

«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор по науке и коммерциализации
ФГБОУ ВО «Казанский государственный
энергетический университет»

технических наук, профессор

И.В. Ившин

_____ 2022 г.



ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ

**на диссертационную работу Смирнова Николая Николаевича
на тему «Совершенствование систем по созданию динамического микроклимата для
помещений с энергоэффективными светопрозрачными конструкциями»,
представленную на соискание учёной степени кандидата технических наук
по специальности 05.14.04 «Промышленная теплоэнергетика»**

Актуальность работы. В структуре ТЭР, направленных на поддержание необходимых параметров микроклимата значительная доля приходится на компенсацию потерь через ограждающие конструкции здания вследствие теплопередачи в окружающую среду (трансмиссионные потери). Потери теплоты через светопрозрачные ограждающие конструкции (окна, световые фонари и т.д.) являются значительными в структуре трансмиссионных потерь. Причиной этого является низкое приведенное сопротивление теплопередаче данных элементов здания. Работа направлена на совершенствование систем по созданию динамического микроклимата для помещений со светопрозрачными ограждающими конструкциями. Решаемые задачи позволяют повысить приведенное сопротивление теплопередаче светопрозрачных ограждающих конструкции, снизить энергопотребление в системах отопления, вентиляции и повысить их эффективность.

Одним из главных приоритетов современной энергетической политики России и ее регионов является повышение эффективности использования ТЭР. Следовательно, работа, направленная на решение приоритетных задач поставленных правительством, президентом Российской Федерации, является актуальной работой.

Целью работы является повышение энергоэффективности работы систем по созданию динамического микроклимата в помещениях, путем внедрения разработанных

светопрозрачных конструкций с теплоотражающими экранами и солнечными фотоэлектрическими батареями, а также совершенствования методики определения минимальной температуры внутреннего воздуха в нерабочее время.

Для достижения цели в работе поставлены следующие **задачи**:

1) провести анализ существующих требований и предлагаемых решений в области энергосбережения при организации микроклимата в помещении, способов повышения тепловой защиты светопрозрачных конструкций, методов математического описания тепломассообменных процессов при формировании динамического микроклимата;

2) разработать энергосберегающие светопрозрачные ограждающие конструкции с перемещаемыми теплоотражающими экранами и солнечными фотоэлектрическими батареями;

3) провести экспериментальные исследования с целью определения влияния теплоотражающих экранов на сопротивление теплопередаче светопрозрачных конструкций;

4) разработать и выполнить проверку адекватности математической модели теплопередачи через светопрозрачную конструкцию с теплоотражающими экранами с учётом изменения во времени температуры и подвижности внутреннего и наружного воздуха;

5) разработать инженерный метод расчета приведенного сопротивления теплопередаче светопрозрачной конструкции в текущий момент времени и за отопительный период года с учетом временного графика использования экранов и температурного режима эксплуатации на основе аппроксимации результатов математического моделирования;

6) разработать методику определения минимальной температуры внутреннего воздуха при выполнении условия недопущения выпадения конденсата на внутренних поверхностях разработанных светопрозрачных конструкций при наличии и отсутствии предварительной осушки воздуха;

7) разработать математическую модель динамического микроклимата для зданий с новыми энергоэффективными светопрозрачными конструкциями.

8) определить энергетические показатели работы системы по созданию классического и динамического микроклимата помещений предприятий при использовании в светопрозрачных конструкциях теплоотражающих экранов и солнечных батарей, а также дополнительного понижения температуры внутреннего воздуха в нерабочее время.

В диссертационной работе обобщен значительный объем научных исследований как отечественных, так и зарубежных ученых. Показаны имеющиеся трудности, а также предложены пути их решения. На основе полученных данных автором решены поставленные задачи и проведено научное обоснование повышения эффективности работы систем по

созданию динамического микроклимата для помещений с энергосберегающими светопрозрачными конструкциями.

Выполнен ряд лабораторных экспериментов в сертифицированной климатической камере, которые позволили получить новые данные о процессах теплообмена для энергоэффективных оконных блоков с теплоотражающими экранами, а также верифицировать разработанные автором математические модели. С помощью современного программного обеспечения удалось реализовать имитационную модель динамического микроклимата в помещении полномасштабного тренажера блочного щита управления атомной электрической станции для разных периодов года.

Основные научные результаты, полученные автором, обладающие новизной:

1. **Разработаны новые энергосберегающие светопрозрачные конструкции** с регулируемым сопротивлением теплопередаче на основе применения перемещаемых теплоотражающих экранов.

2. На основании данных физического эксперимента и численного моделирования **установлена количественная зависимость** приведенного сопротивления теплопередаче светопрозрачных конструкций с теплоотражающими экранами от геометрических размеров и физических свойств стекол, экранов и образованных ими воздушных прослоек, а также от температурного режима эксплуатации данных конструкций.

3. **Разработана методика** определения минимальной температуры воздуха в нерабочее время для помещений с регулируемым сопротивлением теплопередаче светопрозрачных конструкций, позволяющая учитывать термовлажностный режим здания.

4. При моделировании динамического микроклимата в помещениях **реализован учет нелинейной зависимости** сопротивления теплопередаче светопрозрачных ограждающих конструкций с теплоотражающими экранами от температурного режима эксплуатации, а также генерации электрической энергии при помощи солнечных батарей.

Практическая значимость результатов заключается в следующем:

1. Разработанные в диссертации конструкции и методики позволяют снизить потребление ТЭР.

2. Разработанная компьютерная программа расчета процесса теплопередачи стеклопакета с теплоотражающими экранами, позволяет учитывать изменения температурного и скоростного поля, в процессе эксплуатации, определять термическое и приведенное сопротивление теплопередачи конструкции, тепловой поток, а также значения

температур на границах раздела сред, что позволяет использовать ее при разработке математических моделей микроклимата помещений

3. Применение разработанного инженерного метода расчета приведенного сопротивления теплопередаче светопрозрачной конструкции позволяет оценить её эффективность при использовании различных конструкций экранов.

4. Предложенные аналитические зависимости и номограммы учитывающие количество экранов, температуру и скорость внутреннего и наружного воздуха позволяют определять приведенного сопротивления теплопередаче светопрозрачных ограждающих конструкций с теплоотражающими экранами.

Достоверность полученных результатов работы подтверждаются использованием фундаментальных физических законов, апробированных теоретических и экспериментальных методов исследования, обоснованностью выбора математической модели и проверкой её адекватности, полнотой обзора литературных данных, согласованностью результатов диссертационной работы с данными других авторов и нормативной документацией. Основная экспериментальная программа была выполнена в климатической камере испытательной лаборатории для проведения сертификационных испытаний по определению приведенного сопротивления теплопередаче блоков оконных лаборатория аккредитована Федеральным агентством по техническому регулированию и метрологии Российской Федерации.

Диссертация представляет законченную научно-квалификационную работу. Цель и задачи, поставленные соискателем ученой степени, решены в полной мере в рамках данной работы, научная новизна и практическая значимость работы обоснованы.

Личный вклад автора заключается в разработке новых энергоэффективных светопрозрачных ограждающих конструкций зданий; в сборе, анализе и обработке экспериментальных данных; разработке и верификации моделей теплопередачи через энергоэффективные светопрозрачные конструкции и динамического микроклимата; в разработке патентов и свидетельства на программу для ЭВМ; в разработке метода расчета приведенного сопротивления теплопередаче светопрозрачной конструкции; в разработке методики определения минимальной температуры внутреннего воздуха в помещении; в расчете показателей эффективности; в подготовке публикаций по тематике работы.

Апробация результатов работы. Основные положения и результаты диссертационной работы опубликованы и обсуждались на 26 международных и всероссийских конференциях.

Количество и уровень конференций являются достаточными для подтверждения апробации результатов работы.

Публикации. Материалы диссертации опубликованы в 25 печатных работах, в том числе в 8 статьях в рецензируемых научных изданиях, рекомендованных ВАК, в 5 статьях – в сборниках, индексируемых в международной базе данных SCOPUS; издан 1 учебник. Получены 1 патент на изобретение, 6 патентов на полезную модель, 1 свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ.

Работа состоит из введения, пяти разделов, заключения, списка литературы, трех приложений и содержит 318 страниц основного текста, включая иллюстративный материал. Список литературы содержит 212 наименований.

Автореферат отражает содержание диссертации, приведенные публикации соответствуют содержанию диссертации.

По диссертации можно сделать следующие **замечания**:

1. В тексте диссертации встречаются утверждения которые не имеют ссылок на источники и не подтверждаются собственными исследованиями, например, стр.8. В структуре общих издержек предприятий средней и северной полосы России значительный удельный вес занимают расходы на отопление, вентиляцию и кондиционирование производственных помещений, **при этом их доля составляет от 10 до 50 % в себестоимости продукции"** стр. 9. Система динамического микроклимата (ДМ) подает в помещение воздух с непрерывно изменяющимися во времени параметрами воздуха (температура, скорость), **что приводит к повышению работоспособности сотрудников за счет возбуждения центральной нервной системы.**

2. Присутствуют ссылки на документы, которые утратили силу, например Постановление Правительства РФ от 25 января 2011 г. №18.

3. Диссертация посвящена решению вопросов повышения энергоэффективности работы систем динамического микроклимата для промышленных предприятий. Непонятно, с какой целью в первой главе приводятся данные по потреблению энергоресурсов в жилищно-коммунальном хозяйстве и энергоёмкости мирового ВВП?

4. В своей работе автор, для достижения наибольшего энергетического эффекта делает упор на понижение температуры воздуха в помещении при дежурном режиме отопления. С этой целью решается задача по оптимизации параметров влажного воздуха. К сожалению, в разделе, посвященном описанию исследований в климатической камере, таких исследований нет.

5. При экспериментальном определении распределения тепловых потоков и температур по высоте стеклопакета и последующем вычислении приведенного сопротивления теплопередаче было бы уместно определить минимально необходимое количество точек для адекватного отображения вида функции.

6. В диссертации отсутствует аргументация выбора оптимальной толщины экрана его материала. Какой критерий вы использовали?

7. При отображении результатов моделирования в программно-вычислительном комплексе Phoenics уместно было бы привести локальные значения коэффициентов теплоотдачи, отдельно разбив их на лучистую и конвективную составляющие.

8. Процесс исследования теплообмена на наружной поверхности окна предполагает учет скорости ветра, а в рассматриваемых регионах она колеблется в широких диапазонах и может достигать 20, 25 м/с, к сожалению, в разделе, посвященном описанию исследований в климатической камере, таких исследований нет.

9. Непонятно как при площади окон в помещении тренажера БЦУ АЭС равное 24,5 м² солнечной фотоэлектрической панелью было выработано 1627 кВт·ч электрической энергии, формула (4.88), на которую ссылается соискатель не позволяет это проверить?

10. Одноставочный тариф на электроэнергию в 2021г. Иваново 4,97 руб за 1 кВт·ч почему в экономическом обосновании принята $C_{\text{э}}=7,20$ руб/кВт·ч

Приведенные замечания не влияют на научную и практическую значимость полученных результатов и выводов, и не снижают общую положительную оценку выполненной работы.

Заключение

Диссертационная работа Смирнова Н.Н. на тему «Совершенствование систем по созданию динамического микроклимата для помещений с энергоэффективными светопрозрачными конструкциями» соответствует требованиям, изложенным в пунктах 9-14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства РФ №842 от 24 сентября 2013 г., предъявляемым к кандидатским диссертациям. Смирнов Николай Николаевич заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.14.04 «Промышленная теплоэнергетика».

Отзыв подготовлен д.т.н., профессором, заведующим кафедрой «Энергообеспечение предприятий, строительство зданий и сооружений» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Казанский государственный энергетический университет» Ильиным Владимиром Кузьмичом.

Диссертация, автореферат, отзыв рассмотрены и обсуждены на заседании кафедры «Энергообеспечение предприятий, строительство зданий и сооружений» «31» августа 2022 года, протокол № 1. Присутствовало на заседании 16 человек. Результаты голосования: «за» – 16 человек, «против» – 0, «воздержалось» – 0.

Заведующий кафедрой

«Энергообеспечение предприятий, строительство
зданий и сооружений» ФГБОУ ВО «КГЭУ»,

доктор технических наук, профессор

Ильин Владимир

Кузьмич

«05» сентября 2022 г.

Сведения об организации:

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Казанский государственный энергетический университет»;

420066, Республика Татарстан, г. Казань, ул. Красносельская, д.51;

тел.: +7 (843) 519-42-02; e-mail: kgeu@kgeu.ru

Подпись Ильина Владимира Кузьмича
заверяю.

Ученый секретарь Ученого совета КГЭУ

Закиева

Рафина Рафкатовна

«05» сентября 2022 г.

