

ОТЗЫВ

официального оппонента, советника РААСН, доктора технических наук, доцента Корниенко Сергея Валерьевича на диссертационную работу Чуйкина Сергея Владимировича «Методология создания систем обеспечения микроклимата в условиях фазовых превращений в помещении», представленную на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 2.1.3.

Теплоснабжение, вентиляция, кондиционирование воздуха, газоснабжение и освещение

Актуальность темы исследования. К помещениям, в которых возможны фазовые переходы воды, можно отнести плавательные бассейны, горячие цеха пищевых производств, помещения с очистными сооружениями, компрессорным оборудованием, цеха цементных заводов, складские помещения и т.д. Наибольшее количество различных типов фазовых превращений в границах одного помещения можно наблюдать в крытых ледовых катках и аренах, где одновременно могут протекать процессы испарения, конденсации, кристаллизации, сублимации и плавления воды. Поэтому представляется оправданным выбор данного типа объектов в качестве примера для разработки методологии создания систем обеспечения микроклимата, учитывающей возможные фазовые превращения воды в помещении.

Существующие методы расчета параметров микроклимата и режимов работы вентиляционных систем зачастую не отвечают современным требованиям. Исследования в данном направлении неразрывно связаны с развитием методов математического моделирования тепломассообменных процессов во влажном воздухе и на поверхностях, имеющих температуры ниже точки насыщения. В рассматриваемой работе автором предлагается новый системный подход к проектированию для улучшения качества воздушной среды в обслуживаемой зоне и повышения эффективности систем, чем и обусловлена актуальность темы исследования.

Степень обоснованности и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации. Обоснованность и достоверность полученных результатов, основных положений, выводов и рекомендаций, представленных в работе, подтверждается применением фундаментальных положений теории тепломассообмена, аэродинамики систем вентиляции, системного анализа, проведением большого объема численных экспериментов с использованием сертифицированных программных комплексов, общепризнанных методов планирования и проведения натурных и лабораторных экспериментов, а также сопоставлением результатов математического моделирования с данными экспериментальных исследований.

Новизна научных положений выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации. Анализ диссертационной работы и научных публикаций соискателя позволяет сделать вывод о том, что в них содержатся новые научные результаты по специальности 2.1.3. Теплоснабжение, вентиляция, кондиционирование воздуха, газоснабжение и освещение, которые заключаются в следующем:

разработана модель процессов тепломассообмена при вентиляции в крытых катках без зрителей, которая учитывает влияние фазового перехода воды на распределение температуры и влажности воздуха в помещении за счет уравнения сохранения массы через энтропию, также учитывается возникающее течение Стефана над поверхностью льда на формирование циркуляционных зон;

получены распределения скорости, температуры и влагосодержания воздуха в помещении крытого ледового катка без зрителей для трех рассмотренных схем воздухораспределения;

получено распределение влагосодержания воздуха в помещении крытого ледового катка при неорганизованном воздухообмене, возникающем под действием течения Стефана;

предложены зависимости, описывающие изменения площади конденсации водяного пара на внутренней поверхности перекрытия ледового катка без зрителей и времени ее охлаждения под действием радиационного отбора теплоты к ледовому полю с учетом градиента влагосодержания, обусловленного течением Стефана;

экспериментально доказано образование волнового течения пленки воды на поверхности тающего льда для условий эксплуатации крытого катка при неорганизованном воздухообмене;

разработана компьютерная модель развития течения горизонтальной пленки жидкости, под действием сдвиговых усилий набегающего потока влажного воздуха;

скорректирована зависимость для расчета коэффициента теплообмена на горизонтальной поверхности льда, в которой учитывается переменная толщина слоя жидкости при волновом течении;

выявлено образование первой, второй и третьей гармоники течения пленки с переменной амплитудой волны;

разработана компьютерная модель нестационарного теплообмена несущей конструкции перекрытия ледового катка при неорганизованном воздухообмене, которая включает уравнения теплопроводности, Фурье, Стефана-Больцмана и Бугера-Бэра;

разработана итерационная модель расчета стационарного радиационно-конвективного теплообмена перекрытия ледового катка для проверки условия предотвращения выпадения конденсата при функционировании систем обеспечения микроклимата;

предложен принцип организации воздухораспределения крытого ледового катка с совместным удалением воздуха из верхней и нижней зон и дальнейшим двухступенчатым смешиванием наружного и рециркуляционного воздуха с отличающимися параметрами;

получено математическое описание процесса изменения параметров влажного воздуха при кондиционировании зоны ледового поля с расчетом

коэффициента массоотдачи на базе тройной аналогии тепломассообменных процессов на поверхности ледового поля при таянии льда;

разработана математическая модель векторного критерия оптимальности проектных решений систем обеспечения микроклимата по минимуму аддитивной функции, учитывающая объемы потребления теплоты, холода, электроэнергии, трудоемкость производимых работ, степень осушения воздуха в центральном кондиционере и коэффициент эффективности воздухообмена.

Проведенный анализ позволяет отнести работу к следующим пунктам паспорта научной специальности 2.1.3:

п. 1. Климатологическое обеспечение зданий. Тепломассообмен и гидроаэромеханика систем вентиляций. Исследования теплового, воздушного, влажностного режимов помещений;

п. 2. Технологические задачи вентиляции и кондиционирования воздуха, разработка методов энергосбережения систем и элементов вентиляции и кондиционирования воздуха;

п. 3. Совершенствование систем вентиляции и кондиционирования воздуха, разработка методов энергосбережения систем и элементов вентиляции и кондиционирования воздуха;

п. 4. Разработка математических моделей, методов, алгоритмов и компьютерных программ, использование численных методов, с проверкой их адекватности, для расчета, конструирования и проектирования систем вентиляции и кондиционирования воздуха.

Оценка содержания диссертации и степень ее завершенности. Диссертационная работа Чуйкина С.В. состоит из введения, шести глав, заключения, списка литературы из 265 источников, четырех приложений. Общий объем работы составляет 317 страниц, включает 106 рисунков, 22 таблицы.

Во введении обоснована актуальность решаемой проблемы, определены цель, предмет и задачи исследования, сформулированы научная новизна работы, практическая значимость полученных результатов.

В первой главе рассмотрено современное состояние проблемы создания систем обеспечения микроклимата в условиях фазовых превращений в помещении на примере крытых ледовых катков. На основе анализа отечественных и зарубежных научных и научно-технических работ в области проектирования систем отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха выявлены особенности технических и конструктивных решений данных систем, а также экономические и технологические предпосылки повышения их эффективности.

Во второй главе на основе разработанной численной модели теплообменных процессов в помещениях, учитывающей возможные фазовые превращения воды, получены распределения скорости, температуры и влагосодержания воздуха в обслуживаемой зоне крытого ледового катка при работе системы вентиляции. Кроме того, рассмотрен случай неорганизованного воздухообмена в выходные или праздничные дни при выключенной вентиляции. Выявлено влияние течения Стефана на развитие потоков воздуха. Моделируется процесс конденсации воды на поверхности перекрытия крытого катка при отсутствии организованного воздухообмена. Приводятся результаты верификации численной модели на базе результатов, полученных при натурном обследовании существующего крытого тренировочного катка.

В третьей главе рассматриваются процессы теплообмена при обтекании поверхности льда потоком влажного воздуха, анализируется теплообмен на границе раздела фаз. Разработана численная модель течения тонкой пленки воды на поверхности льда, выявлено образование волнового течения под действием сдвиговых усилий. Установлены закономерности, описывающие изменение продольного профиля тонкой пленки, позволяющие повысить точность расчета коэффициента теплоотдачи льда при различных значениях подвижности воздуха, его температуры и влажности. На физической модели подтверждено образование волны при омывании поверхности тающего льда потоком воздуха при переходном режиме течения.

В четвертой главе исследуется радиационно-конвективный теплообмен конструкций перекрытия при наличии радиационного охлаждения в условиях фазового перехода. Приводятся результаты натурных исследований распределения температуры поверхностей несущих и ограждающих конструкций крытого катка. Разрабатываются методики расчета стационарного и нестационарного теплообмена конструкций перекрытия с воздухом верхней зоны при неорганизованном воздухообмене. Разрабатывается численная модель сложного теплообмена конструкций перекрытия при неорганизованном воздухообмене.

В пятой главе приводится разработанная методика расчета энергоэффективных систем обеспечения микроклимата крытого ледового катка и усовершенствованная схема воздухораспределения, которая позволяет осуществить поэтапное смешивание переменных объемов воздуха с отличающимися параметрами в центральном кондиционере новой конструкции. Для практического внедрения разработанной методики предложена программа расчета параметров состояния влажного воздуха при кондиционировании крытого ледового катка. Предложен подход к определению наиболее рационального режима работы оборудования системы кондиционирования исходя из минимума энергозатрат.

В шестой главе рассматривается методика теоретического обоснования конструктивных решений и режимов работы систем обеспечения микроклимата крытых катков на базе разработанной модели векторного аддитивного критерия оптимальности. В модели учитываются расходы теплоты, холода, электроэнергии, трудоемкость производимых работ, степень осушения воздуха и коэффициент эффективности воздухообмена. Результаты моделирования верифицируются по суммарным дисконтированным затратам на этапах строительства и эксплуатации объекта.

В заключение приведены основные результаты и выводы диссертационной работы, определены перспективы дальнейшей разработки

темы исследования. Все главы диссертации имеют выводы. Все положения, выносимые на защиту, получены автором лично.

Полнота опубликованных результатов диссертации, их апробация и реализация. Материалы диссертации достаточно полно отражены в 34 публикациях, из которых 16 – в ведущих рецензируемых научных журналах и изданиях, рекомендуемых ВАК РФ, 3 работы опубликованы в изданиях, индексируемых в базе данных Scopus, получено 4 свидетельства о регистрации программы для ЭВМ, 2 патента на полезную модель, 1 патент на изобретение. Основные результаты исследований и научных разработок докладывались и обсуждались на международных, всероссийских и вузовских конференциях в 2012–2014, 2019, 2022–2025 годах. Реализация результатов работы подтверждена актами внедрения и была проведена в: ледовом катке «Арена Север» (г. Воронеж), МАУ ДО ООЦ «Олимпийский» (Липецкая обл., г. Усмань), ООО «ВТСК-36» (г. Воронеж), ООО «ЛИТЦ» (г. Липецк), АО «Гипрониигаз» (г. Саратов).

Соответствие содержания автореферата выводам диссертации. По объему и оформлению автореферат выполнен в соответствии с установленными требованиями. Его содержание в полной мере отражает основные положения, идеи и выводы диссертации. Автореферат достаточно подробно излагает содержание исследований, о чем свидетельствует приведенное содержание по главам и заключению, дающее полное представление о научной новизне и практической значимости работы.

Замечания по диссертации.

1. Диссертация изобилует многочисленными ошибками с точки зрения норм русского языка (с. 30, с. 88, с. 133, с. 134 и др.). В формуле (3.8) использованы единицы c_p , не соответствующие СИ. Обозначения единиц физических величин теплопроводности, теплообмена записаны с нарушением СИ.

2. Отсутствуют ссылки на работы П.М. Брдлик, внесшего большой вклад в результаты экспериментальных исследований тепломассообмена при

конденсации пара из влажного воздуха на внутренней поверхности наружных стен.

3. Неясно, каково влияние на тонкий слой незамерзшей жидкости ее вязкости, зависящей от температуры, и химического состава (с. 125).

4. Не раскрыта закономерность, как учитывалась автомодельность процесса ламинарного течения жидкости при верификации модели (с. 128).

5. Отсутствует физическое обоснование существования минимума аппроксимирующей функции $t(z)$ на заданном множестве (рис. 4.5, с. 141).

6. Формула (4.62) записана ошибочно (с. 176). Она не соответствует правилу сложения проводимостей отдельных слоев многослойной конструкции (4.64) и не следует из (4.62).

7. Показатель степени в (3.16) принят равным $n = 1/4$, а не $1/3$, что требует дополнительного обоснования.

Указанные замечания не снижают научную и практическую ценность проведенных исследований.

Заключение

В целом, диссертация Чуйкина Сергея Владимировича «Методология создания систем обеспечения микроклимата в условиях фазовых превращений в помещении» является завершенным трудом, выполненным автором на актуальную тему, на высоком научном уровне и изложенным технически грамотным языком. Она достаточно содержательна, имеет ссылки на отечественные и зарубежные источники, а также на материалы работ, выполненных Чуйкиным С.В. в соавторстве. Все положения, выводы, рекомендации логически обоснованы и подтверждены экспериментально. По достоверности, научной новизне и практической значимости результаты исследования можно квалифицировать как решение актуальной научно-технической проблемы, имеющей существенное значение для повышения уровня обеспеченности населения спортивными сооружениями и обуславливающей необходимость поиска путей снижения стоимости строительства и эксплуатации рассмотренных объектов.

На основании изложенного считаю, что представленная диссертация отвечает требованиям п.п. 9–14 Положения о присуждении ученых степеней, предъявляемых к диссертациям доктора наук, соответствует паспорту научной специальности 2.1.3. Теплоснабжение, вентиляция, кондиционирование воздуха, газоснабжение и освещение, а ее автор Чуйкин Сергей Владимирович, заслуживает присуждения ученой степени доктора технических наук.

Официальный оппонент,
советник РААСН, доктор технических наук,
доцент, заведующий кафедрой «Архитектура
зданий и сооружений» ФГБОУ ВО «Волгоградский
государственный технический университет»
Корниенко Сергей Валерьевич
23.06.2025



Подпись Корниенко Сергея Валерьевича удостоверяю:
Ученый секретарь ученого совета ИАиС ВолгГТУ
Савченко Алексей Владимирович



Почтовый адрес: 400005, г. Волгоград, пр. им. Ленина, д. 28, ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет»; тел. (8442) 96–98–16; e-mail: rector@vstu.ru.
Научная специальность, по которой защищалась диссертация: 05.23.03. «Теплоснабжение, вентиляция, кондиционирование воздуха, газоснабжение и освещение».