

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

Кандидата технических наук Грановского Виктора Леонидовича на диссертационную работу Кравчука Валерия Юрьевича на тему: «Использование воздухопроницаемых элементов в наружных ограждениях для работы системы вентиляции с реверсивным движением воздуха», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.1.3 — Теплоснабжение, вентиляция, кондиционирование воздуха, газоснабжение и освещение.

Актуальность избранной темы исследования.

На сегодняшний момент при проведении обследований систем механической вентиляции часто наблюдается их неэффективная работа или полное бездействие. При этом нарушаются условия нормативной базы, связанные с обеспечением требуемых параметров микроклимата и созданием санитарной нормы воздухообмена. Естественная тяга, возникающая даже при неработающей механической вентиляции, могла бы обеспечивать частичное улучшение качества воздушной среды, однако установка окон с низкой воздухопроницаемостью полностью исключает такую возможность. И хотя естественные силы имеют значительный потенциал с точки зрения создания циркуляции воздуха в здании, применение их ограничено кругом жилищного и сельскохозяйственного строительства. В таких условиях разработка новых способов вентиляции, работающих полностью или частично на естественной тяге, является актуальной задачей, так как подобные решения позволяют обеспечивать требования к микроклимату, а также сберегать энергетические ресурсы.

Структура и содержание работы.

Диссертационная работа Кравчука В. Ю. состоит из введения, пяти глав, заключения, списка литературы и приложений. Работа изложена на 159 страницах машинописного текста, включающего список литературы из 131 наименования и 8 приложений.

В первой главе сформирован обзор существующих решений в области реверсивной вентиляции. Приведены результаты патентного поиска, выполнен их анализ. Описаны основные положения в области теории фильтрации и моделирования воздушного режима зданий.

Во второй главе выполнена постановка задачи исследования, описаны режимы работы системы гибридной реверсивной вентиляции и условия их смены. Изучены теоретические предпосылки к формированию фильтрационных течений в пористом засыпном материале. Выполнен расчет воздухообмена,

формирующегося при среднем значении располагаемого давления, чем подтверждена возможность использования пористого материала в качестве заполнения воздухопроницаемых элементов. Приведена математическая формулировка воздушно-теплого режима здания при работе системы гибридной реверсивной вентиляции, а также порядок определения неизвестных при решении нестационарной задачи этого режима.

В третьей главе проведено экспериментальное исследование аэродинамики зернистых сред, а также выполнено математическое моделирование процесса фильтрации по экспериментально определенным коэффициентам. Установлено значительное совпадение результатов экспериментального и теоретического исследований. Получены аппроксимационные кривые, связывающие основные характеристики фильтрационного процесса. Проведена статистическая обработка результатов эксперимента.

В четвертой главе выполнено математическое моделирование связанной задачи тепломассообмена в зернистой среде. Разработана схема замены нелинейных температурных полей на линейные, проведена оценка погрешности, возникающая при такой замене. Выполнена валидация графоаналитического метода подбора заполнения воздухопроницаемых элементов. Приведены результаты расчетов по написанной автором математической модели нестационарного воздушно-теплого режима здания, оборудованного системой гибридной реверсивной вентиляции. Описаны внедренные в алгоритм блоки матричных операций, ускоряющие расчеты по описанной модели.

В пятой главе выполнена оценка возможности применения воздухопроницаемых проемов с точки зрения современных требований к тепловой защите. Определены тепловые потоки, возникающие в области ограждения, прилегающей к воздухопроницаемому элементу, выявлена их функциональная связь с подвижностью фильтрующегося воздуха. Разработан графоаналитический метод подбора заполнения воздухопроницаемых элементов и приведена комплексная методика, позволяющая применять такие элементы без нарушения требований к тепловой защите зданий.

В заключении сформулированы общие выводы диссертационной работы.

В приложениях приведены результаты экспериментального исследования; результаты расчетов по математическим моделям; справка о внедрении; перечень опубликованных работ Кравчука В.Ю., свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ, свидетельство о поверке измерительных приборов.

Достоверность и новизна научных положений, выводов и рекомендаций

Достоверность результатов численных исследований обеспечена применением апробированного вычислительного комплекса ANSYS CFX и хорошей сходимостью между результатами натурального испытания и численного расчета.

Основные научные результаты и выводы, полученные в ходе выполнения диссертации, докладывались и обсуждались на международных, всероссийских и межвузовских конференциях и семинарах.

Новизну научных положений, предлагаемых автором работы, составляют:

- разработка и научное обоснование способа организации воздухообмена в административных зданиях, позволяющего обеспечивать требуемые параметры микроклимата при одновременной экономии энергоресурсов.
- ввод дополнительных блоков в алгоритм решения внутренней задачи нестационарного воздушно-теплового режима здания, в которых выполнена векторизация циклических процессов и введен адаптивный временной шаг. Это позволило в разы ускорить решение указанной задачи в широком диапазоне переменных параметров без потери точности.
- разработка физико-математической модели нестационарного воздушно-теплового режима здания, оборудованного системой гибридной реверсивной вентиляции.

Теоретическая и практическая значимость работы

• Разработана и апробирована комплексная методика выбора заполнения воздухопроницаемых элементов, включающая графоаналитический и аналитический методы и использующая результаты численных и натуральных экспериментов.

• Разработана инженерная методика учета воздухопроницаемых элементов в наружных ограждающих конструкциях, позволяющая применять такие элементы без нарушения требований к тепловой защите.

• Разработана методика расчета удельных тепловых потоков через теплотехнические неоднородности в наружных стенах. Рассчитаны удельные тепловые потоки через воздухопроницаемый элемент стены. Определена

зависимость величины удельного теплового потока от скорости движения воздуха через поры засыпки.

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций

Обоснованность научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации, обеспечивается применением известных и валидированных моделей и методов тепломассообмена, проведением лабораторных испытаний по методикам нормативных документов, использованием в испытаниях экспериментального оборудования и приборов, прошедших метрологическую поверку и обработкой результатов экспериментов статистическими методами.

Замечания

1. Выполнен достаточно внушительный обзор литературы как по отдельным вопросам предмета исследования, так и по предлагаемой системе в целом. От Ломоносова, Богословского до Рымарова. Однако, из обзора не сделан вывод о том, какие ещё вопросы не исследованы, что необходимо изучить дополнительно.

2. При анализе работ по экспериментальным исследованиям с целью определения коэффициента фильтрации следует более четко указать, что, в частности, по зерновому заполнению насадок, данных недостаточно, и это должно быть предметом для более детального изучения.

3. Утверждение автора, что реверсивная система вентиляции более дешевая и менее сложная по сравнению, в частности, с механическими системами вентиляции, ничем не обосновано. Не выполнена, для подтверждения этого утверждения, сравнительная оценка капитальных и эксплуатационных затрат предложенной системы, в частности, на примере запроектированного административного зданий, не доказана, заявленная в целях, повышенная энергоэффективность предлагаемой системы. При этом:

- экономия только за счет отсутствия одной из систем вентканалов, при их незначительной доли в общей стоимости системы, скорее всего будет перекрываться дороговизной и сложностью в эксплуатации приточной установки, которая должна иметь оборудование охлаждения воздуха в летний период и нагрева в переходный период. Может было бы экономичней просто нагревать удаляемый воздух в переходный и летний период для увеличения располагаемого перепада давления, обеспечивающего требуемый воздухообмен... Этот вариант, кстати, автор упоминал в обзоре,
- стоимость, хотя бы ориентировочная, приточно-вытяжного блока, который является фокусом исследования и ключевой частью реверсивной системы вентиляции автором не представлена. Скорее всего, она составит немалую часть

стоимости установки, особенно с учетом необходимости оснащать насадку автоматическим регулировочным клапаном, фильтром, экраном и пр. Всё это нивелирует утверждение автора об экономичности предлагаемого решения,

- необходимость применения отопительных приборов с повышенной мощностью и особой конструкции так же приведёт к удорожанию системы в целом,

- возможность применения количественного индивидуального регулирования не обоснована. Скорее всего невозможно снижение теплоотдачи отопительного прибора, при активной инсоляции, повышении внутренних тепловыделений и т. п., поскольку это связано с риском значительного снижения температуры приточного воздуха. Отказ же от возможности индивидуального регулирования приведёт к повышению эксплуатационных затрат и снижению приведенной стоимости системы.

4. В принятой для анализа расчетной модели основной фокус сделан на анализе процессов в пористой насадке. Воздействие же отопительного прибора на процессы оценено только с позиции получения граничных условий для варианта с искусственно заданными условиями применения, такими как:

- движение воздуха в радиаторном пространстве только вверх, т. е., исключение (ограничение) перемещения воздуха в боковом и нижнем направлениях, что соответствовало бы реальным условиям эксплуатации такой системы,

- использование отопительных приборов только со сплошной, «непроницаемой» для воздуха поверхностью теплообмена, типа штампованных стальных радиаторов. Было бы актуально рассмотреть вариант применения секционного радиатора с «проницаемым» для воздуха межсекционным пространством, тем более, что к расчету принят секционный радиатор Рифар.

- указав на необходимость разработки некой специальной конструкции отопительного прибора, позволяющей формировать повышенную температуру на фронтальной поверхности вставки внутри помещения, не указано ни требование к конструкции отопительного прибора, ни какие должны быть температуры и пр.

Все эти условия влияют на результаты расчета приращения температуры t_1 , при движении элементарного объема приточного воздуха по плоской «непроницаемой» стенке отопительного прибора.

5. Стр. 8 п.2 Заявлено: «*Экспериментальные и теоретические исследования теплообмена, возникающего при фильтрации в зернистых средах*». Однако массообмен, в том смысле, что под массой имеется в виду влага, не исследовался. Вскользь лишь указано об осушающем эффекте на поверхности элементов засыпки. Стоит ли вообще говорить о массообмене, с учетом того, что в предлагаемой системе и режимах её эксплуатации условия для конденсации практически отсутствуют? Однако автор справедливо отмечает,

что конденсация и замерзание влаги в насадке возможна в случае эксфильтрации, вызванной отрицательным давлением на наружной фронтальной поверхности насадки. Для предотвращения эксфильтрации предлагается введение в конструкцию насадки клапан для автоматического закрытия насадки. Что это за конструкция? Испытывалась ли она? Сколько стоит?

6. Как объяснить, что формула Кавиани для засыпки зерен с диаметром 3 мм подходит для аппроксимации экспериментальных данных для засыпки с диаметрами зерен в диапазоне 15-26 мм, т. е., в 5-8 раз больше?

7. После изучения главы 4 создается впечатление, что условия эффективного теплообмена приводят к переохлаждению внутренней поверхности вставки в зимнее время. В частности, это касается п.2 выводов по анализу линейности процесса.

8. Хотелось бы получить более подробные пояснения по учету экономайзерного эффекта через долю воздухообмена.

9. Как формируется t_1 – модель? С учетом или без учета радиационного прогрева внутренней поверхности насадки от поверхности отопительного прибора?

10. Стр.46, формулы 2.13, 2.14 — почему используются формулы для несжимаемой среды? Мы же имеем дело с воздухом.

11. В нескольких местах текста указано, что температура воздуха за прибором 5С и, опираясь на эту цифру, делаются прикидочные расчеты мощности отопительного прибора. Однако, на стр.41 (табл.2.1) показано, что температура на выходе из насадки должна быть не менее 12С.

12. Расчетной моделью должна быть не насадка, а комплект: насадка+отопительный прибор. При этом отопительный прибор, судя по условиям ограничения, принятым автором, должен быть не секционный радиатор, т. е., радиатор со сплошной стенкой, обращенной к насадку. Иначе нужно разрабатывать другую расчетную модель.

13. Также к работе имеется ряд редакторских замечаний.

Отмеченные недостатки не оказывают существенного влияния на обоснованность и достоверность полученных результатов и не снижают общей положительной оценки диссертации. В работе выполнен значительный объем экспериментальных и теоретических исследований на актуальную тему, решены все задачи, поставленная цель достигнута.

Основные положения диссертации опубликованы в 11 печатных работах, из них 8 публикаций в российских рецензируемых научных журналах согласно

перечню ВАК и 1 публикация в издании, индексируемом международной реферативной базой цитирования Scopus и Web of Science. Также получено свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ.

Заключение

Диссертационная работа Кравчука Валерия Юрьевича является самостоятельно выполненной научно-квалификационной работой, выполненной на актуальную тему, содержащей научные результаты, выводы и рекомендации, отличающиеся новизной. Диссертация на тему «Использование воздухопроницаемых элементов в наружных ограждениях для работы системы вентиляции с реверсивным движением воздуха» отвечает критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней (постановление Правительства РФ №842 от 24.09.2013 г.) для диссертаций, представленных на соискание ученой степени кандидата технических наук, а ее автор, Кравчук Валерий Юрьевич, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.1.3 — Теплоснабжение, вентиляция, кондиционирование воздуха, газоснабжение и освещение.

Официальный оппонент:

Кандидат технических наук,
технический директор ООО «Ридан»



Грановский Виктор Леонидович

«3» мая 2023 г.

Почпись В.Л. Грановского подтверждаю,
Директор по персоналии
А.В. Катков



Адрес: Россия, 143581, Московская область, г. Истра, дер. Лешково, 217.
E-mail: ruso0037@ridan.ru
Тел.: +7 (495) 792-57-57