

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА**  
**Д 212.278.02, созданного на базе ФГБОУ ВО «Ульяновский**  
**государственный университет» Министерства науки и высшего**  
**образования Российской Федерации, по диссертации на соискание ученой**  
**степени кандидата наук**

аттестационное дело № \_\_\_\_\_  
решение диссертационного совета от 27.12.2019 г. № 16

О присуждении Ефременкову Ивану Валерьевичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Моделирование и расчет взаимодействия вращающихся упругих винтов с газами» по специальности 05.13.18 – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ принята к защите 23 октября 2019 г. (протокол заседания № 10/2) диссертационным советом Д 212.278.02, созданным на базе ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный университет» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, 432970, г. Ульяновск, ул. Л. Толстого, д. 42, утвержденным приказом Федеральной службы по надзору в сфере образования и науки (Рособрнадзор) Министерства образования и науки Российской Федерации № 2249-1527 от 02.11.2007 г.

Соискатель Ефременков Иван Валерьевич, 1989 года рождения, в 2013 году окончил ФГБОУ ВПО «Ульяновский государственный университет» по специальности «Моделирование и исследование операций в организационно-технических системах»; в 2016 году окончил обучение в аспирантуре очной формы обучения ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный университет» по специальности 05.13.18 – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

И.В. Ефременков работает в должности старшего преподавателя на кафедре математическое моделирование технических систем ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный университет», младший научный сотрудник Центра

Компетенций «Цифровое производство высокотехнологических изделий в машиностроении» ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный университет».

Диссертация выполнена на кафедре математическое моделирование технических систем в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Ульяновский государственный университет» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный руководитель – Леонтьев Виктор Леонтьевич, доктор физико-математических наук, профессор, работает в должности ведущего научного сотрудника Инжинирингового центра ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого»; а также работает профессором кафедры математическое моделирование технических систем в ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный университет» (по совместительству).

Официальные оппоненты:

1. Блинков Юрий Анатольевич - доктор физико-математических наук, доцент, ФГБОУ ВО «Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского», кафедра математического и компьютерного моделирования, заведующий кафедрой;

2. Попов Виктор Сергеевич - доктор технических наук, профессор, ФГБОУ ВО «Саратовский государственный технический университет имени Ю.А. Гагарина», кафедра прикладной математики и системного анализа, профессор кафедры,

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ», в своем положительном отзыве, подписанным Неделько Дмитрием Валерьевичем – доктором технических наук, доцентом кафедры «Вертолетостроение» КНИТУ-КАИ, Носовым Александром Александровичем – кандидатом технических наук, доцентом, и.о. заведующим кафедрой «Аэрогидродинамики» КНИТУ-КАИ и утвержденным Михайловым Сергеем Анатольевичем – доктором технических наук, профессором, проректором по научной и инновационной деятельности КНИТУ-КАИ, отметила, что материал диссертации изложен последовательно,

выводы логически обоснованы. Соблюдается целостность и последовательность изложения материала. На основании результатов исследования, можно сделать вывод, что цель работы - в создании и исследовании математических моделей динамического взаимодействия упругих винтов с окружающей средой с использованием конечно-элементного расчета, а также программной среды, реализующей эти модели и алгоритм – была достигнута.

Новизна и достоверность полученных результатов заключается в следующем:

- в создании и исследовании метода математического моделирования динамических процессов аэроупругости.
- в разработке нового конечного элемента с использованием ортогональных финитных функций.
- в формировании структуры программной среды, реализующей работу нового метода с разработанным конечным элементом, направленной на решение актуальных задач.

Достоверность представленных в диссертации результатов подтверждается корректным применением математического аппарата, корректным использованием методов моделирования, численных методов и методов программирования.

Теоретическая значимость работы заключается в разработке новых континуальных и дискретных моделей упругих тел для динамического взаимодействия с окружающей их средой, а также в создании нового конечного элемента на основе ортогональных финитных функций.

Практическая значимость работы заключается в возможностях применения нового метода для поиска и определения влияния резонансных колебаний на прочностные характеристики упругих тел.

Результаты диссертационной работы могут также быть рекомендованы для проектирования лопастей воздушных и гребных винтов для сокращения цикла производства и снижения себестоимости изделий. При этом метод и программная среда обладают преимуществами в направлении развития их программного оснащения, что позволит расширить область применения при решении актуальных задач, в том числе и для лопастей турбинных двигателей.

В отзыве ведущей организации отмечено, что диссертационная работа является законченной научно-исследовательской работой, выполненной на

высоком профессиональном уровне и на актуальную тему. Результаты, полученные диссертантом, являются новыми, имеют теоретическую и практическую значимость. Приведенные факты являются достоверными. Диссертант свободно владеет методами математического моделирования, а также численными методами решения задач и программными средствами. Диссертация соответствует паспорту специальности 05.13.18 – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ». Автореферат правильно отражает основное содержание диссертации. Диссертация «Моделирование и расчет взаимодействия вращающихся упругих винтов с газами», представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук, соответствует пп. 9-11, 13, 14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением правительства РФ от 24.09.2013 г. № 842, а её автор, Ефременков Иван Валерьевич, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.18 – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ».

Соискатель имеет 14 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации 14 работ, из них 6 опубликованы в рецензируемых научных изданиях из перечня ВАК; 1 работа опубликована в рецензируемом издании, входящем в систему цитирования Scopus; 4 работы опубликованы в прочих научных изданиях; 1 учебно-методическое пособие и 2 свидетельства о государственной регистрации программы для ЭВМ. Опубликованные работы полностью отражают содержание диссертации.

Общий объем работ по теме диссертации – 4,8 печатных листа, вклад соискателя – не менее 90%.

Наиболее значимые научные работы соискателя по теме диссертации:

1) Леонтьев В. Л., Ефременков И. В. О взаимодействии упругих лопастей вращающегося винта с газовой средой // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. - 2012. – Т. 14, № 4(2). С. 644-646.

2) Леонтьев В. Л., Ефременков И. В. О моделировании резонанса вращающегося вертолетного винта // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. - 2013. – Т. 15, № 4(3). С. 698-701.

3) Горбунов И. В., Ефременков И. В., Леонтьев В. Л., Гисметулин А. Р. Особенности моделирования процессов механической обработки в САЕ-системах // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2013. – Т. 15, № 4(4). – С. 846–853.

4) Гисметулин А. Р., Ефременков И. В., Горбунов И. В. Разработка препроцессора для моделирования операций механообработки в САЕ системе Ls-Dyna // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. - 2014. – Т. 16, № 1(5). С. 1338-1342.

5) Leontiev V.L, Efremenkov I.V., Finite element modeling and investigation of elastic homogeneous and heterogeneous materials // «Materials physics and mechanics». – 2019. – Т.42. – N.3. – P.340-350 (Scopus).

На диссертацию и автореферат поступили отзывы от:

1. Сорокина Михаила Юрьевича, кандидата технических наук, ведущего инженера отдела по науке и инновационному развитию акционерного общества «Аэроприбор-Восход». Отзыв на автореферат положительный, с замечаниями:

- не приведено обоснование выбора модели турбулентности k-epsilon;
- не отражено значение шероховатости лопастей при проведении моделирования и влияние указанной шероховатости на получаемые результаты.

2. Федорова Дмитрия Леонидовича, кандидата технических наук, начальника управления программ, ученого секретаря НТС, Семенова Алексея Владимировича, кандидата технических наук, начальника ТРБ-1 акционерного общества «Ульяновское конструкторское бюро приборостроения». Отзыв на автореферат положительный, с замечаниями:

- отсутствует математическое описание континуальной модели окружающего пространства и ее взаимодействия с упругим телом;
- в работе не приведены графические результаты применения нового конечного элемента;
- не представлены технические возможности разработанной программной среды.

3. Постнова Вячеслава Иванович, доктора технических наук, доцента, заместителя начальника филиала по науке Ульяновского научно-технологического центра федерального государственного унитарного



предприятия «Всероссийский научно-исследовательский институт авиационных материалов». Отзыв на автореферат положительный, с замечаниями:

- на графиках (рис. 14) вследствие мелкого шрифта и неточности изображения трудно оценить параметры, приведенные там;
- стр. 13 непонятен термин «изготовлении винта из спрессованных досок», т.к. прессование относится, в основном, к композитам;
- так как лопасть винта должна обладать хорошими аэродинамическими свойствами, то почему в работе стр. 17 рекомендована «... установка дополнительных конструктивных элементов на ее поверхности для увеличения прочностных показателей».

4. Илюшкина Максима Валерьевича, кандидата технических наук, заместителя генерального директора по науке акционерного общества «Ульяновский научно-исследовательский институт авиационных технологий». Отзыв на автореферат положительный, с замечаниями:

- в автореферате приведено уравнение Навье-Стокса, не понятно, какое уравнение состояние использовалось при расчетах?;
- почему выбрана программа Ansys, а не к примеру Is-dyna, которая на данный момент тоже может проводить аналогичные расчеты?

5. Павликова Сергея Владимировича, доктора физико-математических наук, доцента, профессора кафедры информационных систем Набережночелнинского филиала федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ». Отзыв на автореферат положительный, с замечаниями:

- актуальность приведена на основе проведенного исследования научных источников, однако требуется добавить и экспериментальные данные;
- в работе не предоставлены этапы работы программной среды на каждом шаге решения актуальных технических задач.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их высокой квалификацией в области математического моделирования и теории устойчивости, наличием публикаций в соответствующей сфере исследований и способностью определить научную ценность диссертации.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

- разработаны новые конечно-элементные модели связанных задач динамического взаимодействия сложных конструкций упругих тел с окружающей средой;

- проведен теоретический и численный анализ существующих алгоритмов конечно-элементного моделирования и решения задач аэроупругости;

- предложены новые конечные элементы, порождающие новые конечно-элементные модели, на основе которых создан, исследован и применен модифицированный метод конечных элементов решения задач теории упругости;

- создан комплекс программ, отличающийся от известных аналогов возможностью проведения исследования динамики упругого тела в газовой среде с более высокой точностью за счет применения новых моделей. Применение ортогональных финитных функций в комплексе программ позволило сократить время проектирования упругих винтов.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

- построены новые конечные элементы на основе ортогональных финитных функций, определяющие новые конечно-элементные модели;

- разработан модифицированный, на основе новых конечных элементов, численный метод решения двумерных и трехмерных задач теории упругости.

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

- разработана новая программная реализация математических моделей взаимодействия вращающихся упругих винтов с газами и методов их расчета;

- разработаны и применены для решения актуальных технических задач новые конечно-элементные модели взаимодействия вращающихся упругих винтов с газами;

- разработаны и программно реализованы конечные элементы для решения задач теории упругости с использованием ортогональных финитных функций:

1. Леонтьев В.Л., Ефременков И.В. Конечный элемент на основе ортогональных финитных функций для решения плоских задач теории упругости в комплексе программ ANSYS. Свидетельство о государственной регистрации

программы для ЭВМ №2016660994. Дата рег.: 27.09.2016. Заявка № 2016616254 от 16.06.2016;

2. Ефременков И.В., Леонтьев В.Л. Конечный элемент на основе ортогональных финитных функций для решения трехмерных задач теории упругости в комплексе программ ANSYS. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2018666901. Дата рег.: 24.12.2018. Заявка № 2018664539 от 14.12.2018;

- *создан* комплекс программ, позволяющий моделировать и проводить расчет взаимодействия вращающегося упругого винта с газами.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

- *адекватность и корректность* постановок задач, математических методов их исследования, аналитических и численных методов расчета;

- *использованы* адекватные континуальные и дискретные модели упругого тела, окружающего пространства и их взаимодействия;

- *установлено* соответствие практических результатов, представленных в диссертации, результатам экспериментов.

Личный вклад соискателя состоит в разработке и программной реализации новых конечных элементов, связанных с ортогональными финитными функциями, а также связанных с ними конечно-элементных моделей и алгоритмов, в разработке программного комплекса для реализации представленного численного метода, в решении актуальных технических задач.

Диссертация Ефременкова И.В. является самостоятельно выполненной научно-квалификационной работой, в которой представлен ряд новых результатов по исследованию процессов взаимодействия вращающихся упругих винтов с газами. Представленные в диссертации результаты существенно дополняют и развивают на примере связанной системы винт-газ известные численные методы математического моделирования и расчета сложных технических конструкций и свидетельствуют о личном вкладе соискателя в науку. Диссертация обладает единым стилем изложения материала и логичностью выводов.

Представленная диссертационная работа соответствует критериям, которым должны отвечать диссертации на соискание ученых степеней, изложенным в п. 9, 10, 11, 13, 14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного



постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г., № 842, предъявляемым к кандидатским диссертациям (в ред. Постановления Правительства РФ от 01 октября 2018 г. № 1168), а ее автор Ефременков Иван Валерьевич заслуживает присуждения искомой ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.18 – математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

На заседании 27.12.2019 г. диссертационный совет принял решение присудить Ефременкову Ивану Валерьевичу ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 18 человек, из них 6 докторов наук по специальности 05.13.18 – математическое моделирование, численные методы и комплексы программ (технические науки), участвовавших в заседании, из 27 человек, входящих в состав совета, (дополнительно введенных на защиту не было), проголосовали: за – 17, против – нет, недействительных бюллетеней – 1.

Председатель  
диссертационного совета  
Д 212.278.02



Полянсков Юрий Вячеславович

Ученый секретарь  
диссертационного совета  
Д 212.278.02  
27.12.2019 г.



Волков Максим Анатольевич