

ЗАКЛЮЧЕНИЕ
ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 99.2.059.02,
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ «ТУЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
МИНОБРНАУКИ РОССИИ, ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ «ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ» МИНОБРНАУКИ РОССИИ

ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЁНОЙ СТЕПЕНИ
КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____
решение диссертационного совета от 28 ноября 2023 года № 9

О присуждении ДЕРЕВЯНКА Екатерине Евгеньевне, гражданину Российской Федерации, учёной степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Методы расчёта релаксации остаточных напряжений в поверхностно упрочнённых статически неопределимых стержневых конструкциях в условиях ползучести» по специальности 1.1.8. Механика деформируемого твёрдого тела принята к защите 22 сентября 2023 г. (протокол заседания № 8) диссертационным советом 99.2.059.02, созданным на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Тульский государственный университет» Минобрнауки России (300012, г. Тула, пр. Ленина, д. 92) и федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Воронежский государственный университет» Минобрнауки России (394000, г. Воронеж, Университетская пл., д. 1); приказ о создании диссертационного совета № 521/нк от 26 мая 2017 г.

Соискатель ДЕРЕВЯНКА Екатерина Евгеньевна, 03 июля 1995 года рождения. В 2019 году соискатель с отличием окончила очную магистратуру федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Самарский государственный технический университет» по направлению подготовки 01.04.02 «Прикладная математика и информатика». Окончила очную аспирантуру федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Самарский государственный технический университет» по специальности 1.1.8. «Механика деформируемого твёрдого тела» в 2023 году. Работает младшим научным сотрудником кафедры «Прикладная математика и информатика» ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет» Минобрнауки России.

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

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

Официальные оппоненты:

– **КЕЛЛЕР Илья Эрнстович**, доктор физико-математических наук, доцент, «Институт механики сплошных сред Уральского отделения Российской академии наук» (ИМСС УрО РАН) – филиал ФГБУН Пермского федерального исследовательского центра УрО РАН, г. Пермь, заведующий лабораторией нелинейной механики деформируемого твёрдого тела;

– **ФОМИН Леонид Викторович**, кандидат физико-математических, ведущий научный сотрудник, государственное учебно-научное учреждение научно-исследовательский институт механики Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова (НИИ механики МГУ имени М.В. Ломоносова), г. Москва, и.о. заведующего лабораторией проектирования и прикладных методов расчёта композитных конструкций

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.», г. Саратов – в своём положительном отзыве, подписанном Заслуженным деятелем науки и техники РСФСР, доктором технических наук, профессором, заведующим кафедрой «Математика и моделирование» Крысько Вадимом Анатольевичем, и утверждённом проректором по науке и инновациям, доктором химических наук, профессором Остроумовым Игорем Геннадьевичем, указала, что диссертация Деревянка Екатерины Евгеньевны является законченной научно-квалификационной работой, выполненной соискателем самостоятельно и на высоком научном уровне. Отмечено, что работа базируется на достаточном объёме полученных экспериментальных и теоретических результатов и вносит существенный вклад в решение теоретических и прикладных вопросов специальности 1.1.8. Механика деформируемого твёрдого тела. Диссертационная работа соответствует паспорту научной специальности 1.1.8. Механика деформируемого твёрдого тела, имеет важное научное и прикладное значение, соответствует требованиям «Положения о присуждении учёных степеней», а автор работы – Деревянка Екатерина Евгеньевна – заслуживает присуждения учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.1.8. Механика деформируемого твёрдого тела.

Соискатель имеет 14 опубликованных работ по теме диссертации, в том числе 5 в рецензируемых научных изданиях, включённых в перечень ВАК РФ и

индексируемых в базах Scopus и Web of Science. В работах, выполненных в соавторстве, вклад соискателя является определяющим при постановке задач, разработке математических моделей, построении решений, анализе результатов расчётов, формулировке выводов. Общий объём принадлежащего соискателю опубликованного материала по теме диссертации составляет 10,08 п.л., из них 5,47 п.л. – личный вклад автора.

Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. Радченко В.П., Деревянка Е.Е. Влияние температурно-силового нагружения на релаксацию остаточных напряжений в поверхностно упрочненных элементах стержневой конструкции в условиях ползучести // Вестн. Сам. гос. техн. ун-та. Сер. Физ.-мат. науки. – 2019. – Т. 23, № 3. – С. 497–524. – DOI: 10.14498/vsgtu1688. Авторский вклад 1,23 п.л.

2. Radchenko V.P., Tsvetkov V.V., Derevyanka E.E. Relaxation of Residual Stresses in a Surface-Hardened Cylinder under Creep Conditions and Rigid Restrictions on Linear and Angular Deformations // Mechanics of Solids. – 2020. – Vol. 55, no. 6. – P. 898–906. – DOI: 10.3103/S0025654420660024. Авторский вклад 0,24 п.л.

3. Радченко В.П., Деревянка Е.Е. Кинетика остаточных напряжений в тонкостенных цилиндрических образцах после двухстороннего поверхностного упрочнения в условиях ползучести при жестких ограничениях на угловые и осевые линейные перемещения // Изв. Сарат. ун-та. Нов. сер. Сер.: Математика. Механика. Информатика. – 2023. – Т. 23, вып. 2. – С. 227–240. – DOI: 10.18500/1816-9791-2023-23-2-227-240. Авторский вклад 0,82 п.л.

4. Деревянка Е.Е., Радченко В.П., Цветков В.В. Релаксация остаточных напряжений в поверхностно упрочненном цилиндре в условиях ползучести при жестких ограничениях на линейные и угловые деформации // Известия РАН: Механика твердого тела. – 2021. – № 3. – С. 118–127. – DOI: 10.31857/S057232992103003X. Авторский вклад 0,27 п.л.

В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем работах.

На автореферат диссертации поступило 12 отзывов из следующих организаций:

1. ПАО «ОДК – Кузнецов», г. Самара.
2. ФГАОУ ВО «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва» (Самарский университет), г. Самара.
3. ФГБУН «Институт теоретической и прикладной механики им. С.А. Христиановича СО РАН», г. Новосибирск.
4. Научно-исследовательский институт механики ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского», г. Нижний Новгород.
5. Акционерное Общество «Авиаагрегат», г. Самара.

6. ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет», г. Волгоград.

7. Кузбасский гуманитарно-педагогический институт ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет», Кемеровская обл., г. Новокузнецк.

8. Институт машиноведения и металлургии Дальневосточного отделения Российской академии наук (ИМиМ ДВО РАН) ФГБУН Хабаровского Федерального исследовательского центра Дальневосточного отделения Российской академии наук, г. Комсомольск-на-Амуре.

9. ФГАОУ ВО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет», г. Пермь.

10. ФГБУН Институт гидродинамики им. М.А. Лаврентьева Сибирского отделения Российской академии наук (ИГиЛ СО РАН), г. Новосибирск.

11. Белорусский государственный университет транспорта, Республика Беларусь, г. Гомель.

12. ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», г. Воронеж.

Все отзывы положительные, в них отмечается актуальность, научная новизна, практическая и теоретическая значимость работы. Отзывы на автореферат содержат ряд замечаний, основные из которых сводятся к следующим:

- возможны ли повторные (обратные) пластические течения в условиях эксплуатации? (ИМиМ ДВО РАН ФГБУН Хабаровского Федерального исследовательского центра Дальневосточного отделения РАН, г. Комсомольск-на-Амуре);

- рецензент рекомендовал бы автору диссертации рассмотреть более сложные пути нагревания, при этом температурное поле определять из решения соответствующего уравнения теплопроводности – это пожелание для дальнейших исследований (ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского», НИИ механики ННГУ им. Н.И. Лобачевского, г. Нижний Новгород);

- при малых временах эксплуатации элементов конструкций имеют значения неустановившиеся температурные процессы, в течение которых релаксация остаточных напряжений также происходит. Скорость релаксации в начале процесса при высоких уровнях остаточных напряжений может быть достаточно велика. Однако, судя по автореферату, переходные температурные процессы в диссертации не рассматривались. (ФГБУН ИГиЛ СО РАН, г. Новосибирск).

Остальные замечания связаны с ограниченным объёмом автореферата, на которые даны полные комментарии в тексте диссертации.

Во всех отзывах отмечается, что замечания не снижают общей ценности диссертационной работы. Указывается, что диссертация удовлетворяет требованиям Положения о присуждении учёных степеней, а её автор,

Деревянка Е.Е., заслуживает присуждения ей учёной степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.1.8. Механика деформируемого твёрдого тела.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их высокой компетентностью в рассматриваемой отрасли науки, наличием публикаций в соответствующей сфере исследований и способностью определить научную и практическую ценность диссертации. Согласия на оппонирование имеются.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

- **разработаны** методики решения краевых задач для поверхностно упрочнённых элементов стержневых систем в условиях ползучести, позволяющих выявить ряд новых закономерностей влияния кинематических ограничений на релаксацию остаточных напряжений;

- **предложен** и реализован новый метод расчёта остаточных напряжений в сплошных и полых цилиндрических элементах стержневых систем в условиях ползучести при действии растяжения, кручения, внутреннего давления и кинематических ограничениях на линейные и угловые перемещения;

- **доказана** перспективность использования предложенных методик расчёта релаксации остаточных напряжений с заданными кинематическими ограничениями в теоретических исследованиях и прикладных задачах авиадвигателестроения и энергетического машиностроения.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

- **доказано**, что разработанные методы расчёта релаксации остаточных напряжений в поверхностно упрочнённых сплошных и полых цилиндрических элементах стержневых систем обобщают существующие аналоги и позволяют расширить понимание процессов релаксации остаточных напряжений при наличии кинематических ограничений;

- **применительно к проблематике диссертации результативно (эффективно, то есть с получением обладающих научной новизной результатов) использованы** положения механики деформируемого твёрдого тела, вычислительной математики, информационных технологий к решению новых краевых задач релаксации остаточных напряжений в элементах статически неопределимых стержневых систем с учётом анизотропии остаточных пластических деформаций в поверхностно упрочнённом слое и наличии кинематических ограничений;

- **установлены и изложены** закономерности распределения остаточных напряжений в цилиндрических элементах стержневых систем при наличии жёстких кинематических ограничений в процессе их релаксации при ползучести;

- **раскрыты и изучены** неклассические результаты, связанные с замедлением процесса релаксации остаточных напряжений в цилиндрических элементах стержневых систем при наличии кинематических ограничений по

сравнению с их отсутствием, а увеличение температуры интенсифицирует процесс релаксации остаточных напряжений;

- **проведена модернизация** существующих математических моделей релаксации остаточных напряжений, разработанных для поверхностно упрочнённых полых и сплошных цилиндров в условиях нагружения осевым растяжением, кручением и внутренним давлением, на случай наличия жёстких ограничений на линейные и угловые перемещения.

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

- **разработаны и внедрены** методики расчёта напряжённо-деформированного состояния поверхностно упрочнённых цилиндрических элементов конструкций в условиях ползучести в учебный процесс ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет» и в расчётную практику профильных отделов ПАО «ОДК – Кузнецов» (г. Самара);

- **представлены** рекомендации по использованию полученных теоретических результатов и данных расчётов в прикладных задачах механики упрочнённых конструкций;

- **выявлены** закономерности кинетики остаточных напряжений в цилиндрических деталях из ряда сплавов, широко использующихся в авиационных газотурбинных двигателях, которые могут быть использованы для оценки эффективности поверхностного пластического упрочнения в условиях высокотемпературной ползучести, действия механических эксплуатационных нагрузок и наличия кинематических ограничений на осевые и угловые перемещения;

- **разработаны** новые алгоритмические и программные продукты для реализации методов решения краевых задач релаксации остаточных напряжений в цилиндрических элементах статически неопределимых стержневых систем в процессе ползучести.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

- **теория** основана на известных базовых положениях и постулатах механики деформируемого твёрдого тела и методах решения краевых задач с начальным напряжённо-деформированным состоянием;

- **идея базируется** на анализе и обобщении существующих методов решения краевых задач ползучести, анализе научных статей и базовых экспериментальных исследованиях отечественных и зарубежных учёных;

- **использованы** современные методики обработки экспериментальной информации для задачи реконструкции остаточных напряжений после упрочнения для сравнения с данными расчёта по разработанным моделям;

- **установлено** качественное и количественное соответствие авторских результатов с данными из независимых источников и сравнением результатов расчёта полей напряжений при больших временах с асимптотическими полями напряжений, соответствующих стадиям установившейся ползучести.

Личный вклад соискателя состоит в: разработке методов расчёта и теоретическом исследовании релаксации остаточных напряжений в элементах упрочнённых статически неопределимых стержневых конструкций (стержневые системы, сплошные и полые цилиндрические образцы с кинематическими ограничениями на угловые и осевые перемещения) в условиях высокотемпературной ползучести; разработке алгоритмов и программного обеспечения, численном решении поставленных задач; анализе и систематизации полученных результатов, формулировке основных научных положений и выводов; непосредственном участии в подготовке всех основных опубликованных работ по результатам диссертации.

В ходе защиты диссертации были высказаны критические замечания.

Соискатель Деревянка Екатерина Евгеньевна ответила на задаваемые в ходе заседания вопросы и привела собственную аргументацию.

На заседании 28.11.2023 г. диссертационный совет принял решение:

за решение новой научной задачи разработки методов расчёта напряжённо-деформированного состояния и релаксации остаточных напряжений в поверхностно упрочнённых элементах статически неопределимых стержневых конструкций в условиях ползучести, имеющей существенное значение для развития механики деформируемого твёрдого тела, соответствующей критериям (п. 9-14) «Положения о присуждении учёных степеней», утверждённого Постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. № 842, присудить ДЕРЕВЯНКА Екатерине Евгеньевне учёную степень кандидата физико-математических наук по специальности 1.1.8. Механика деформируемого твёрдого тела.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 14 человек, из них 6 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 18 человек, входящих в состав совета, проголосовал: за – 14, против – нет, недействительных бюллетеней – нет.

**Председатель
диссертационного совета**



**Маркин
Алексей Александрович**

**Учёный секретарь
диссертационного совета**

**Глаголев
Вадим Вадимович**

28 ноября 2023 года