неоднократно встречается слово «верификация» (например, «верификация микромасштабной численной модели»), при этом осуществляется сопоставление результатов расчетов с данными модельного эксперимента. В этом случае следует употреблять термин «валидация».

9. В тексте диссертации и автореферата присутствуют синтаксические погрешности, а также опiski и опечатки.

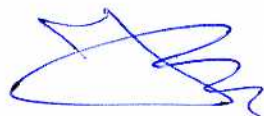
Высказанные вопросы и замечания относятся к представлению материала на страницах диссертации, призваны придать импульс дальнейшим исследованиям и не снижают общую высокую оценку диссертационной работы соискателя.

Тема диссертации и характер выполненных исследований соответствует специальности 1.3.14. Теплофизика и теоретическая теплотехника.

Считаю, что диссертация Мешковой Виктории Дмитриевны представляет собой законченную научно-квалификационную работу, полностью соответствующую критериям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук в соответствии с пунктами 9-11, 13, 14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства РФ №842 от 24.09.2013 (ред. от 26.09.2022). Автор диссертации Мешкова Виктория Дмитриевна заслуживает присуждения ей ученой степени кандидата технических наук по специальности 1.3.14. Теплофизика и теоретическая теплотехника.

Официальный оппонент,
кандидат физико-математических наук
(01.02.05 – Механика жидкости, газа и плазмы), доцент,
директор Высшей школы прикладной математики и вычислительной физики
ФГАОУ ВО «СПбПУ», заведующий научно-исследовательской лабораторией
гидроаэродинамики Физико-механического института СПбПУ,

Иванов Николай Георгиевич



25 января 2023 года

Санкт-Петербургский Политехнический Университет Петра Великого,
192251, С.-Петербург, Политехническая улица, д.29,
тел./факс (812) 552-66-21, e-mail: ivanov_ng@spbstu.ru

Я, Иванов Николай Георгиевич, даю согласие на включение своих персональных данных в документы, связанные с защитой диссертации Мешковой Виктории Дмитриевны, и их дальнейшую обработку.

