

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 212.243.10  
НА БАЗЕ ФГБОУ ВО «САРАТОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ  
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ИМЕНИ Н.Г. ЧЕРНЫШЕВСКОГО»  
МИНИСТЕРСТВА ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ  
ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ  
КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № \_\_\_\_\_

решение диссертационного совета от 26 апреля 2017 г. № 62

о присуждении Москалик Анне Давидовне, гражданке Российской Федерации, учёной степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Аналитический метод приближённого решения краевых задач установившейся ползучести с возмущёнными границами» по специальности 01.02.04 – Механика деформируемого твёрдого тела, принята к защите 20 февраля 2017 года, протокол № 58 диссертационным советом Д 212.243.10 на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского» Министерства образования и науки Российской Федерации, 410012, Россия, г. Саратов, ул. Астраханская, 83, созданным приказом Минобрнауки РФ №75/нк от 15 февраля 2013 г., приказ о внесении изменений № 1342/нк от 25 октября 2016 г.

Соискатель Москалик Анна Давидовна, 1969 года рождения, ассистент кафедры «Механика» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Самарский государственный технический университет», в 1991 году окончила Куйбышевский государственный университет; в 2011 году окончила магистратуру федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Самарский государственный университет»; в период подготовки диссертации с 2012 по 2016 гг.

обучалась в аспирантуре очной формы обучения при федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Самарский государственный технический университет» по специальности 01.02.04. – Механика деформируемого твердого тела.

Диссертация выполнена на кафедре «Прикладная математика и информатика» ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет».

Научный руководитель – доктор физико-математических наук, профессор Радченко Владимир Павлович, заведующий кафедрой «Прикладная математика и информатика» ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет».

#### **Официальные оппоненты:**

Локощенко Александр Михайлович, доктор физико-математических наук, профессор, заведующий лабораторией ползучести и длительной прочности Института механики ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова» (г. Москва);

Овчинников Игорь Георгиевич, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Транспортное строительство» ФГБОУ ВО «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.» (г. Саратов)

дали **положительные отзывы** о диссертации.

**Ведущая организация:** федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева», г. Самара, в своем **положительном заключении**, подписанном Буханько Анастасией Андреевной, д.ф.-м.н., доцентом, профессором кафедры космического машиностроения и Степановой Ларисой Валентиновной, д.ф.-м.н., доцентом, профессором кафедры математического моделирования в механике, утвержденном первым проректором - проректором по науке и инновациям, д.т.н., доцентом Прокофьевым А.Б., указала, что диссертация Москалик Анны Давидовны представляет собой законченный научный труд, в котором содержатся решения задач, имеющих существенное значение для понимания

теории ползучести металлов. Указаны конкретные методы получения аналитических решений краевых задач установившейся ползучести для тел с возмущёнными границами. Работа отвечает критериям, установленным Положением о присуждении учёных степеней (п.п. 9-11, 13, 14), утверждённого Постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. №842 (в ред. от 02.08.2016 г.), предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор заслуживает присвоения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.04 – Механика деформируемого твердого тела.

Соискатель имеет 10 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации 10 работ, из которых 4 работы опубликованы в рецензируемых научных изданиях, установленных Минобрнауки РФ для публикации результатов диссертационных исследований. Суммарный объем принадлежащего соискателю опубликованного материала составляет 4,92 печатного листа. В работах, опубликованных в соавторстве, соискатель принимал равное участие в постановке и построении приближённых аналитических решений задач, разработал и реализовал численные модели и выполнил анализ полученных результатов исследований.

#### **Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:**

1. Москалик, А. Д. Применение метода возмущений к задаче о несоосной трубе в условиях установившейся ползучести / А.Д. Москалик // Вестн. Сам. гос. техн. ун-та. Сер. Физ. - мат. науки. – 2013. – № 4(33). – С. 76–85. (doi: 10.14498/vsgtu1290)
2. Москалик, А. Д. Приближённое аналитическое решение задачи для трубы с эллиптическим внешним контуром в условиях установившейся ползучести / А. Д. Москалик // Вестн. Сам. гос. техн. ун-та. Сер. Физ. - мат. науки. – 2014. – № 4(37). – С. 65–84. (doi: 10.14498/vsgtu1365)
3. Москалик, А. Д. Оценка конечно-элементного и приближённого решений установившейся ползучести для толстостенной трубы с эллиптически возмущенной внешней границей / В. П. Радченко, А. Д. Москалик // Вестник ЧГПУ им.

И.Я. Яковлева. Серия: Механика предельного состояния. – 2016. – № 2(28). – С. 111–122.

4. Москалик, А. Д. Сравнительный анализ приближённого аналитического и конечно-элементного решений для несоосной трубы / В. П. Радченко, А. Д. Москалик, И. Е. Адеянов // Вестн. Сам. гос. техн. ун-та. Сер. Физ.-мат. науки. – 2014. – № 3(36). – С. 79–93. (doi: 10.14498/vsgtu1340)

**На автореферат диссертации поступило 9 положительных отзывов от:**

- Митюшова Е.А., д.ф.-м.н., профессора кафедры теоретической механики ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина». Отзыв содержит замечание:

«В автореферате не отражены процедуры численного решения задачи путем построения конечно-элементной модели с помощью программного комплекса ANSYS».

- Каледина В.О., д.т.н., профессора, декана факультета информационных технологий Новокузнецкого института (филиала) ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет». Отзыв содержит замечания:

1. В автореферате не содержится сведений о том, получена ли асимптотическая оценка погрешности разложения по малому параметру.

2. Из характеристики содержания п. 5.3 на странице 16 можно понять, что в качестве закона распределения времени безотказной работы использована функция Лапласа, но остается неясным, чем обоснован такой выбор.

- Янковского А.П., д.ф.-м.н., ведущего научного сотрудника ФГБУН «Институт теоретической и прикладной механики им. С.А. Христиановича» СО РАН. Отзыв содержит замечания:

1. После формулы (13) используется величина  $z(p)$ , но  $z$  – это и продольная ось трубы (см. стр. 9).

2. В формуле (13) функции  $C_{2i}(r)$  предполагаются известными, но не указано, из каких соображений они получены.

3. В пункте 3.7 решение получено с помощью пакета ANSYS, но ничего не сказано о выборе конечных элементов и дискретизации области интегрирова-

ния. В силу существенной нелинейности задачи способ дискретизации этой области может существенно сказаться на конечном результате.

- Кудюрова Л.В., д.т.н., профессора кафедры «Наземные транспортно-технологические средства» ФГБОУ ВО «Самарский государственный университет путей сообщения». Отзыв содержит замечания:

1. В пунктах 3.7 и 4.5 автореферата практически не описаны численные методы решения краевых задач на основе МКЭ, а просто констатируется факт выполненных исследований.

2. Чем обоснован выбор в качестве модельных задач тру из углеродистой стали и жаропрочного сплава ЭИ698?

- Трусова П.В., д.ф.-м.н., профессора, зав. кафедрой математического моделирования систем и процессов ФГБОУ ВО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет». Отзыв содержит замечания:

1. К сожалению, в автореферате не уделено должного внимания анализу влияния технологических остаточных напряжений, неминуемо возникающих в процессе изготовления различных конструкций, включая трубы.

2. Предположения о пренебрежении упругими деформациями и несжимаемости материала для неупругого деформирования приводит к необходимости использования модели материала со связью. В этом случае тензор напряжений не определен полностью по движению среды (деформациям, скоростям деформации), в силу чего система уравнений (1)-(3) краевой задачи оказывается незамкнутой (в (3)<sub>2</sub> не определена шаровая составляющая тензора напряжений).

3. В условиях ползучести исследуемая область непрерывно меняет свою конфигурацию, размеры, что неминуемо скажется и на зависимости всех переменных задачи (перемещений, напряжений и т.д.) от времени. В то же время в приведенных результатах время нигде не фигурирует (равно как и в постановке задачи, хотя внутренняя и внешняя поверхности области изменяются со временем).

4. При оценке точности аналитического решения ничего не говорится о точности определения параметров материала, возможных диапазонах измене-

ния этих характеристик. Не приводят ли отклонения этих характеристик к существенно большим отклонениям от результатов, полученных при номинальных значениях параметров, по сравнению с полученными погрешностями расчетов?

5. С. 6, «Степень достоверности». Как представляется, оценка корректности использования тех или иных законов, положений и т.д. относится к компетенции экспертного сообщества (включая оппонентов и диссертационный совет).

- Любашевской И.В., к.ф.-м.н., ученого секретаря ФГБУН «Институт гидродинамики им. М.А. Лаврентьева» СО РАН. Отзыв содержит замечания:

1. В автореферате нет обоснования рассмотрения в работе значений показателя нелинейности  $n > 2,42$ , что не охватывает всех возможных случаев поведения материала при установившейся ползучести.

2. При оценке погрешности аналитического решения относительно численного диссертантом использованы формулы (16) автореферата, которые дают некоторую осреднённую величину отклонений по радиусу. Однако в вопросах прочности по силовым критериям используется тензор напряжений в зоне максимальной концентрации напряжения. Поэтому было бы полезно оценить погрешность на основе равномерного приближения (норма Чебышева).

- Хромова А.И., д.ф.-м.н., профессора кафедры «Прикладная математика и информатика» ФГБОУ ВО «Комсомольский-на-Амуре государственный технический университет». Отзыв содержит замечание: «Было бы целесообразным сделать сравнение полученных приближенных аналитических результатов для некоторых частных случаев с численным решением другими программными комплексами типа ABACUS и подобными, поскольку в диссертации именно численное решение принимается как достоверное».

- Буренина А.А., чл.-корр. РАН, д.ф.-м.н., профессора, директора ФГБУН Институт машиноведения и металлургии ДО РАН. Отзыв замечаний не содержит. Имеются пожелания:

1. Исключительно интересной оказалась бы задача о несовершенствах локального характера: сварной шов, лунка и др. Возможно, это приведет к сингулярности метода, но такое его развитие само по себе стало бы достижением.
  2. Вывод 5 неправильно расставляет акценты. Совершенно не сомневаюсь в аналитических пусть громоздких вычислениях автора. Зачем же убеждаться в отсутствии «погрешностей» в них. А вот в результатах вычислений с помощью программного комплекса ANSYS, как и иной конечно-элементной программы, сомнения возможны. Примеров тому по ANSYS достаточно. Скорее с помощью полученных приближенных решений верифицируются результаты численных расчетов, а не наоборот.
- Багмутова В.П., д.т.н., профессора, академика Академии инженерных наук РФ, заведующего кафедрой сопротивления материалов ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет». Отзыв содержит следующие вопросы и замечания:

1. Процессы длительной ползучести связаны с деградацией свойств материалов, из автореферата не ясно, рассматривался ли данный вопрос?
2. При численном сопоставлении автор говорит о погрешности решения, однако не анализирует; с чем связана причина расхождения, с погрешностью линеаризации по методу малого параметра или другими факторами?

Во всех отзывах отмечено, что замечания не влияют общую положительную оценку результатов диссертационной работы.

На все замечания соискателем даны содержательные ответы.

В отзывах отмечено, что диссертация соответствует требованиям «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации № 842 от 24 сентября 2013 г. (в редакции Постановления Правительства РФ № 335 от 21 апреля 2016 г.), и сделано заключение о возможности присуждения Москалик А.Д. ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 01.02.04 – Механика деформируемого твердого тела.

**Выбор официальных оппонентов и ведущей организации** обосновывается их компетентностью в области механики деформируемого твердого тела для решения задач теории ползучести, длительной прочности и других прикладных проблем, что подтверждается публикациями по тематике, близкой к теме диссертации за последние 5 лет.

**Диссертационный совет отмечает**, что на основании выполненных соискателем исследований:

**разработан** аналитический метод построения приближённого решения для толстостенной трубы на стадии установившейся ползучести, находящейся под внутренним давлением, с произвольно возмущённой внешней границей на основе метода малого параметра до третьего порядка приближения включительно для случая плоского деформированного состояния;

**предложена** методика построения приближённых аналитических решений установившейся ползучести для несоосной толстостенной трубы и трубы с эллиптически возмущённым внешним контуром до третьего и второго порядков приближения соответственно;

**доказана** перспективность использования приближённых аналитических решений для оценки влияния разностенности толстостенной трубы, регламентируемой отраслевыми стандартами, на её напряженно-деформированное состояние;

**Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:**

**доказана** возможность использования построенных приближённых аналитических решений для исследования концентрации напряжений в толстостенных трубах в рамках технологически допустимой нормативными документами разностенности труб;

**применительно к проблематике диссертации результативно использованы:** основные положения метода малого параметра к решению новых краевых нелинейных задач установившейся ползучести разностенных труб; методы теории дифференциальных уравнений, механики деформируемого твердого тела; информационные технологии;



**изложены** методика построения приближенного аналитического решения для несоосной трубы до третьего порядка приближения и для трубы с эллиптически возмущенной границей до второго порядка приближения и результаты расчётов влияния разностенности труб на напряженно-деформированное состояние;

**раскрыты** проблемы оценки погрешности и апостериорной сходимости решений на основе метода малого параметра;

**изучено** влияние величины малого параметра, показателя нелинейности установившейся ползучести и характера возмущения внешней границы толстостенной трубы на формирование её напряженно-деформированного состояния.

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

**разработаны и внедрены** методика расчёта напряженно-деформированного состояния толстостенных труб с возмущёнными границами в условиях установившейся ползучести на основе метода малого параметра и методика расчёта на надёжность по деформационному критерию отказа в учебный процесс ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет»;

**определены** области применимости построенных приближённых аналитических решений для оценки концентрации напряжений в толстостенных трубах в соответствии с нормативными требованиями отраслевых стандартов на максимально допустимую разностенность при изготовлении труб;

**создана** расчётная база данных для оценки концентрации напряжений для разностенных труб в широком диапазоне изменения величины малого параметра и показателя нелинейности установившейся ползучести;

**представлены** методика построения решений для оценки напряженно-деформированного состояния толстостенных труб с возмущёнными границами и результаты расчётов, которые могут быть использованы в инженерной практике при проектировании трубопроводов с технологически допустимой разностенностью в условиях установившейся ползучести.

## **Оценка достоверности результатов исследования выявила:**

**теория** основана на дальнейшем развитии метода малого параметра, позволяет решать новые краевые задачи установившейся ползучести толстостенных труб с возмущёнными границами с последующим асимптотическим анализом численных решений задач ползучести, соответствующих стадии установившейся ползучести трубы;

**идея базируется** на анализе существующих подходов к решению краевых задач установившейся ползучести на основе метода малого параметра, апробированных численных методах решения задач ползучести в пакете ANSYS и анализе научных статей отечественных и зарубежных ученых;

**использованы** сравнение данных расчёта по построенным аналитическим решениям с данными численного эксперимента в асимптотическом случае установившейся ползучести и современные вычислительные средства для численного решения краевых задач ползучести и обработки полученной информации.

**Личный вклад соискателя состоит** в решении научных задач на всех этапах проведения диссертационного исследования, непосредственном участии в получении аналитических и численных решений, их анализе, оценке сходимости и погрешности решений; выработке рекомендаций по практическому использованию результатов в соответствии с существующими нормативными документами по технологически допустимой разностенности труб; разработке методики расчёта на надёжность толстостенной трубы с возмущённым внешним контуром, находящейся под внутренним давлением, в условиях установившейся ползучести по деформационному критерию отказа; подготовке основных публикаций по выполненной работе.

Диссертационный совет пришел к выводу о том, что диссертация представляет собой законченную научно-квалификационную работу, которая соответствует критериям, установленным «Положением о присуждении учёных степеней», утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842 (в редакции Постановления Правительства Российской Федерации от 21 апреля 2016 г. № 335) и принял решение присудить Москалик Анне Давидовне ученую степень кандидата физико-математических наук по специальности

01.02.04 – Механика деформируемого твердого тела за решение важной и актуальной научной задачи в области разработки приближённого аналитического метода решения краевых задач установившейся ползучести с возмущёнными границами.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 14 человек, из них 7 докторов наук по специальности 01.02.04, участвовавших в заседании, из 21 человека, входящего в состав совета, проголосовали: за присуждение учёной степени - 14, против присуждения учёной степени - нет, недействительных бюллетеней - нет.

Председательствующий,  
зам. председателя  
диссертационного совета



Белостоцкий Григорий Николаевич

Ученый секретарь  
диссертационного совета  
27 апреля 2017 г.

Сафонов Роман Анатольевич