

УТВЕРЖДАЮ:

Проректор по научной работе  
Федерального государственного  
бюджетного образовательного  
учреждения высшего образования  
«Брянский государственный  
технический университет»,  
кандидат технических наук, доцент

**Сканцев Виталий Михайлович**

  
« 18 » февраля 2020 г.  


**ОТЗЫВ**

ведущей организации на диссертацию **Вороновой Ольги Сергеевны**  
**«Вычислительные алгоритмы и программные средства геометрического  
моделирования многофакторных теплообменных процессов»**,  
представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по  
специальности 05.13.18 – Математическое моделирование, численные методы  
и комплексы программ (технические науки)

#### **Актуальность для науки и практики**

Работа соискателя посвящена развитию методов многомерной интерполяции и аппроксимации, что само по себе является востребованным инструментом математического и компьютерного моделирования многофакторных процессов и явлений, для решения не только теплообменных, но и других инженерных задач. Поэтому выбранная тема исследований, несомненно, является актуальной для науки и практики. Научная и практическая ценность работы заключается в первую очередь в развитии

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ 1  
«ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ  
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
Вх. № 76/68  
« 03 » / 03 20 20

геометрической теории многомерной интерполяции, как инструмента моделирования многофакторных процессов, с последующей программной реализацией на компьютере. В диссертационных исследованиях содержится несколько разноплановых задач технической термодинамики и теплопередачи, объединенных общим подходом к их решению на основе геометрических интерполянтов многомерного аффинного пространства, каждая из которых имеет отдельное прикладное значение, что подтверждает важность проведения исследований для выбранной отрасли. Также актуальным для научных исследований и практического использования является развитие численных методов решения дифференциальных уравнений в частных производных для проведения вычислительных экспериментов и развития систем автоматизированного проектирования и расчета, к которым относится предложенный в работе метод решения неоднородных уравнений теплопроводности с обобщением на многомерное пространство путем их аппроксимации с помощью геометрических интерполянтов.

### **Основные научные результаты и их значимость для науки и производства**

Основные научные результаты, полученные автором, включают вычислительные алгоритмы геометрического моделирования многофакторных тепломассообменных процессов, состоящие из моделирования параметров физического состояния теплоносителя различного технического назначения, моделирования и оптимизации конструктивных и эксплуатационных характеристик жаротрубных котлоагрегатов, решения неоднородного уравнения теплопроводности однородного стержня, а также комплекс проблемно-ориентированных программ для проведения вычислительных экспериментов.

Научная новизна полученных результатов заключается в следующем:

– получила дальнейшее развитие теория многомерной интерполяции, которая является основой создания вычислительных алгоритмов интерпретации

результатов натуральных экспериментов на основе математических моделей многофакторных тепломассообменных процессов;

– разработаны с помощью многомерной интерполяции вычислительные алгоритмы моделирования дискретизированных двухфакторных тепломассообменных процессов и проведен вычислительный эксперимент на примере моделирования физического состояния теплоносителя различного технического назначения;

– разработаны вычислительные алгоритмы и программные средства для проведения вычислительных экспериментов по моделированию и оптимизации конструктивных и эксплуатационных характеристик жаротрубных котлоагрегатов, что позволяет усовершенствовать процесс их проектирования и эксплуатации;

– предложен способ аппроксимации решения неоднородного уравнения теплопроводности однородного стержня с помощью геометрических интерполянтов.

Практическая ценность проведенных исследований заключается в решении ряда инженерных задач технической термодинамики и теплопередачи с помощью многомерной интерполяции и подтверждается внедрением результатов в практику проектирования систем вентиляции и кондиционирования воздуха жилых и общественных зданий и в учебный процесс ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры».

### **Обоснованность и достоверность научных положений и выводов**

Обоснованность и достоверность научных положений и выводов обеспечивается: общей непротиворечивостью теоретических положений настоящей работы известным теоретическим положениям; адекватностью логической структуры, предложенных в работе вычислительных алгоритмов и выводов; результатами большого количества вычислительных экспериментов с использованием математического аппарата БН-исчисления и современного инструментария вычислительной математики, теории математического

моделирования, теории дифференциальных уравнений, теории планирования эксперимента и математической статистики.

Достоверность также подтверждается сопоставлением результатов решения неоднородного уравнения теплопроводности однородного стержня, полученных с помощью оригинальной авторской модели, с результатами решения этого же уравнения методом разделённых переменных с помощью научной визуализации путём взаимного наложения полученных отсеков поверхности отклика. При этом в диссертационной работе достаточно корректно сделаны отсылки к авторам и коллективам, результаты работы которых использовал соискатель как при получении, так и при верификации результатов собственных исследований.

Наконец, обоснованность и достоверность выводов подтверждается достаточно обширной апробацией результатов исследований в научной и профессиональной среде, в том числе на международных и республиканских научно-практических конференциях по профилю проведенных исследований. По результатам проведенных исследований соискателем опубликовано 11 научных трудов, в том числе, 5 – в рецензируемых научных журналах и изданиях, входящих в перечень ВАК Российской Федерации и Донецкой Народной Республики, 3 – по материалам научных конференций.

### **Рекомендации по использованию результатов и выводов по диссертации**

Предлагаются следующие перспективы использования разработанных методов, алгоритмов и программного обеспечения.

1. Для разработки систем автоматизированного проектирования и расчета инженерных систем вентиляции и кондиционирования, процессов нагрева, охлаждения и осушки воздуха.

2. Для усовершенствования процесса проектирования и расчета жаротрубных котлоагрегатов путем моделирования зависимости невязки теплового баланса жаротрубного котлоагрегата от количества конвективных труб и их внутреннего диаметра.

3. Для усовершенствования процесса проектирования жаротрубных котлоагрегатов с учетом конструктивных и эксплуатационных характеристик.

4. Для численного моделирования физического состояния теплоносителей различного технического назначения, в особенности для тех, которые имеют сложную реологическую структуру.

### **Замечания по работе**

По содержанию диссертации и автореферата имеются следующие замечания.

1. Требуется уточнения формулировка 1-го и 2-го пунктов научной новизны. Термин «обоснование» относится к верификации результатов научных исследований, а речь идет о разработанных автором новых вычислительных алгоритмах.

2. В первом разделе диссертации выполнен анализ существующих методов многомерной интерполяции и аппроксимации. Следовало бы уделить больше внимания рассмотрению численных методов решения задач математической физики, которые также широко применяются в системах автоматизированного проектирования и расчета теплообменных процессов.

3. В третьем разделе диссертации представлена блок-схема вычислительного алгоритма моделирования процессов, состоящих из  $n$  отсеков, однако в описании алгоритма и в работе отсутствуют рекомендации по выбору количества дискретизированных отсеков и их формы, что в значительной мере может повлиять на результат моделирования.

4. Представленный в работе метод численного решения неоднородного уравнения теплопроводности однородного стержня рассмотрен в сравнении только с методом Фурье (методом разделения переменных), хотя имеется множество других численных методов решения, в частности, метод конечных разностей. Каковы преимущества предложенного метода численного решения по сравнению с существующими аналогами?

## Заключение

Диссертационная работа является завершённой научно-исследовательской работой, содержащей важные теоретические и практические положения, обладает научной новизной и практической значимостью, соответствует научной специальности 05.13.18 – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ (технические науки), полностью отвечает требованиям п. 2.2 Положения о присуждении ученых степеней, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор, *Воронова Ольга Сергеевна*, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.18 – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ (технические науки).

Отзыв обсужден и одобрен на заседании кафедры «Информатика и программное обеспечение» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Брянский государственный технический университет» 17 февраля 2020 г., протокол № 6.

Доктор технических наук, доцент,  
заместитель первого проректора по учебной работе,  
профессор кафедры «Информатика и программное обеспечение»  
ФГБОУ ВО «Брянский государственный технический университет»

Захарова Алёна Александровна

Доктор технических наук по специальности 05.13.01 – Системный анализ, управление и обработка информации

Адрес:

241035, Россия, Брянская область, г. Брянск, бульвар 50 лет Октября, 7

тел./факс: +7 (4832) 56 09 84

E-mail: [zaa@tu-bryansk.ru](mailto:zaa@tu-bryansk.ru)



Я, Захарова Алёна Александровна, даю свое согласие на автоматизированную обработку персональных данных, приведенных в этом документе.

Захарова А.А.

Кандидат технических наук, доцент,  
заведующий кафедрой «Информатика и программное обеспечение»,  
ФГБОУ ВО «Брянский государственный технический университет»

Подвесовский Александр Георгиевич

Кандидат технических наук по специальности 05.13.18 – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ

Адрес:

241035, Россия, Брянская область, г. Брянск, бульвар 50 лет Октября, 7  
тел./факс: +7 (4832) 56 09 84  
E-mail: apodv@tu-bryansk.ru

Я, Подвесовский Александр Георгиевич, даю свое согласие на автоматизированную обработку персональных данных, приведенных в этом документе.

Подвесовский А.Г.

