



**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**  
федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Санкт-Петербургский политехнический  
университет Петра Великого»  
(ФГАОУ ВО «СПбПУ»)



**УТВЕРЖДАЮ**

Проректор по научной работе

чл. экорр. РАН

В.В. Сергеев

2018 г.

## **ОТЗЫВ ВЕДУЩЕЙ ОРГАНИЗАЦИИ**

**на диссертацию Кочарьянц Кристины Владимировны «Совершенствование методов расчета воздухораспределения в помещениях стесненными струями», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.23.03 – Теплоснабжение, вентиляция, кондиционирование воздуха, газоснабжение и освещение**

**Актуальность темы диссертации.** Диссертация К.В. Кочарьянц посвящена совершенствованию существующих методик расчета воздухораспределения стесненными струями, проведенному на основе всестороннего исследования распространения воздушных струй в замкнутых помещениях. Актуальность исследований данной направленности обусловлена задачами разработки научных основ проектирования систем вентиляции и кондиционирования в замкнутых, существенно ограниченных помещениях. Повышение требований к уровню комфорта, обеспечиваемому системами вентиляции, требует уточнения существующих методик инженерных расчетов, разработанных несколько десятилетий назад и основанных на весьма грубых допущениях. Для разработки практических методик необходимо знать закономерности развития стесненных струй, формируемых сложными воздухораспределительными устройствами.

**Научная и практическая значимость результатов работы.** Научная и практическая значимость диссертационной работы К.В. Кочарьянц определяется тем, что представленные в ней новые экспериментальные и расчетные данные носят комплексный характер, получены с использованием современных расчетных и измерительных средств, последовательно обработаны и хорошо согласуются.

Полученные соискателем результаты дают углубленное понимание изучаемых явлений и вносят существенный вклад в базу данных, способствующих совершенствованию расчетно-аналитических подходов к описанию распространения стесненных струй. Предложенный в работе метод определения параметров обратного потока позволяет повысить точность инженерных расчетов.

**Научная новизна результатов работы** состоит в том, что в ней получен значительный объем новых расчетных и экспериментальных данных, и на их основании сформулирован ряд важных заключений относительно поведения стесненных струй. В том числе установлено, что для современных геометрически сложных воздухораспределителей значение кинематического коэффициента не является постоянной величиной по длине струи, и показано, что наличие протяженного участка формирования приточной струи приводит к переменным значениям кинематического коэффициента. Предложена модификация формулы, определяющей кинематический коэффициент струи, и показано, что модифицированный коэффициент имеет постоянную величину на основном участке струи. Уточнена схема развития обратного потока в помещениях, при этом установлен диапазон изменения максимальной скорости в обратном потоке при изменении высоты установки приточного устройства, а также выявлено влияние темпа затухания приточной струи, характеризуемого кинематическим коэффициентом воздухораспределительного устройства, на максимальную скорость в обратном потоке. Получена обобщенная многопараметрическая зависимость для определения максимальной скорости в обратном потоке, применение которой позволяет повысить точность инженерных расчетов при проектировании воздухораспределения стесненными струями.

**Структура и общая характеристика работы.** Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения, списка сокращений и обозначений, списка литературы и трех приложений. Работа изложена на 148 страницах (без приложений), содержит 49 рисунков, 30 таблиц, библиографический список из 96 наименований.

Во **введении** обосновывается актуальность и практическая значимость темы диссертации, формулируются ее цель и конкретные задачи, определяется научная новизна работы, дается общая характеристика методов, используемых для решения поставленных задач, формулируются основные научные результаты работы и положения, выносимые автором на защиту. Приводится список конференций, на которых докладывались представленные в диссертации результаты, а также список компаний, в практическую деятельность которых результаты работы внедрены.

В **главе 1** содержится обстоятельный анализ существующих методов расчета воздухораспределения стесненными струями. Приводятся известные из литературы закономерности изменения скорости воздушной среды в струе и в области обратного течения. Дается обоснование необходимости усовершенствования существующих методик расчета воздухораспределения в помещениях.

**Глава 2** включает в себя описание используемой в работе математической модели, основанной на решении осредненных по Рейнольдсу трехмерных уравнений Навье-Стокса, замкнутых дифференциальной двухпараметрической моделью турбулентности. Представлены граничные условия для расчетов, моделирующих работу трех рассмотренных в работе воздухораспределительных устройств, а также параметры использованных расчетных сеток. В данной главе содержится также описание экспериментального оборудования и методов измерения скоростных полей, использованных при проведении физического эксперимента. Приводится сопоставительный анализ результатов измерений и методических расчетов. Обсуждаются влияние на результаты расчетов модели турбулентности и степень неопределенности, вносимая данным фактором.

В **главе 3** представлены результаты экспериментальных и численных исследований струй, истекающих из различных воздухораспределителей. Показано, что для рассмотренных конструкций воздухораспределителей величина кинематического коэффициента изменяется вдоль струи. Вводится поправка в формулу расчета кинематического коэффициента и приводится ее обоснование. Описывается методика определения кинематического коэффициента для различных воздухораспределительных устройств.

В **главе 4** излагаются результаты систематических численных исследований развития стесненных струй для различных типов воздухораспределительных устройств: варьируются значения продольного стеснения, высота установки приточного отверстия, положение вытяжного отверстия. Обсуждается схема развития обратного потока в помещениях. Показывается, что распределение скорости в обратном потоке существенно неоднородно.

**Глава 5** посвящена описанию предложенного в работе уточнения методики инженерного расчета воздухораспределения стесненной струей. Даются обобщающие зависимости для определения значений скорости в обратном потоке, учитывающие влияние многих факторов, в том числе: типа воздухораспределителя и высоты его установки, скорости истечения, поперечного стеснения.

В **заключении** формулируются основные результаты работы.

По материалу диссертации имеются следующие замечания.

1) В начале раздела 2.5 автор пишет: «Полученная в результате численного моделирования трехмерная картина течения веерной струи позволяет понять, каким образом формируется струя, и оценить область ее распространения, чего нельзя добиться при проведении физического эксперимента». С завершающим данную фразу положением вряд ли можно полностью согласиться, поскольку специально поставленные эксперименты, предусматривающие детальные измерения полей скорости и ее пульсаций (а сегодня имеются и очень информативные визуализационные количественные методы типа Particle Image Velocimetry), позволяют получить исчерпывающее представление о развитии турбулентных струй (и других течений) в пространстве, а данные таких измерений обычно служат для валидации вычислительных моделей. По-видимому, речь идет только о «физическом эксперименте» с относительно «скромным» приборным оснащением, используемым при исследовании прикладных вопросов вентиляционной техники.

2) Среди выводов по главе 4 соискателем отмечается, что при проведении вычислительных экспериментов «апробировано и обосновано допущение использования замены при численном моделировании реальных сложных конструкций воздухораспределителей векторами скорости», однако из текста главы неясно, в чем собственно состоит обоснование указанного допущения. Кроме того, представляется не слишком удачным термин «имитация воздухораспределительного устройства векторами скорости» (подрисуночная подпись к рисунку 4.12).

3) В тексте диссертации следовало бы четче разделять результаты физического эксперимента и данные численного моделирования. Используемые автором диссертации формулировки «экспериментальные исследования с помощью численного моделирования» и «численные экспериментальные исследования», относящиеся к расчетным данным (см. главу 4), представляются неудачными.

4) В тексте диссертации имеется ряд опечаток и технических погрешностей оформления.

Высказанные замечания относятся к представлению материала на страницах диссертации и не изменяют общего положительного впечатления о работе, выполненной К.В. Кочарьянц. Диссертация представляет собой завершенное научное исследование актуальной проблемы современной строительной «внутренней» аэродинамики и содержит ряд существенных новых научных результатов, имеющих важное практическое значение. Работа прошла всестороннюю апробацию на конференциях, а ее основные результаты опубликованы в рецензируемых научных изданиях из перечня ВАК. Автореферат диссертации достаточно полно отражает ее содержание и основные результаты.

Таким образом, можно констатировать, что работа К.В. Кочарьянц удовлетворяет требованиям пп. 9 и 10 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор, К.В. Кочарьянц, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.23.03 – Теплоснабжение, вентиляция, кондиционирование воздуха, газоснабжение и освещение.

Настоящий отзыв обсужден на заседании кафедры «Гидроаэродинамика, горение и теплообмен» ФГАОУ ВО «СПбПУ» 28 ноября 2018 г., протокол № 4.

Смирнов Евгений Михайлович

Заведующий кафедрой «Гидроаэродинамика, горение и теплообмен» СПбПУ,

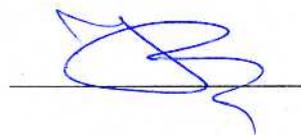
д.ф.-м.н. (01.02.05), профессор  
тел. (812) 552-6621, email: [aero@phmf.spbstu.ru](mailto:aero@phmf.spbstu.ru)



Иванов Николай Георгиевич

Доцент кафедры «Гидроаэродинамика, горение и теплообмен» СПбПУ,

к.ф.-м.н. (01.02.05)  
тел. (812) 552-6621, email: [ivanov\\_ng@spbstu.ru](mailto:ivanov_ng@spbstu.ru)



Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого,  
Политехническая ул., 29,  
195251, Санкт-Петербург