

СВЕДЕНИЯ О РЕЗУЛЬТАТАХ ПУБЛИЧНОЙ ЗАЩИТЫ ДИССЕРТАЦИИ

Диссертационный совет Д 212.267.13, созданный на базе федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет», извещает о результатах состоявшейся 25 декабря 2015 года публичной защиты диссертации Яковлева Игоря Александровича «Моделирование НДС механических систем с нелинейными свойствами в сложных условиях нагружения» по специальности 01.02.04 – Механика деформируемого твердого тела на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук

Время начала заседания: 14.30

Время окончания заседания: 16.10

На заседании присутствовали 22 из 26 членов диссертационного совета, из них 8 докторов наук по специальности 01.02.04 – Механика деформируемого твердого тела:

1.	Христенко Юрий Федорович, заместитель председателя диссертационного совета	д-р техн. наук	01.02.04
2.	Васенин Игорь Михайлович, заместитель председателя диссертационного совета	д-р физ.-мат. наук	01.02.05
3.	Пикущак Елизавета Владимировна, ученый секретарь диссертационного совета	канд. физ.-мат. наук	01.02.05
4.	Архипов Владимир Афанасьевич	д-р физ.-мат. наук	01.02.05
5.	Биматов Владимир Исмагилович	д-р физ.-мат. наук	01.02.05
6.	Бутов Владимир Григорьевич	д-р физ.-мат. наук	01.04.14
7.	Ворожцов Александр Борисович	д-р физ.-мат. наук	01.02.05
8.	Герасимов Александр Владимирович	д-р физ.-мат. наук	01.02.04
9.	Глазунов Анатолий Алексеевич	д-р физ.-мат. наук	01.02.05
10.	Глазырин Виктор Парфирьевич	д-р физ.-мат. наук	01.02.04
11.	Зелепугин Сергей Алексеевич	д-р физ.-мат. наук	01.02.04
12.	Крайнов Алексей Юрьевич	д-р физ.-мат. наук	01.04.14
13.	Люкшин Борис Александрович	д-р техн. наук	01.02.04
14.	Макаров Павел Васильевич	д-р физ.-мат. наук	01.02.04
15.	Прокофьев Вадим Геннадьевич	д-р физ.-мат. наук	01.04.14
16.	Скрипняк Владимир Альбертович	д-р физ.-мат. наук	01.02.04
17.	Старченко Александр Васильевич	д-р физ.-мат. наук	01.04.14
18.	Тимченко Сергей Викторович	д-р физ.-мат. наук	01.02.05
19.	Черепанов Олег Иванович	д-р физ.-мат. наук	01.02.04
20.	Шрагер Геннадий Рафаилович	д-р физ.-мат. наук	01.02.05
21.	Шрагер Эрнст Рафаилович	д-р физ.-мат. наук	01.04.14
22.	Якутенок Владимир Альбертович	д-р физ.-мат. наук	01.02.05

Заседание провёл заместитель председателя диссертационного совета доктор технических наук, старший научный сотрудник Христенко Юрий Федорович.

По результатам защиты диссертации тайным голосованием (результаты голосования: за присуждение ученой степени – 21, против – 1, недействительных бюллетеней – нет) диссертационный совет принял решение присудить И.А. Яковлеву учёную степень кандидата физико-математических наук.

Заключение диссертационного совета Д 212.267.13
на базе федерального государственного автономного образовательного
учреждения высшего образования
«Национальный исследовательский Томский государственный университет»
Министерства образования и науки Российской Федерации
по диссертации на соискание ученой степени кандидата наук
аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 25.12.2015 г., № 247

О присуждении **Яковлеву Игорю Александровичу**, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация **«Моделирование НДС механических систем с нелинейными свойствами в сложных условиях нагружения»** по специальности **01.02.04** – Механика деформируемого твердого тела принята к защите 19.10.2015 г., протокол № 238, диссертационным советом **Д 212.267.13** на базе федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет» Министерства образования и науки Российской Федерации (634050, г. Томск, пр. Ленина, 36, приказ о создании диссертационного совета № 203-161 от 08.02.2008 г.).

Соискатель **Яковлев Игорь Александрович**, 1989 года рождения.

В 2012 году соискатель окончил федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет».

В 2015 году соискатель очно окончил аспирантуру федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет».

Работает в должности лаборанта кафедры механики деформируемого твердого тела в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет» Министерства образования и науки Российской Федерации.

Диссертация выполнена на кафедре механики деформируемого твердого тела федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет» Министерства образования и науки Российской Федерации.

Научный руководитель – доктор физико-математических наук, **Скрипняк Владимир Альбертович**, федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет», кафедра механики деформируемого твердого тела, заведующий кафедрой.

Официальные оппоненты:

Колупаева Светлана Николаевна, доктор физико-математических наук, профессор, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Томский государственный архитектурно-строительный университет», кафедра прикладной математики, заведующий кафедрой

Баяндин Юрий Витальевич, кандидат физико-математических наук, федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт механики сплошных сред Уральского отделения Российской академии наук, лаборатория физических основ прочности, научный сотрудник

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – федеральное государственное бюджетное учреждение науки **Институт механики Уральского отделения Российской академии наук**, г. Ижевск, в своем положительном заключении, подписанном **Вахрушевым Александром Васильевичем** (доктор физико-математических наук, профессор, базовая кафедра «Нанотехнологии и микросистемная техника», заведующий кафедрой) и **Шелковниковым Евгением Юрьевичем** (доктор физико-математических наук, профессор, лаборатория информационно-измерительных систем, заведующий лабораторией), указала, что актуальность темы диссертации обусловлена необходимостью развития перспективных подходов и методов численного моделирования нестационарных сопряженных термомеханических процессов в механических системах с нелинейными

свойствами для более точного прогнозирования НДС элементов конструкций в условиях воздействия высокотемпературных рабочих сред. Разработанная физико-математическая модель и вычислительная методика прогнозирования механического поведения твердых тел в сложных неизотермических условиях нагружения расширяют возможности численного исследования закономерностей эволюции сопряженных термомеханических процессов в сложных механических системах с учетом нелинейного поведения материалов. Разработанный подход и вычислительная методика могут быть использованы при решении задач прогнозирования прочности и долговечности деталей и узлов в устройствах энергетического и нефтегазового машиностроения, эксплуатация которых сопровождается значительным разогревом.

Соискатель имеет 10 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации – 10 работ, опубликованных в рецензируемых научных изданиях – 5, в сборниках материалов международных и всероссийских научных и научно-практических конференций – 5. Общий объем публикаций – 5,13 п.л., авторский вклад – 1,88 п.л.

Наиболее значительные работы по теме диссертации, опубликованные в журналах, включенных в Перечень российских рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученых степеней доктора и кандидата наук:

1. **Яковлев И. А.** Математическое моделирование сложных технических объектов с нелинейными свойствами на примере исследования надежности конструкции реактора фильтрационного горения газов / И. А. Яковлев, В. А. Скрипняк // Вестник Томского государственного университета. Математика и механика. – 2015. – № 3 (35). – С. 87–106. – 1,62 / 0,81 п.л.

2. **Яковлев И. А.** Математическое моделирование процесса получения синтез-газа в реакторе фильтрационного горения при повышенных давлениях / И. А. Яковлев, С. Д. Замбалов, В. А. Скрипняк // Вестник Томского государственного университета. Математика и механика. – 2014. – № 6 (32). – С. 103–120. – 1,46 / 0,49 п.л.

3. **Яковлев И. А.** Сопряженный газодинамический и прочностной анализ горелочного устройства вихревого типа с использованием технологий FSI программного комплекса Ansys / **И. А. Яковлев**, С. Д. Замбалов, Е. В. Сиротинин, В. А. Скрипняк // Известия высших учебных заведений. Физика. – 2013. – Т. 56, № 7/3. – С. 110–112. – 0,35 / 0,09 п.л.

На автореферат поступило 6 положительных отзывов. Отзывы представили:

1. **А.М. Брагов**, д-р техн. наук, проф., заведующий лабораторией механики материалов НИИ механики при Нижегородском государственном университете им. Н.И. Лобачевского, **А.К. Ломунов**, д-р техн. наук, профессор, главный научный сотрудник лаборатории механики материалов НИИ механики при Нижегородском государственном университете им. Н.И. Лобачевского.
2. **Л.В. Быков**, канд. техн. наук, доц., доцент кафедры «Авиационно-космическая теплотехника», директор Учебно-методического центра Института повышения квалификации и переподготовки Московского авиационного института (национальный исследовательский университет), *с замечаниями*: необходимость использования модели турбулентности определяется режимом течения, в автореферате не представлена процедура оценки характера течения; рисунок 6 требует дополнительных пояснений; в тексте автореферата встречаются некоторые стилистические неточности.
3. **В.Э. Вильдеман**, д-р физ.-мат. наук, проф., профессор кафедры механики композиционных материалов и конструкций, директор центра экспериментальной механики Пермского национального исследовательского политехнического университета, *с замечанием*: в качестве пожеланий можно отметить, что информативность представленных в автореферате рисунков, отражающих распределения напряжений и температур, была бы выше, если бы автор привел их в цвете, также насколько запутывает градуировка цветовых палитр, представленных на рисунках 5, 9 и 10 автореферата, увеличивающаяся сверху вниз.
4. **В.Е. Громов**, д-р физ.-мат. наук, проф., заведующий кафедрой физики им. профессора В.М. Финкеля Сибирского государственного индустриального университета, г. Новокузнецк и **С.А. Невский**, канд. техн. наук, доцент кафедры физики им. профессора В.М. Финкеля

Сибирского государственного индустриального университета, г. Новокузнецк, *без замечаний*. 5. **Ю.В. Маслов**, канд. техн. наук, доц., доцент кафедры «Технологическое проектирование и управление качеством» Московского авиационного института (национальный исследовательский университет), *с замечанием*: к недостаткам работы можно отнести некоторые стилистические ошибки, которые не влияют на практическую и научную ценность работы. 6. **В.И. Халиулин**, д-р техн. наук, проф., заведующий кафедрой «Производство летательных аппаратов», руководитель Центра композиционных технологий Казанского национального исследовательского технического университета им. А.Н. Туполева, *без замечаний*.

В отзывах отмечается, что разработка и развитие методов численного моделирования сопряженных термомеханических процессов имеет существенное значение для повышения точности и достоверности прогнозирования НДС элементов конструкций в сложных неизотермических условиях нагружения. С использованием сформулированных автором методик и алгоритмов получены результаты решения физически нелинейных задач механики деформируемого твердого тела, в частности установлены закономерности эволюции НДС типовых элементов конструкций энергетических устройств в условиях, когда температура материалов достигает 60 % температуры плавления. Получены новые зависимости, характеризующие развитие во времени деформаций пластичности и ползучести в элементах конструкций энергетических устройств при длительном воздействии высокотемпературных турбулентных потоков газов и жидкостей. Выполненная работа развивает новое перспективное направление в изучении нестационарных сопряженных процессов деформации и тепломассопереноса, а разработанная вычислительная методика может применяться при проектировании объектов новой техники в области энергетического машиностроения.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается тем, что в сферу интересов **С.Н. Колупаевой** входит математическое моделирование механического поведения широкого класса материалов с учетом их нелинейного отклика на различные внешние воздействия, соответствующее

тематике диссертации; в сферу интересов **Ю.В. Баяндина** входят численные методы решения нелинейных краевых задач механики деформируемого тела, исследования неупругого поведения твердых тел в условиях интенсивных внешних воздействий, соответствующие тематике диссертации; **Институт механики сплошных сред УрО РАН** является ведущим научным учреждением в области математического и физического моделирования процессов деформирования и разрушения твердых тел с учетом различных температурно-временных эффектов, в том числе в исследованиях, связанных с созданием и развитием вычислительных методик решения сопряженных задач механики. Сотрудники института с использованием оригинальных методик ведут исследования закономерностей эволюции термомеханических процессов в твердых телах с нелинейными свойствами в различных условиях нагружения.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

развит подход численного моделирования сопряженных термомеханических процессов в твердых телах с нелинейными свойствами в трехмерной постановке, позволяющий прогнозировать тепловое и напряженно-деформированное состояние сложных механических систем, где происходит тепловое и механическое взаимодействие твердых тел с высокотемпературными газообразными или жидкими средами при наличии локальных источников тепла;

сформулирована обобщенная физико-математическая модель в трехмерной постановке, описывающая сопряженные процессы деформирования и тепломассопереноса в механических системах, где элементы конструкций с нелинейными свойствами подвергаются термосиловому воздействию высокотемпературных потоков газов или жидкостей со сложной структурой и физикой течения;

разработана методика и итерационный алгоритм решения нестационарных сопряженных задач термомеханики и тепломассопереноса с учетом пластичности и ползучести материалов элементов конструкций и зависимости физико-

механических свойств твердых тел и текучих сред от температуры и их программная реализация;

установлены общие закономерности процессов формирования теплового и напряженно-деформированного состояния типовых элементов конструкций энергетических устройств из жаропрочных сталей;

установлены закономерности формирования НДС типовых элементов конструкций реакторов фильтрационного горения в зависимости от толщины футеровочного теплозащитного слоя в диапазоне от 5 до 45 мм, когда температура газа в зоне горения составляет 1500°C;

получены закономерности эволюции деформаций пластичности и ползучести в элементах конструкций трубопроводных систем в зависимости от параметров течения газообразных рабочих сред с высокой температурой.

Теоретическая значимость исследований обоснована тем, что:

в работе получены результаты, которые вносят вклад в развитие методов численного решения краевых задач механики деформируемого твердого тела, а именно:

развита физико-математическая модель, позволяющая описывать нестационарные сопряженные процессы деформирования и тепломассопереноса с учетом нелинейного поведения материалов и зависимости физико-механических параметров от температуры;

на основе сформулированной модели *разработан* итерационный алгоритм и вычислительная методика решения сопряженных задач термомеханики;

численно исследованы процессы формирования и развития деформаций пластичности и ползучести в типовых элементах конструкций энергетических устройств в сложных неизотермических условиях нагружения с локальными источниками тепла.

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

разработанная методика может применяться при проектировании объектов новой техники в сферах энергетического и нефтегазового машиностроения,

предложенный подход может применяться на этапе инженерного анализа для более достоверного прогнозирования длительной прочности и работоспособности деталей и узлов различных конфигураций, эксплуатация которых сопровождается значительным разогревом.

Результаты моделирования термомеханических процессов в типовых элементах конструкций реакторов фильтрационного горения и трубопроводных систем могут быть использованы в процессе проектирования новых устройств подобного класса, в частности, при разработке систем тепловой защиты для предотвращения развития недопустимых деформаций и разрушения материалов.

Разработанные модели и методики использовались при выполнении фундаментальных исследований в рамках проектов ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009-2013 гг., соглашение от 06.08.2012 г. № 14.В37.21.0441, а также при выполнении НИОКР по проекту Фонда содействия инновациям по теме «Разработка пилотного образца реакторного блока GTL-комплекса по утилизации ПНГ путем переработки в синтетическое моторное топливо».

Рекомендации об использовании результатов диссертационного исследования. Результаты, полученные в диссертации, могут быть рекомендованы для расширенного использования в организациях, осуществляющих научные исследования в области моделирования сопряженных термомеханических процессов: Институт проблем машиноведения РАН (Санкт-Петербург), Российский федеральный ядерный центр – Всероссийский НИИ экспериментальной физики (Саров), Российский федеральный ядерный центр – Всероссийский НИИ технической физики имени академика Е.И. Забабахина (Снежинск), Сибирский государственный аэрокосмический университет имени акад. М.Ф. Решетнева (Красноярск), Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана, Институт проблем химической физики РАН (Черноголовка), Нижегородский государственный университет имени Н.И. Лобачевского (национальный исследовательский университет) и др., а также могут применяться для прогнозирования прочности, долговечности и работоспособности ответственных деталей и узлов при создании объектов новой

техники в области энергетического, химического и нефтегазового машиностроения в ряде российских и зарубежных организаций, таких как АО «Объединённая двигателестроительная корпорация» (г. Москва), ОАО «ВНИПИнефть» (Москва), ПАО «СИБУР Холдинг», ЗАО «Машиностроительная корпорация «Уралмаш» (Екатеринбург) и других.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

использованы корректные математическая и физическая постановки сопряженной задачи термомеханики;

для решения задачи использованы апробированные методы;

проведена серия тестовых расчетов, на основании которых выбраны параметры численной схемы, необходимые для корректного описания термомеханических процессов;

проведено сравнение результатов численного моделирования с известными теоретическими решениями, достоверными экспериментальными данными и опубликованными результатами других исследователей.

Новизна результатов диссертационного исследования заключается в разработке и реализации вычислительных моделей и итерационных алгоритмов численного описания нелинейного механического поведения и напряженно-деформированного состояния твердых тел в условиях воздействия потоков газов и жидкостей с локальными источниками тепла; показана роль учета динамики изменения теплового состояния системы в явном виде на механическое поведение твердых тел и интенсивность формирующихся неупругих деформаций; получены новые зависимости напряжений и деформаций элементов конструкций энергетических устройств от параметров течения рабочих сред и толщины тепловой изоляции.

Личный вклад автора заключается в: непосредственном участии в разработке физико-математической модели поставленной задачи; написании и тестировании программ численного счета; в выполнении, обработке и анализе всех расчетов, проведенных в работе. Постановка задач кандидатской диссертации и обсуждение результатов проводились совместно с научным руководителем. Автор

принимал личное участие в апробации результатов исследования. При активном участии автора подготовлены основные публикации по теме диссертации.

Диссертация соответствует п. 9 Положения о присуждении ученых степеней, является научно-квалификационной работой, в которой содержится решение задачи по разработке методики численного моделирования напряженно-деформированного состояния механических систем с нелинейными свойствами в сложных неизотермических условиях нагружения, имеющей значение для развития механики деформируемого твердого тела.

На заседании 25.12.2015 г. диссертационный совет принял решение присудить **Яковлеву И.А.** ученую степень кандидата физико-математических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 22 человек, из них 8 докторов наук по специальности 01.02.04 – Механика деформируемого твердого тела, участвовавших в заседании, из 26 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за – 21, против – 1, недействительных бюллетеней – нет.

Заместитель председателя
диссертационного совета

Христенко Юрий Федорович

Ученый секретарь
диссертационного совета

Пикущак Елизавета Владимировна

25 декабря 2015 г.

