

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА

Д 212.298.14, СОЗДАННОГО НА БАЗЕ Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 24.12.2018 года, № 46

О присуждении Кривоногову Алексею Александровичу, гражданину РФ, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Система компьютерного моделирования и оптимизации вихревого течения на основе вычислительного метода трансформации сигнала» по специальности 05.13.18 – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ, технические науки, принята к защите 15 октября 2018 года, (протокол заседания № 46/п) диссертационным советом Д 212.298.14, созданным на базе Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, 454080, г. Челябинск, пр. В.И. Ленина, д. 76, приказ Министерства образования и науки РФ от 11 апреля 2012 года № 105/нк.

Соискатель Кривоногов Алексей Александрович, 31 мая 1989 года рождения. В 2013 году соискатель окончил Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Южно-Уральский государственный университет» (национальный исследовательский университет) по специальности «Ракетостроение», с квалификацией «инженер». Соискатель работает инженером-исследователем на кафедре летательных аппаратов в Федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации. В 2016 году соискатель окончил очную аспирантуру при кафедре летательных аппаратов Федерального государственного автономного образовательного учреждения выс-

шого образования «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)» Министерства образования и науки Российской Федерации.

Диссертация выполнена на кафедре летательных аппаратов Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный руководитель – доктор технических наук, доцент Карташев Александр Леонидович, декан аэрокосмического факультета, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)».

Официальные оппоненты:

Ячиков Игорь Михайлович, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры вычислительной техники и программирования, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»;

Салич Василий Леонидович, кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник научно-исследовательского сектора отдела перспективных разработок, Акционерное Общество «Научно-исследовательский институт машиностроения», Госкорпорация «РОСКОСМОС» дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский политехнический университет», г. Москва, в своем положительном отзыве, подписанном Марюшиным Леонидом Александровичем, кандидатом технических наук, доцентом, заведующим кафедрой «Промышленная теплоэнергетика», Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский политехнический университет», указала, что диссертация является законченной научно-квалификационной работой, в которой содержится решение актуальной научной задачи, вносящей вклад в развитие методов математического моделирования гидродинамических течений, оптимизации и обработки сигналов для решения практических задач в различных областях исследований, где наблюдается эффект Кармана. Результаты диссертации являются новыми, строго обоснованными, практически подтвержденными, внедренными в промышленное предприятие и получены автором самостоятельно.

Соискатель имеет 15 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 12 работ, из них в рецензируемых научных изданиях опубликованы 5 работ, в изданиях, входящих в международные реферативные базы данных Scopus и Web of Science, опубликованы 2 работы, получено 2 свидетельства о регистрации программы для ЭВМ. В диссертацию включены результаты, полученные автором лично, авторский вклад составляет 2,7 п.л. В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем ученой степени работах. Наиболее значимые научные работы соискателя по теме диссертации:

1. Кривоногов, А.А. Математическая модель трансформации параметров плоского течения в пространственные и метод оптимизации на ее основе / А.А. Кривоногов // Вестник ЮУрГУ. Серия: «Машиностроение». – 2017. – Т. 17, № 2. – С. 38-49. (ВАК)
2. Кривоногов, А.А. Математическая модель трансформации двумерного течения в проточном тракте вихревого расходомера в трехмерное течение / А.А. Кривоногов, А.Л. Карташев // Вестник ЮУрГУ. Серия: «Компьютерные технологии, управление, радиоэлектроника». – 2017. – Т. 17, № 2. – С. 93-102. (ВАК)
3. Krivonogov, A.A. Mathematical modeling of vortex generation process in the flowing part of the vortex flowmeter and selection of an optimal turbulence model / A.A. Krivonogov, A.L. Kartashev // Bulletin of the South Ural State University. Ser. Mathematical Modelling, Programming & Computer Software. – 2016. – Vol. 9, № 4. – P. 117-128. (ВАК, SCOPUS, WoS)
4. Кривоногов, А.А. Исследование пространственных гидрогазодинамических эффектов в проточной части вихревого расходомера / А.А. Кривоногов, А.Л. Карташев // Вестник ЮУрГУ. Серия: «Машиностроение». – 2015. – Т. 15, № 4. – С. 5-13. (ВАК)
5. Кривоногов, А.А. Использование численных методов моделирования при разработке вихревых расходомеров / В.Д. Богданов, А.В. Колюхов, А.А. Кривоногов, Е.В. Сафонов, В.А. Дорохов // Датчики и системы, 2012. – №8(159). – С. 40-43. (ВАК)
6. Krivonogov, A.A. Mathematical Model of Transformation Plane Flow to Spatial One / A.L. Kartashev, A.A. Krivonogov // Industrial Engineering, Applications and Manufacturing (ICIEAM), 2017 International Conference on. – Saint Petersburg: IEEE publ. – № 8076454, P. 1–5. (SCOPUS)

На диссертацию и автореферат поступили отзывы:

1. Модорского Владимира Яковлевича, доктора технических наук, доцента, профессора кафедры «Механика композиционных материалов и конструкций», ФГБОУ

ВО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет». Отзыв положительный, без замечаний.

2. Савельева Сергея Сергеевича, кандидата технических наук, заместителя генерального директора ООО «Челябинский компрессорный завод». Отзыв положительный, в качестве замечания указано, что на рисунке 2 представлены спектры пульсаций давления в точке, которая расположена на пересечении осей сенсора и проточной части, но на рисунке 1 ось сенсора не показана.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их достижениями в области математического моделирования турбулентных течений, численных методов оптимизации и обработки сигналов, в исследовании систем компьютерного моделирования и комплексов программ, в применении математического моделирования в решении технических задач, что подтверждается представленными публикациями.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований: разработана новая система компьютерного моделирования и оптимизации формы проточной части вихревого расходомера для турбулентного течения с эффектом Кармана на основе вычислительного алгоритма трансформации сигнала двумерного течения в параметры трехмерного, ускоряющая вычислительный процесс в 40 – 50 раз, относительно метода, основанного на трехмерной математической модели;

предложены и реализованы в виде комплекса программ оригинальный вычислительный метод восстановления параметров сигнала трехмерного течения по характеристикам двумерного потока, содержащий новую аналитическую формулу трансформации частоты сигнала, эффективный двухэтапный метод аппроксимации сигнала, сокращающий количество расчетных итераций, и численный метод оптимизации формы проточной части с течением Кармана на основе целевой функции, предложенной соискателем;

доказана перспективность использования предложенной системы компьютерного моделирования для исследования вихревых течений Кармана и оптимизации формы проточной части вихревого расходомера, доказано наличие закономерности между параметрами сигнала, получаемыми из двумерного и трехмерного расчетов;

введены новые понятия: двухэтапный метод обработки и восстановления сигнала и функция трансформации сигнала.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

Доказана эффективность методики замещения трехмерного моделирования вихревого течения на двумерное за счет перехода от конечно-элементной модели к параметрам выходного сигнала с помощью вычислительного метода трансформации и последующей оптимизации формы проточной части на двумерной модели, расширяющей возможности математического моделирования гидродинамических течений Кармана; применительно к проблематике диссертации результативно (эффективно, то есть с получением обладающих новизной результатов) использованы теории отрывных течений и пограничного слоя, методы математического моделирования турбулентных течений, обработки дискретных сигналов и поиска оптимальных решений; изложены функциональная структура предложенной системы, этапы работы нового вычислительного метода восстановления параметров сигнала трехмерного течения по значениям двумерного и метода оптимизации проточной части; раскрыты новые возможности математического моделирования гидродинамических течений Кармана в двумерной постановке для исследования и оптимизации трехмерных течений с помощью предложенной системы компьютерного моделирования; изучены свойства моделей турбулентности, характеристики течения Кармана в двумерной и трехмерной постановке, функциональные связи параметров сигнала двумерного и трехмерного течений, методы оптимизации формы проточной части; проведена модернизация существующего вычислительного метода обработки периодического сигнала, основанного на быстром преобразовании Фурье, обеспечивающая сокращение расчетных итераций в несколько раз;

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

Разработана и внедрена новая система компьютерного моделирования и оптимизации вихревого течения на основе вычислительного метода трансформации сигнала в деятельности АО «ПГ «Метран», используемая для разработки новых, перспективных расходомеров марки Rosemount, в качестве программного обеспечения для оптимизации проточных частей вихревых и вихреакустических расходомеров, а также подробного анализа процессов вихреобразования в проточной части, о чем свидетельствует акт внедрения результатов диссертационного исследования;

определены перспективы практического применения предложенной системы компьютерного моделирования для решения задач оптимизации формы проточных частей различных устройств, например: вихревых расходомеров, клапанов, защитных гильз датчиков температуры и др.; целесообразность использования системы по сравнению с существующими подходами исходя из критериев ускорения вычислений и точности получаемых результатов;

создан комплекс программ «Вихрь – 2D», реализующий разработанную систему компьютерного моделирования и оптимизации, работающий совместно с программным пакетом вычислительной гидрогазодинамики ANSYS CFX;

представлены методические рекомендации по использованию системы компьютерного моделирования в качестве высокоэффективного инструмента для исследования рабочих процессов в устройствах с вихревым течением Кармана и оптимизации формы проточной части в различных областях исследований;

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

для экспериментальных работ результаты получены на сертифицированном испытательном оборудовании, проливочной установке «МЕТРАН – УПА – 2000», которая соответствует требованиям вторичного эталона;

теория построена на основе известных методов вычислительной гидродинамики, Фурье анализа, минимизации среднеквадратичного отклонения на основе метода Ньютона и методе вращающихся координат Розенброка;

идея базируется на анализе результатов вычислительных и натуральных экспериментов, оценке эффективности применения двумерной модели по сравнению с трехмерной;

использовано сравнение результатов моделирования в предложенной системе с данными трехмерного моделирования и натурным экспериментом, при этом установлено качественное и количественное соответствие результатов моделирования экспериментальным данным;

использованы современные компьютерные технологии при моделировании турбулентных течений, обработки и восстановления дискретных сигналов и выполнении алгоритма оптимизации проточной части.

Личный вклад соискателя состоит в: разработке системы компьютерного моделирования вихревого течения Кармана, содержащей новый вычислительный метод трансформации параметров сигнала двумерного вихревого течения в характеристики сигнала трехмерного потока и математический метод оптимизации проточной части

вихревого расходомера, реализованных в виде комплекса программ на языке C++ и Fortran, проведении вычислительных и натурных экспериментов, апробации результатов и подготовке публикаций по выполненной работе, внедрении в деятельность промышленного предприятия АО «ПГ «Метран».

Диссертационный совет пришёл к выводу о том, что диссертация представляет собой завершённую научно-квалификационную работу, которая направлена на развитие численных методов обработки сигналов, методов математического моделирования и оптимизации проточных частей устройств с течением Кармана, в том числе вихревых расходомеров. Диссертационная работа содержит оригинальные результаты одновременно из трех областей – математическое моделирование, численные методы и комплексы программ, предлагаемые методы могут быть использованы в различных предметных областях. По своему содержанию диссертация отвечает паспорту специальности 05.13.18 – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ в части: разработки систем компьютерного и имитационного моделирования; разработки, обоснования и тестирования эффективных вычислительных методов с применением современных компьютерных технологий; реализация эффективных численных методов и алгоритмов в виде комплексов проблемно-ориентированных программ для проведения вычислительного эксперимента.

На заседании 24 декабря 2018 года диссертационный совет принял решение присудить Кривоногову Алексею Александровичу ученую степень кандидата технических наук. При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 19 человек, из них 7 докторов наук по специальности и отрасли наук рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 24 человек, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту 0 человек, проголосовали: «за» – 19, «против» – нет, недействительных бюллетеней – нет.

Председатель заседания диссертационного совета

А.Л. Шестаков

Ученый секретарь диссертационного совета

А.В. Келлер

Дата оформления заключения «24» декабря 2018 г.

