

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

ОБЪЕДИНЕННОГО ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА 99.2.039.02 (Д.999.122.02)
СОЗДАННОГО НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «САМАРСКИЙ
ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ» И ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУ-
ДАРСТВЕННОГО АВТОНОМНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕ-
ГО ОБРАЗОВАНИЯ «САМАРСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ АКАДЕМИКА С.П. КОРОЛЁВА» МИНИСТЕРСТВА НАУКИ
И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ ПО ДИССЕРТАЦИИ НА
СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК

аттестационное дело №_____
решение объединенного диссертационного
совета от 23.12.2021 г. № 27

О присуждении Шишкину Дмитрию Михайловичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Методы расчёта остаточных напряжений в поверхностно упрочнённых призматических деталях с концентраторами напряжений в условиях реологического деформирования» по специальности 1.1.8. Механика деформируемого твердого тела принята к защите 15 октября 2021 г. (протокол заседания № 19) объединенным диссертационным советом 99.2.039.02 (Д.999.122.02), созданным на базе федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Самарский государственный технический университет» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, 443100, Самара, ул. Молодогвардейская, 244, и федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, 443086, Самара, Московское шоссе, 34, приказ Минобрнауки Российской Федерации № 45/нк от 30.01.2017 г.

Соискатель Шишкин Дмитрий Михайлович, 1993 года рождения. В 2017 г. соискатель окончил федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва» по направлению 15.03.04 «Прикладная механика» и в этом же году поступил в аспирантуру в федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Самарский государственный технический университет» по специальности 1.1.8 (01.02.04) Механика деформируемого твердого тела. Работает в должности ассистента кафедры «Химическая технология» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Самарский государственный тех-

нический университет» (филиал в г. Сызрани) Минобрнауки Российской Федерации.

Диссертация выполнена на кафедре «Прикладная математика и информатика» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Самарский государственный технический университет» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный руководитель – д.ф.-м.н., профессор Радченко Владимир Павлович, ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет», кафедра «Прикладная математика и информатика», заведующий кафедрой.

Официальные оппоненты:

– Локощенко Александр Михайлович, д.ф.-м.н., профессор, Институт механики ФГБОУ ВО «Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова», лаборатория ползучести и длительной прочности, заведующий лабораторией;

– Сазанов Вячеслав Петрович, к.т.н., ФГАОУ ВО «Самарский национальный исследовательский университет им. академика С.П. Королёва», доцент кафедры «Сопротивление материалов»

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация «Институт механики сплошных сред Уральского отделения Российской академии наук» (ИМСС УрО РАН) – филиал ФГБУН Пермского федерального исследовательского центра УрО РАН, в своем положительном отзыве, утвержденным Матвеенко Валерием Павловичем, академиком РАН, д.т.н., директором ИМСС УрО РАН, подписанным Келлером Ильёй Эрнстовичем, д.ф.-м.н., доцентом, заведующим лабораторией нелинейной механики деформируемого твердого тела, указала, что разработан новый метод расчёта остаточных напряжений в призматических деталях с концентраторами напряжений в виде надрезов, нанесённых на поверхность, обработанную пластическим деформированием, и их релаксации вследствие ползучести в подобных деталях.

Отзыв содержит следующие замечания: 1) в главе 2 введено несовместное поле собственных деформаций (2.5), (2.6), однако оно не совпадает с реальным полем, поскольку не учитываются моменты на концах бруса и вследствие гипотезы плоских сечений запрещён поворот сечений; 2) напряжения вблизи вершины клиновидного выреза согласно упругопластического расчета превышают предел прочности стали ЭП742, что нереалистично; 3) в разделе 3.3 не дано объяснение немонотонной зависимости максимального напряжения вблизи вершины клиновидного выреза от величины угла; 4) в разделе 4.2 не дано объяснение выполнения остаточных напряжений на глубинах от 0 до 0,1 мм в процессе ползучести, следующего из расчета. Остальные замечания носят технический характер и связаны с некоторыми неточностями изложения материала в тексте диссертации и автореферата.

Соискатель имеет 12 опубликованных работ по теме диссертации, из них 4 статьи в рецензируемых научных изданиях их перечня Web of Science и Scopus, 2 статьи в сборниках трудов конференций и 6 тезисов докладов.

Публикации соискателя посвящены разработкам методов расчета остаточных напряжений в поверхностно упрочненных призматических деталях с концентриаторами напряжений после опережающего поверхностного пластического деформирования в упругой и упругопластической постановках и метода расчёта ползучести этих деталей с начальным напряжённо-деформированным состоянием после упрочнения. В работах, выполненных в соавторстве, вклад соискателя является определяющим при постановке задач, разработке математических (конечно-элементных) моделей, построении решений, анализе результатов расчета, формулировке выводов. Суммарный объем принадлежащего соискателю опубликованного материала по теме диссертации составляет 3,1 печатных листов. В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем работах.

Наиболее значительные научные работы по теме диссертации:

1. Радченко В. П., Шишкин Д. М. Метод реконструкции остаточных напряжений в призматическом образце с надрезом полукруглого профиля после опережающего поверхностного пластического деформирования // Изв. Сарат. ун-та. Нов. сер. Сер. Математика. Механика. Информатика. 2020. Т. 20, № 4. С. 478–492. Авторский вклад 0,5 п.л.
2. Радченко В. П., Шишкин Д. М. Влияние размеров области поверхностного упрочнения на напряжённо-деформированное состояние балки с надрезом полуциркульного профиля // Вестн. Сам. гос. техн. ун-та. Сер. Физ.-мат. науки. 2020. Т. 24, № 4. С. 663–676. Авторский вклад 0,5 п.л.
3. Радченко В. П., Шишкин Д. М. Численный метод расчёта напряжённо-деформированного состояния в призматическом поверхностно упрочнённом образце с надрезом в упругой и упругопластической постановках // Изв. Сарат. ун-та. Нов. сер. Сер. Математика. Механика. Информатика. 2021. Т. 21, вып. 4. С. 503–519. Авторский вклад 0,6 п.л.
4. Радченко В. П., Бербасова Т. И., Шишкин Д. М. Релаксация остаточных напряжений в поверхностно упрочнённом призматическом образце в условиях нагрузки при двухосном нагружении // Прикладная механика и техническая физика. 2021. Т. 62, № 5. С. 184–194. Авторский вклад 0,3 п.л.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы официальных оппонентов.

В отзыве официального оппонента **Локощенко А.М.** указаны следующие основные замечания: 1) не проиллюстрировано влияние параметра деформационной анизотропии упрочнения на формирование остаточных напряжений в локальной области концентратора напряжений и их релаксацию в процессе ползучести; 2) при решении краевых задач для бездефектных поверхностно упрочненных образ-

цов не использовалось условие равенства нулю моментов, возникающих от собственных напряжений; 3) при решении задач фиктивной термоупругости и термоупругопластичности указано, что температурное поле можно задавать произвольно, однако соискатель использует температурное поле, соответствующее первой задаче теплопроводности с большой разностью температур на противоположных гранях, что увеличивает объём вычислений; 4) предполагалось, что образец прогревается до температуры «эксплуатации» мгновенно, однако такая постановка задачи «нефизична».

В отзыве официального оппонента Сазанова В.П. сформулированы следующие замечания: 1) в качестве исходных данных принята диаграмма растяжения материала ЭП742, что является достаточно некорректным по причине решения всех в работе задач в условиях сжатия; 2) не проведена оценка влияния изгиба на эпюру остаточных напряжений σ_x ; 3) при решении задач для трещиноподобных дефектов не учитывалось условие, связанное с возможным контактом поверхностей; 4) возникает вопрос об универсальности разработанных методов после применения других (кроме виброударной) технологий упрочнения; 5) не учитывалась зависимость коэффициента Пуассона от температуры. Остальные замечания связаны с ограниченным объёмом приведённой в диссертации и автореферате информации по результатам расчётов и методам решения.

На автореферат поступили положительных 8 отзывов от:

1. Д.т.н. В. О. Каледина, проф., зав. научно-исследовательской лабораторией математического моделирования Кузбасского гуманитарно-педагогического института ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет» (г. Новокузнецк).
2. Д.ф.-м.н. П.А. Вельмисова, проф., зав. кафедрой «Высшая математика» ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный технический университет» (г. Ульяновск).
3. Д.ф.-м.н. И.А. Волкова, проф., г.н.с. научно-исследовательского института механики ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет им. Н.И. Лобачевского» (г. Нижний Новгород).
4. Д.ф.-м.н. В.Э. Вильдемана, проф., зав. каф. экспериментальной механики и конструкционного материаловедения, директора Центра экспериментальной механики и к.ф.-м.н. М.П. Третьякова, доцента кафедры экспериментальной механики и конструкционного материаловедения, с.н.с. Центра экспериментальной механики ФГАОУ ВО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет» (г. Пермь).
5. Д.т.н. В.А. Крысько, проф., Заслуженного деятеля науки и техники РСФСР, зав. каф. «Математика и моделирование» и д.ф.-м.н. М.В. Жигалова, почетного работника сферы образования РФ, доцента, проф. каф. «Математика и моделирование» ФГБОУ ВО «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.» (г. Саратов).
6. Д.т.н. М.А. Легана, доцента, в.н.с. лаборатории статической прочности ФГБУН «Институт гидродинамики им. М.А. Лаврентьева Сибирского отделения РАН» (г. Новосибирск).
7. Д.ф.-м.н. А.А. Бурени-

на, члена-корреспондента РАН, проф., г.н.с. лаборатории проблем создания и обработка материалов и изделий Института машиноведения и металлургии Дальневосточного отделения РАН ФГБУН «Хабаровский федеральный исследовательский центр Дальневосточного отделения РАН» (г. Комсомольск-на-Амуре). 8. Д.Ф.-м.н. А.В. Ковалева, зав. каф. «Механика и компьютерное моделирование», проф. и д.Ф.-м.н. Д.В. Гоцева, проф. каф. «Механика и компьютерное моделирование» ФГБОУ ВПО «Воронежский государственный университет» (г. Воронеж).

В замечаниях указано на неполное описание методов исследования на сходимость решений и их адекватность; выбора теории пластичности при численном решении; особенностей решения задач термоупругопластичности. Остальные замечания связаны с ограниченным объёмом автореферата, на которые даны ответы в диссертации.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывает-ся их высокой компетентностью в области решения задач реконструкции остаточных напряжений после процедуры упрочнения, а также их релаксации в условиях ползучести, что подтверждается публикациями в научных изданиях в сфере исследования соискателя.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработаны численные методы реконструкции остаточных напряжений и их релаксации в условиях реологического деформирования в поверхностно упрочненных призматических образцах с концентраторами напряжений с неупрочненной поверхностью;

предложен и реализован новый метод расчета релаксации остаточных напряжений в поверхностно упрочненных призматических образцах с концентраторами напряжений в условиях температурного и температурно-силового нагружения;

доказана перспективность предложенных методик реконструкции и релаксации остаточных напряжений в теоретических исследованиях и прикладных задачах авиа двигателестроения и энергетического машиностроения.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

доказано, что разработанные методы расчёта остаточных напряжений для поверхностно упрочнённых призматических образцов с концентраторами напряжений обобщают существующие аналоги и позволяют существенно расширить понимание процессов релаксации остаточных напряжений;

применительно к проблематике диссертации результативно **использованы** положения механики деформируемого твердого тела, вычислительной математики, информационных технологий к решению новых задач формирования и релаксации остаточных напряжений в поверхностно упрочнённом слое призматических эле-

ментов конструкций с концентраторами напряжений в форме надрезов и трещиноподобных дефектов;

установлены и изложены закономерности распределения остаточных напряжений в призматических образцах с концентраторами напряжений после упрочнения и в любые временные сечения в процессе их релаксации в условиях ползучести;

раскрыты и изучены неклассические результаты формирования полей остаточных напряжений в области локальной концентрации напряжений в поверхностно упрочнённых призматических образцах в зависимости от формы и геометрии надрезов и трещиноподобных дефектов при решении задач в упругой и упругопластической постановках;

проведена модернизация существующих математических моделей формирования и релаксации остаточных напряжений, разработанных для гладких упрочнённых деталей, на случай призматических образцов с концентраторами напряжений.

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

разработаны и внедрены методики расчёта напряжённо-деформированного состояния поверхностно упрочнённых призматических элементов конструкций с концентраторами напряжений в учебный процесс ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет» и в расчётную практику профильных отделов ПАО «ОДК-Кузнецова» (г. Самара)

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

выявлены закономерности распределения остаточных напряжений в призматических деталях из сплава ЭП742 в локальных областях концентрации напряжений, которые могут быть использованы для оценки эффективности поверхностного пластического упрочнения в условиях высоких температур и действия механических эксплуатационных нагрузок;

разработаны новые алгоритмические и программные продукты для реализации методов решения краевых задач реконструкции остаточных напряжений и их релаксации в процессе ползучести для призматических конструктивных элементов с концентраторами напряжений.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

теория основана на известных базовых положениях и постулатах механики деформируемого твёрдого тела и обобщении методов решения краевых задач с начальным напряжённо-деформированным состоянием для гладких деталей;

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 сравнения с данными расчёта по разработанным моделям;

установлено качественное и количественное совпадение авторских результатов с данными, представленными в независимых источниках.

Личный вклад соискателя состоит в: совместной разработке математических моделей реконструкции остаточного напряжённо-деформированного состояния после упрочнения в рассмотренных элементах конструкций и методов расчёта релаксации остаточных напряжений в процессе ползучести, исследовании полей остаточных напряжений и деформаций после упрочнения и в процессе ползучести при температурно-силовых режимах нагружений, разработке алгоритмического и программного обеспечения, численного решения всех задач, анализе полученных результатов, формулировке основных научных положений и выводов.

В ходе защиты диссертации были высказаны следующие замечания:

1) каким образом учитывались дополнительные остаточные напряжения при нанесении надрезов механическим способом?

2) почему не учитывалось условие самоуравновешенности для моментов?

Соискатель Шишкин Д.М. ответил на задаваемые ему в ходе заседания вопросы и привел собственную аргументацию.

На заседании 23 декабря 2021 года диссертационный совет принял решение присудить Шишкину Дмитрию Михайловичу ученую степень кандидата технических наук по специальности 1.1.8 Механика деформируемого твердого тела за решение задачи разработки методов расчета остаточных напряжений в поверхностно упрочненных призматических деталях с концентраторами напряжений в условиях реологического деформирования, имеющей существенное значение для развития механики деформируемого твердого тела.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 16 человек, из них 9 докторов наук по специальности 1.1.8, участвующих в заседании, из 22 человек, входящих в состав совета, дополнительно введено на разовую защиту 0 человек, проголосовали: «за» присуждение ученой степени – 15 человек; «против» – 1 человек.

Председатель диссертационного совета 99.2.039.02 (Д.999.122.02)

Секретарь диссертационного совета 99.2.039.02 (Д.999.122.02)
23 декабря 2021 г.

Клебанов Яков Мордухович

Луд Альфия Расимовна

