

УТВЕРЖДАЮ



Проректор по научной работе
ФГАОУ ВО «Сибирский
федеральный университет»
Барышев Руслан Александрович

«28» 06 2022 г.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Федерального государственного автономного образовательного учреждения
высшего образования «Сибирский федеральный университет».
(полное наименование организации)

Диссертация «Физическое и численное моделирование аэродинамики и теплообмена в условиях городской застройки», выполнена на каф. Теплофизики Института инженерной физики и радиоэлектроники, ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет».

В период подготовки диссертации Мешкова Виктория Дмитриевна, 1992 года рождения, гражданство РФ, обучалась в аспирантуре. Была зачислена в 2017 году на специальность 1.3.14 «Теплофизика и теоретическая теплотехника». Отчислена из аспирантуры в 2021 году в связи с окончанием обучения.

Справка о сдаче кандидатских экзаменов выдана в 2022 году в ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет».

Научный руководитель: Дектерев А. А., кандидат технических наук, заведующий каф. Теплофизики Института инженерной физики и радиоэлектроники ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет».

По итогам обсуждения диссертационного исследования, представленного на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 1.3.14 «Теплофизика и теоретическая теплотехника», принято следующее заключение:

Актуальность темы

В настоящее время практически 3,5 млрд. человек проживает в городах, при этом наблюдается тенденция ежегодного прироста. В связи с интенсивным ростом городского населения возникает потребность в его обеспечении должным количеством жилых мест. Для решения данной задачи архитектурно-градостроительные структуры переориентировали подходы в области строительства. Для удовлетворения требований рационального природопользования, расширение жилых массивов в условиях города достигаются путем уплотнённого расположения зданий, а также за счет высотного строительства.

Параллельно с расширением мегаполисов происходит развитие промышленной и городской инфраструктуры, которая сопровождается автомобилизацией населения. В связи с этим, происходит покрытие

автомобилизацией населения. В связи с этим, происходит покрытие естественной поверхности земли материалами, активно поглощающими солнечное излучение. Подходы в организации городского пространства приводят к тому, что автомобильный транспорт может передвигаться по всей территории города, что приводит к формированию устойчивых областей антропогенного воздействия на окружающую среду в зоне пребывания человека.

Уплотненное и высотное строительство влечет за собой необратимые изменения аэрационного режима территории, что совместно с учетом всех возможных источников загрязнения атмосферного воздуха способствует формированию экологически неблагоприятных условий.

Появление выше рассматриваемых механизмов не предвидели на этапе развития городов. Лишь только спустя многие десятилетия современное общество стало ощущать не себе, что принятые архитектурно-градостроительные решения и принципы развития города в целом негативно сказываются на жизнедеятельность населения, что напрямую отражается на их здоровье. В совокупности, можно отметить, что формируются дискомфортные условия для человека в зоне его пребывания – в пешеходной области.

На основании вышесказанного, в диссертационной работе основное исследование направлено на разработку микромасштабной численной модели, которая позволит комплексно подходить к решениям задач прогнозирования аэрационных режимов и процессов тепломассобмена в городской среде с учетом различных особенностей внешней среды с дальнейшей возможностью оценки уровня пешеходного комфорта, согласно оценочным критериям.

Цель работы заключается в выполнении комплексного анализа формирования условий пешеходного комфорта городской застройки через систему биоклиматических индексов в результате взаимодействия аэродинамических и теплофизических характеристик внешней среды.

Задачи:

1. Аргументирование выбора биоклиматических индексов, используемых для оценки внешней среды городской застройки;
2. Создание базы данных основных метеорологических параметров окружающей среды и выполнение исследований текущего состояния уровня комфорта г. Красноярска;
3. Натурные измерения и анализ влияния вида морфотипа застройки на локальные изменения метеорологических параметров;
4. Исследование особенностей аэродинамики обтекания модельных объектов (отдельные здания, тандем зданий, модель микрорайона) с помощью современных систем оптических измерений (визуализация, PIV-метод);
5. Разработка, верификация и апробация микромасштабной численной модели атмосферы для прогнозирования пешеходного уровня комфорта, описывающая динамику атмосферы и режимы переноса загрязняющих

газовых и дисперсных примесей в атмосфере города с учетом особенностей метеорологических режимов, воздействия солнечного и теплового излучения, сопряженного теплообмена с элементами городского (здания, дороги).

Научная новизна

Впервые разработана программа по сбору метеоданных с открытых информационных потоков для г. Красноярска и сформирована организационная структура (база данных), предназначенная для систематизации и обработки взаимосвязанной информации с помощью инструмента Navicat Premium;

Разработана комплексная методика многоэтапного расчета условий формирования пешеходного комфорта через систему температурных и сезонных биоклиматических индексов в программном комплексе Lampyre. Впервые выполнена диагностика текущего состояния комфортности внешней среды г. Красноярска через систему температурных и сезонных биоклиматических индексов;

Впервые проведено физическое моделирование обтекания ветровым потоком модель реального смешанного морфотипа застройки г. Красноярска и исследована трансформация ветровых зон в результате изменения направления входного потока по отношению к объекту исследования;

Впервые разработана, верифицирована и апробирована микромасштабная численная модель прогнозирования пешеходного уровня комфорта через систему температурных и сезонных биоклиматических индексов, а также определена степень влияния аэродинамических и теплофизических характеристик на изменения внешней среды городской застройки.

Достоверность результатов основана на строгом математическом описании, применяемых численных алгоритмов, которые неоднократно были верифицированы на данных физического эксперимента и других численных тестовых задач, выполняемых другими авторами.

Практическая значимость заключается в том, что разработанный комплексный подход исследования и прогнозирования пешеходного уровня комфорта городской застройки с учётом множества факторов внешней среды. Отработанные экспериментально-численные исследования возможно использовать при разработке проектной документации капитального строительства для обоснования тех или иных технологических решений, что позволит аргументировано подойти к планированию застраиваемых территорий. Рассмотренные методологические подходы возможно использовать при разработке нормативно-правовой документации в виде градостроительных норм, правил, регламентов и рекомендаций по обеспечению, должного уровня безопасного и эффективного застраивания земельных участков. Основные результаты научно-исследовательской деятельности были внедрены в образовательную деятельность в учебных программах бакалавриата 16.03.01 «Техническая физика», магистратуры

14.03.01 «Ядерная энергетика и теплофизика» и аспирантуры 01.04.14 «Теплофизика и теоретическая теплотехника» (Приложение А). А также внедрены в практическую деятельность АО «Гражданпроект», где была выполнена апробация программного модуля «SigmaEco» на микрорайоне г. Норильска, где полученные результаты оценки влияния застройки на комфортные /дискомфортные условия в пешеходной зоне были выполнены в рамках работы «Разработка архитектурного-планировочной концепции реновации города Норильска до 2035 года» (Приложение Б). Основные результаты вошли в научно-исследовательские отчеты по следующим проектам: РФФИ №19-31-90096; Конкурс краевого фонда науки «Целевой конкурс прикладных научных исследований, направленных на решение проблем городского развития» №2020080506564.

Теоретическая значимость работы заключается в разработке новой микромасштабной численной модели прогнозирования пешеходного уровня комфорта через систему биоклиматических критериев, а также в разработке комплексной методики многоэтапного расчета условий формирования пешеходного комфорта через систему температурных и сезонных индексов. На основании разработанных методов исследования диагностики внешней среды становится возможным анализировать и оценивать взаимовлияния аэродинамических теплофизических характеристик на формирования условий комфорта в современных морфотипах городской застройки.

Личный вклад автора заключается в разработке базы данных для сбора, систематизации и анализа метеорологических параметров. В разработке методики многоэтапного расчета биоклиматических индексов комфорта. В постановке задачи для физического эксперимента и интерпретации полученных результатов под специфику темы исследования. Выполнении верификации, валидации и апробирования численной модели, а также в оценке комфортности городской среды на пример различных современных морфотипах городской застройки. Обсуждение полученных результатов, подготовка публикаций по теме диссертации выполнялись совместно с научным руководителем и соавторами.

Автором представляется к защите

1. Сформированная база данных метеорологических параметров на основе данных с федеральных и региональных постов наблюдения, разработанная в специализированной подпрограмме Navicat Premium;
2. Комплексная методика многоэтапного расчета условий формирования пешеходного комфорта через систему температурных и сезонных биоклиматических индексов в программном комплексе Lampurge;
3. Результаты диагностики текущего состояния комфортности внешней городской среды Красноярска на основе данных станций наблюдений и натурных данных;

4. Результаты лабораторного эксперимента обтекания модельных объектов (отдельные здания, тандем зданий, модель микрорайона) на аэродинамическом стенде;

5. Результаты верификации микромасштабной метеорологической модели прогнозирования атмосферы на тестовых задачах зарубежных исследований и собственного лабораторного эксперимента;

6. Результаты исследования пешеходного уровня комфорта в реальных морфотипах г. Красноярска.

Апробация работы

Все результаты, которые выносятся на защиту, являются математически достоверными факторами. Они были опубликованы в рецензируемых журналах, а их доказательства неоднократно проверялись специалистами в той области, к которой эти результаты относятся. Результаты диссертации обсуждались на следующих международных и всероссийских конференциях: Всероссийская конференция студентов-физиков и молодых ученых «ВНКСФ-24», 31.03-07.05 2018 гг. г. Томск; VII Международный симпозиум «Актуальные проблемы компьютерного моделирования конструкций и сооружений, 01.07-8.07. 2018 гг., г. Новосибирск; Всероссийская научная конференция с международным участием «XI Семинар ВУЗов по теплофизике и энергетике», 21.10-23.10.2019 гг., г. Санкт-Петербург; Международная конференция «Перспективы-2020», 20.04.-18.05.2020 гг., г. Красноярск; V Всероссийская конференция «Теплофизика и физическая гидродинамика» с элементами школы молодых ученых, 13.09-20.09.2020 гг., г. Ялта; Всероссийская конференция с элементами научной школы для молодых ученых «XXXVI Сибирский теплофизический семинар», 5.10-7.10.2020 гг., г. Новосибирск; VII Всероссийская конференция «Безопасность и мониторинг природных и техногенных систем», 5.10-9.10. 2020 гг., г. Кемерово; XVI Всероссийской школы-конференции молодых ученых с международным участием «Актуальные вопросы теплофизики и физической гидрогазодинамики», 24.11-27.11.2020 гг; VI Всероссийская научная конференция «Теплофизика и физическая гидродинамика», научная молодежная школа Теплофизика и физическая гидродинамика: современные вызовы (ТФГСВ2021), 22.08-29.08.2021 гг., г. Севастополь; IV Международная научно-практическая конференция «Город, пригодный для жизни», 11.11-12.11 2021 гг, г. Красноярск.

Публикации

По теме диссертации опубликовано в 10 статьях (входящих в перечень ВАК РФ), из них 2 в российских рецензируемых журналах и 9 в зарубежных рецензируемых журналах, индексируемых Web of Science или Scopus, а также в 15 тезисах доклада на международных и всероссийских конференциях, индексируемых в базе РИНЦ. Основные из них представлены ниже:

1. Meshkova V., Dekterev A., Filimonov S. Investigation of the airflow conditions at the city residential areas // Journal of Physics: Conference Series. – 2020. 1565. 012090. 10.1088/1742-6596/1565/1/012090;
2. Meshkova V., Dekterev A., Gavrilov A., Filimonov S., Litvintsev K. Calculation of wind flows in residential areas and assessment of their impact on pedestrian comfort // Journal of Physics: Conference Series. – 2020. 1677. 012020. 10.1088/1742-6596/1677/1/012020;
3. Meshkova V., Dekterev A., Gavrilov A., Litvintsev K. SigmaFlow CFD code as a tool for predicting the wind environment around a group of buildings // Journal of Physics: Conference Series. – 2020. 1675. 012119. 10.1088/1742-6596/1675/1/012119;
4. Meshkova V., Dekterev A., Litvintsev K. Representativeness of monitoring station readings in the context of urban environment // Journal of Physics: Conference Series. – 2021. 2057. 012132. 10.1088/1742-6596/2057/1/012132;
5. Meshkova V., Dekterev A., Dekterev D., Lobasov A. Experimental studies of the formation of zones resulted from air flow around a system of model buildings // Journal of Physics: Conference Series. – 2022. 2150. 012030. 10.1088/1742-6596/2150/1/012030;
6. Мешкова В.Д., Дектерев А.А., Литвинцев К.Ю., Филимонов С.А., Гаврилов А.А. Роль городской застройки в формировании «острова тепла» // Вычислительные технологии. – 2021. – 5. – 26. – С 4-14;
7. Meshkova V. D. and Dekterev A. A. Computational fluid dynamics as a method for studying wind comfort // J. Phys.: Conf. Ser. – 2021. 2119 012155
8. Filimonov S. A., Meshkova V. D. et al. Analysis of vortex structures formed in the winter in the atmosphere of Krasnoyarsk city //J. Phys.: Conf. Ser. – 2021 2088 012014;
9. Meshkova V., Dekterev A., Gavrilov A., Filimonov S., Litvintsev K. Modeling the influence of the river on the wind pattern of Krasnoyarsk // Journal of Physics: Conference Series. - 2020 1565. 012023. 10.1088/1742-6596/1565/1/012023;
10. Мешкова В.Д. SigmaFlow как инструмент исследования ветрового комфорта в условиях городской среды / Мешкова В.Д., Дектерев А.А. и др. // Журн. Сиб. федер. ун-та. Техника и технологии. – 2022– 15. – 4. – 490-504. DOI: 10.17516/1999-494X-0398 (в печати);
11. Мешкова В.Д., Дектерев А.А., Дектерев Д.А., Литвинцев К.Ю., Лобасов А.С., Расчетное исследование аэродинамической комфортности и экологических ситуаций в городской среде // Город, пригодный для жизни. Материалы IV Международной научно-практической конференции. Красноярск. – 2022. С. 19-25;
12. Филимонов С.А., Литвинцев К.Ю., Дектерев А.А., Мешкова В.Д. и др. Применение методов компьютерного моделирования при проектировании снегозащитных систем // Архитектура, строительство, транспорт. – 2022. – 3. – 101. - С 18-27. DOI: 10.31660/2782-232X-2022-3-18-27. (в печати).

Диссертационная работа Мешковой В.Д. рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 1.3.14 «Теплофизика и теоретическая теплотехника»

Заключение принято на расширенном заседании кафедры Теплофизики Института физики и радиоэлектроники ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет» (СФУ).

Присутствовало на заседании 18 чел., из них 11 научно-педагогических сотрудников кафедры и 7 приглашённых специалистов.

Участвовало в открытом голосовании 11 чел., из 11 присутствующих научно-педагогических работников кафедры.

Результаты голосования: «за» – 11 чел., «против» – 0 чел., «воздержалось» – 0 чел., протокол № 11 от 23.06.2022 г.

Председательствующий на заседании
Финников Константин Андреевич
Кандидат физико-математических наук
Доцент каф. Теплофизики



Минаков Андрей Викторович
Доктор физ.-мат. наук,
директор ИИФиРЭ.

