

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 004.036.01 НА БАЗЕ
ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ НАУКИ
ПЕРМСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР
(ФИЛИАЛ – ИНСТИТУТ МЕХАНИКИ СПЛОШНЫХ СРЕД)
УРАЛЬСКОГО ОТДЕЛЕНИЯ РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК
ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № _____
решение диссертационного совета от 24.09.2025 № 160

О присуждении Косову Дмитрию Александровичу, гражданину России, ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «Прогнозирование усталости и развития трещин на основе связанных континуальных моделей и фазовых полей разрушений» по специальности 1.1.8 – «Механика деформируемого твёрдого тела» принята к защите 25.06.2025, протокол № 154, диссертационным советом Д 004.036.01 на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Пермский федеральный исследовательский центр (филиал – Институт механики сплошных сред) Уральского отделения Российской академии наук, 614013, г. Пермь, ул. Академика Королева, д. 1, утвержденным приказом Минобрнауки России № 87/нк от 26 января 2018 г.

Соискатель Косов Дмитрий Александрович 1996 г. рождения, в 2020 г. окончил ФГБОУ ВО "Казанский государственный энергетический университет" по специальности «Теплоэнергетика и теплотехника». С 2020 г. обучается в аспирантуре очной формы обучения ФГБУН "Федеральный исследовательский центр "Казанский научный центр Российской академии наук" (ФИЦ КазНЦ РАН) по научной специальности 1.1.8 – Механика деформируемого твердого тела. В настоящее время работает младшим научным сотрудником лаборатории прочности Института энергетики и перспективных технологий ФГБУН ФИЦ КазНЦ РАН. Диссертация выполнена в ФГБУН ФИЦ КазНЦ РАН.

Научный руководитель – д.т.н., профессор, руководитель научного направления "Энергетика" Института энергетики и перспективных технологий ФГБУН ФИЦ КазНЦ РАН Шлянников Валерий Николаевич.

Официальные оппоненты:

1. Каюмов Рашит Абдулхакович, доктор физико-математических наук (01.02.04), профессор, профессор кафедры механики ФГБОУ ВО «Казанский государственный архитектурно-строительный университет», г.Казань;
2. Панин Сергей Викторович, доктор технических наук (01.02.04), профессор, заведующий лабораторией механики полимерных композиционных материалов, главный научный сотрудник ФГБУН "Институт физики прочности и материаловедения Сибирского отделения Российской академии наук" (г. Томск);
дали положительные отзывы на диссертацию

Ведущая организация: Федеральное государственное бюджетное учреждение науки "Институт машиноведения имени Э.С. Горкунова Уральского отделения Российской академии наук" (ИМАШ УрО РАН), г. Екатеринбург, в своем положительном заключении, составленным С.В.Смирновым, д.т.н., членом-корреспондентом РАН,

заведующим лабораторией микромеханики материалов ИМАШ УрО РАН, и утвержденном директором ФГБУН ИМАШ УрО РАН, д.т.н., доцентом В.П.Швейкиным, указала, что диссертация является законченной научно-исследовательской работой, в котором разработаны и обоснованы расчетно-экспериментальные методы прогнозирования долговечности при малоциклового усталости и моделирования роста трещин при монотонном и циклическом нагружении на основе фазовых полей разрушения с учетом накопления и развития повреждений. Разработанные алгоритмы расчетов и анализа процессов разрушения материалов пригодны для широкого использования и способствуют повышению качества прогнозирования и оптимизации долговечности элементов конструкций. Достоверность и обоснованность результатов диссертации не вызывают сомнений, поскольку они подтверждаются установленным соответствием частных численных и аналитических решений с известными литературными данными других авторов, корректностью математических формулировок, валидацией и верификацией вычислительных моделей по отношению к экспериментальным исследованиям, выполненным в рамках настоящей работы. Представленная диссертационная работа «Прогнозирование усталости и развития трещин на основе связанных континуальных моделей и фазовых полей разрушений» по специальности 1.1.8 – «Механика деформируемого твёрдого тела» удовлетворяет требованиям Положения «О присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением правительства РФ №842 от 24.09.2013, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор Косов Дмитрий Александрович заслуживает присуждения ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.1.8 – «Механика деформируемого твёрдого тела».

Соискателем опубликовано 13 статей в ведущих рецензируемых журналах, входящих в перечень, рекомендованный ВАК:

1. Khamidullin R., Shlyannikov V., **Kosov D.**, Zakharov A. Comprehensive study of the structural integrity of a damaged turbine disk using FEM, DIC and phase field methods // International Journal of Fatigue. – 2025. – Vol. 192. Art. Id. № 108720. (WoS, Scopus)

В работе представлен метод прогнозирования долговечности элементов конструкций для стадий образования и роста трещины на основе моделей малоциклового усталости и фазовых полей разрушений, дана оценка остаточной долговечности проушины диска паровой турбины с эксплуатационным повреждением. Авторский вклад Косова Д.А. в публикацию составляет 60%.

2. **Kosov D.**, Tumanov A., Shlyannikov V. ANSYS implementation of the phase field fracture approach // Frattura ed Integrità Strutturale. – 2024. – Vol. 18, № 70. P. 133-156. (WoS, Scopus)

В работе представлена формулировка и численная реализация модели фазовых полей разрушений. Выполнено параметрическое исследование развития трещины для сквозных и поверхностных дефектов в условиях чистых и смешанных мод двухосного нагружения. Авторский вклад Косова Д.А. в публикацию составляет 70%.

3. Shlyannikov V., Sulamanidze A., **Kosov D.** Generalization of crack growth mechanisms under isothermal and thermomechanical fatigue by COD and ERR parameters // Theoretical & Applied Fracture Mechanics. – 2024. – Vol. 131. – Art. id. № 104392. (WoS, Scopus)

В работе проведено численно-экспериментальное исследование характеристик разрушения при усталостном росте трещин в условиях изотермического и термомеханического нагружения. Предложен подход к определению критической скорости высвобождения энергии как параметра модели фазовых полей разрушения. Установлены связи между параметрами сопротивления разрушению и доминирующими механизмами разрушения по результатам фрактографического анализа. Авторский вклад Косова Д.А. в публикацию составляет 50%.

4. Shlyannikov V., Sulamanidze A., **Kosov D.** Crack growth analysis of XH73M nickel alloy under fatigue, creep-fatigue interaction and thermo-mechanical conditions // *Procedia Structural Integrity*. – 2024. – Vol. 52, № 1. – P. 214-223. (WoS, Scopus)

В работе представлена методика исследования роста трещин при термомеханическом нагружении. Приведены результаты испытаний сплава XH73M при различных температурных режимах и формах циклов, установлены зависимости скорости роста трещины от типа нагружения. Авторский вклад Косова Д.А. в публикацию составляет 65%.

5. Fedorenkov D.I., **Kosov D.A.**, Tumanov A.V. A method of determining the constants and parameters of a damage accumulation model with isotropic and kinematic hardening // *Physical Mesomechanics*. – 2023. – Vol. 26, № 2. – P. 157-166. (Scopus, ВАК)

В работе предложен метод определения параметров модели накопления повреждений с использованием законов изотропного и кинематического упрочнения. Метод основан на результатах испытаний на одноосное растяжение и малоцикловую усталость стали P2M. Авторский вклад Косова Д.А. в публикацию составляет 50%.

6. **Косов Д.А.**, Федоренков Д.И. Анализ напряженно-деформированного состояния алюминиевого сплава Д16Т при сложном напряжённом состоянии с учетом поврежденности // *Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Механика*. – 2023. – № 4. – С. 45-53. (Scopus, ВАК)

В работе представлены результаты численно-экспериментального исследования предельного состояния алюминиевого сплава Д16Т при многоосном нагружении. Авторский вклад Косова Д.А. в публикацию составляет 80%.

7. Fedorenkov D.I., **Kosov D.A.**, Tumanov A.V. Constants and parameters of the damage accumulation model with isotropic and kinematic hardening for 25Cr1Mo1V steel // *Procedia Structural Integrity*. – 2022. – Vol. 42. – P. 537-544. (WoS)

В работе представлен метод идентификации параметров модели малоциклового усталости с использованием закона комбинированного упрочнения и закона накопления повреждений Lemaitre. Авторский вклад Косова Д.А. в публикацию составляет 50%.

8. Федоренков Д.И., **Косов Д.А.** Реализация модели поврежденности Lemaitre с кинематическим упрочнением в конечно-элементном комплексе ANSYS // *Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Механика*. – 2022. – № 2. – С. 147-157. (Scopus, ВАК)

В работе представлена формулировка и численная реализация континуальной модели разрушения, включающая в себе закон накопления повреждений Lemaitre и комбинированный закон упрочнения. Верификация модели проведена по отношению к экспериментальным и литературным данным. Авторский вклад Косова Д.А. в публикацию составляет 70%.

9. **Kosov D.**, Fedorenkov D., Tumanov A. Complex stress state analysis for aluminum alloy accounting for damage accumulation // Procedia Structural Integrity. – 2022. – Vol. 42. – P. 545-552. (WoS, Scopus)

Выполнено численно-экспериментальное исследование предельного состояния алюминиевого сплава 2024 при сложном напряжённом состоянии с учётом накопления повреждений. Рассмотрены различные виды комбинированного нагружения: растяжение, сжатие, кручение и внутреннее давление. Реализована модель накопления интегрирована в МКЭ-код ANSYS в виде динамически подключаемой библиотеки. Авторский вклад Косова Д.А. в публикацию составляет 70%.

10. Федоренков Д.И., **Косов Д.А.**, Туманов А.В. Методика определения констант и параметров модели накопления повреждений с изотропным и кинематическим упрочнением // Физическая мезомеханика. – 2022. – Т. 25, № 6. – С. 63-74. (Scopus, ВАК)

В работе предложен метод определения параметров модели накопления повреждений с применением законов изотропного и кинематического упрочнения. Авторский вклад Косова Д.А. в публикацию составляет 50%.

11. Shlyannikov V., **Kosov D.**, Fedorenkov D., Zhang X.-C., Tu S.-T. Size effect in crack growth rate under creep-fatigue interaction in P2M steel // Fatigue & Fracture of Engineering Materials & Structures. – 2021. – Vol. 44, № 12. – P. 3301-3319. (Scopus)

Проведено численно-экспериментальное исследование роста трещин в условиях взаимодействия усталости и ползучести для образцов из стали P2M. Выполнен расчёт полей напряжённо-деформированного состояния и характеристик разрушения. Авторский вклад Косова Д.А. в публикацию составляет 50%.

12. **Косов Д.А.**, Федоренков Д.И., Туманов А.В. Реализация модели поврежденности Lemaitre в конечно-элементном комплексе ANSYS // Труды Академэнерго. – 2020. – № 4(61). – С. 30-48. (ВАК)

В работе проведена интеграция упрощенной модели поврежденности Lemaitre в программный комплекс расчетов по методу конечных элементов ANSYS. Приведено сравнение стадий и полей накопленных повреждений в численном эксперименте с аналогичными результатами известными в литературе. Авторский вклад Косова Д.А. в публикацию составляет 70%.

13. Захаров А.П., **Косов Д.А.**, Федоренков Д.И., Федотова Д.В. Закономерности развития поверхностных трещин в материале лопаток паровых турбин // Труды Академэнерго. – 2019. – № 3(56). – С. 107-121. (ВАК)

В работе проведены численные исследования закономерностей развития полуэллиптических трещин в образцах с различными исходными надрезами, имитирующими эксплуатационные повреждения на передней кромке рабочих лопаток паровых турбин. Авторский вклад Косова Д.А. в публикацию составляет 50%.

Публикации содержат в сумме 195 страницы и в полной мере отражают основные научные результаты работы. Недостоверные сведения об опубликованных соискателем работах в тексте диссертации отсутствуют.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы: от оппонентов и ведущей организации.

1. Положительный отзыв официального оппонента Каюмова Р.А. В отзыве

отмечено, что полученные результаты диссертационной работы являются новыми, вписываются в современные тренды расчетно-экспериментальных исследований, положения, выносимые на защиту и выводы по достижению цели работы убедительно аргументированы и подтверждены соответствующими разделами текста диссертации. Оппонент отмечает следующие замечания:

- сопоставление идет только по малому промежутку циклов (от 200 до 1000);
- наблюдается расхождение при сравнении результатов автора с литературными данными на рис. 2.2.5 при высоких значениях параметра поврежденности.
- обоснование разработанных автором моделей в каждом случае сравнения дано только на примере одного материала;
- при рассмотрении уравнений (3.1.17) и (3.1.18) автор указывает на разложение энергии на отдельные компоненты. Однако энергия является скалярной физической величиной. Поэтому её интерпретация через «компоненты» требует пояснения.

2. Положительный отзыв официального оппонента Панина С.В. В отзыве представлен анализ структуры и содержания диссертации, отмечены актуальность и степень разработанности темы исследований, научная новизна, а также теоретическая и практическая значимость результатов, обоснованность научных положений, выводов и достоверность результатов исследований.

Оппонент отмечает следующие замечания по диссертации и автореферату:

- пожелание к изложению положений, выносимых на защиту;
- не приводится расшифровка цветовой шкалы при рассмотрении фазового поля;
- в работе не сообщается, что автор понимает под термином «параметр структуры», используемый на стр. 97;
- словосочетание «зернистая» структура является непривычным в среде металлофизиков;
- для сплавов с зеренной структурой характерен один доминирующий механизм разрушения и не факт, что определяющим фактором является модуль упругости материала в теле на границе зерен.
- не приведено обоснование столь малого значения коэффициента асимметрии цикла в испытаниях, описанных стр. 122, и предположений о возможном его влиянии на результаты расчетов.

3. Положительный отзыв ведущей организации ИМАШ УрО РАН. В отзыве отмечается, что диссертация оставляет очень благоприятное впечатление, так как в ней получено значительное количество интересных научно-методических результатов, проведен большой объем теоретической, вычислительной и экспериментальной работы, которая позволила не только получить новые интересные результаты, но и грамотно сформулировать перспективные пути их дальнейшего развития. Полученные результаты имеют как фундаментальное значение, так и существенную практическую значимость – Разработанные и реализованные в вычислительном комплексе новые алгоритмы расчетов и анализа процессов разрушения материалов пригодны для широкого использования и способствуют повышению качества прогнозирования и оптимизации долговечности элементов конструкций. Возможность практического приложения результатов проведенных исследований показана на примере расчетов остаточной

долговечности элемента диска паровой турбины с эксплуатационным повреждением. Ведущая организация отмечает следующие замечания:

- в тексте диссертации, в отличие от автореферата, отсутствует подраздел, в котором представлена информация о связи выполненных исследований с тематикой НИР организации, где выполнялась работа;
- отсутствует информация о том, была ли проведена предварительная термическая обработка материалов образцов;
- скорость накопления поврежденности при деформации зависят не только от показателя трехосности напряженного состояния, но и от показателя Лоде;
- не рассматривается закритическая стадия деформирования;
- неясно какую размерность имеет функция γ плотности энергии поверхностных сил;
- не приведено обоснование выбора критического значения параметра поврежденности;
- эксплуатация турбины осуществляется при температуре до 550°C , а испытания всех свойств были проведены при комнатной температуре.

На автореферат поступило 8 отзывов:

1. Положительный отзыв от Бережного Д.В., д.ф.-м.н., доцента, профессора кафедры теоретической механики Института математики и механики им. Н.И.Лобачевского ФГАОУ ВО "Казанский (Приволжский) федеральный университет", г. Казань (2 замечания);
2. Положительный отзыв от Ильиных А.В., к.т.н., доцента кафедры экспериментальной механики и конструкционного материаловедения ФГАОУ ВО "Пермский национальный исследовательский политехнический университет", г. Пермь (1 замечание);
3. Положительный отзыв от Матвиенко Ю.Г., д.т.н., профессора, заведующего отделом прочности, живучести и безопасности машин ФГБУН "Институт машиноведения им. А.А.Благодатова РАН", г. Москва (1 замечание);
4. Положительный отзыв от Москвичева В.В., д.т.н., профессора, научного руководителя, главного научного сотрудника Красноярского филиала ФГБУН "Федеральный исследовательский центр информационных и вычислительных технологий", г. Красноярск (4 замечания);
5. Положительный отзыв от Мурашова М.В., д.т.н., доцента, профессора кафедры компьютерных систем автоматизации производства ФГАОУ ВО "Московский государственный технический университет им. Н.Э.Баумана", г. Москва (5 замечаний);
6. Положительный отзыв от Семенова А.С., д.ф.-м.н., профессора Высшей школы механики и процессов управления ФГБОУ ВО "Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого", г. Санкт-Петербург (7 замечаний);
7. Положительный отзыв от Степановой Л.В., д.ф.-м.н., доцента, заведующей кафедрой математического моделирования в механике ФГАОУ ВО "Самарский национальный исследовательский университет им. С.П.Королева", г. Самара (6 замечаний);
8. Положительный отзыв от Шанявского А.А., д.т.н., профессора, ведущего научного сотрудника отдела информатизации, математического моделирования и управления ФГБУН "Институт автоматизации проектирования РАН", г. Москва (без замечаний).

В отзывах на автореферат содержатся следующие замечания:

- отсутствуют указания, на каких конструкционных материалах проводились экспериментальные исследования;
- В автореферате целесообразно было в явном виде представить определение числа циклов до разрушения, включая алгоритм его определения;
- следовало конкретизировать роль и влияние степени упрочнения и объемности напряженного состояния на формирование фазовых полей разрушений;
- замечания к оформлению представленных уравнений 8-10;
- отсутствуют конкретные рекомендации по выбору функции плотности энергии деформирования;
- отсутствует расшифровка цветовых шкал при рассмотрении фазового поля;
- отсутствует объяснение высоких значений параметра фазового поля на свободной поверхности вдали от трещины;
- не описано какими преимуществами обладает модель Лемэтра;
- вопрос о накоплении повреждений с течением времени;
- вопрос о методе определения масштабного параметра фазового поля;
- в автореферате отсутствуют сведения о достижениях и современном состоянии в области науки, имена ученых, внесших весомый вклад в рассматриваемую в диссертации проблему;
- необходимо определение стадии и критерия образования начальных дефектов;
- вопрос о преимуществе метода фазового поля разрушения;
- вопрос о границе применимости разработанных моделей;
- не представлены сопоставления с экспериментальными данными по микроструктурным особенностям разрушения;

В отзывах отмечено, что диссертация является законченным исследованием и представляет научный интерес, прошла достаточную апробацию, содержит новые результаты, достоверность которых обоснована, тема работы является актуальной, результаты имеют высокую научную ценность и большое прикладное значение.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается следующим:

официальные оппоненты являются одними из ведущих специалистов в области фундаментальных основ прочности, пластичности и разрушения, математических методов моделирования, численных расчетов, металлографических и фрактографических исследований механизмов и процессов разрушения, оценки несущей способности элементов конструкций; обладают достаточной квалификацией, позволяющей оценить новизну представленных на защиту результатов, их научную и практическую значимость, обоснованность и достоверность полученных выводов;

ведущая организация ИМАШ УрО РАН является одним из ведущих научных центров в области исследований термического и механического воздействия на характеристики материалов и элементов конструкций, в котором активно выполняются фундаментальные и прикладные исследования по широкому спектру проблем теоретической, прикладной, вычислительной и экспериментальной механики, инженерным приложениям в наукоемком машиностроении. Научные школы ИМАШ

Уро РАН поддерживаются грантами ведущих научных фондов и контрактами с предприятиями промышленности. Объектами исследований сотрудников ИМАШ Уро РАН выступают конструкционные и жаропрочные сплавы с учетом процессов накопления повреждений и деградации материалов с привлечением электромагнитных инструментов анализа, в том числе сплавов на основе никеля. Отзыв ведущей организации, содержащий подробную, по главам, характеристику содержания диссертационной работы; высокую положительную оценку актуальности темы исследования, достоверности, новизны, теоретической и практической значимости изложенных результатов обсужден и одобрен на научном семинаре лаборатории микромеханики материалов ИМАШ Уро РАН в присутствии признанных авторитетных специалистов по теме защищаемой диссертации.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработана расчетно-экспериментальная методика прогнозирования долговечности при малоцикловой усталости с использованием решения связанной задачи пластического течения, накопления поврежденности и описания роста трещин при монотонном и циклическом нагружении на основе модели фазового поля разрушения;

предложен метод моделирования доминирующих механизмов разрушения, накопления и развития повреждений в материале зеренной структуры по теории фазового поля разрушения на основе дискретизации расчётной области мозаикой Вороного;

доказано существование эффектов влияния смешанных форм деформирования и сложного напряженного состояния на развитие сквозных и поверхностных дефектов в трехмерных телах при линейном и нелинейном монотонном и циклическом деформировании в терминах фазового поля разрушения;

введены новые параметры масштаба фазового поля и повреждения сплошной среды при формулировке полной энергии и составляющих плотности энергии деформации, новый тип конечного элемента при реализации метода фазового поля разрушения для трехмерных задач, новые функции деградации для условий монотонного и циклического нагружения.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

доказаны применимость разработанной модели поврежденности для описания процессов зарождения дефектов при малоцикловой усталости и возможность использования модифицированной модели фазового поля разрушения для описания процессов развития трещин и прогнозирования долговечности.

Применительно к проблематике диссертации результативно (эффективно, то есть с получением обладающих новизной результатов):

использованы численные и экспериментальные методы исследования механизмов разрушения, характеристик долговечности, закономерностей накопления и развития повреждений с применением электронной и оптической микроскопии;

изложены результаты численных параметрических исследований и моделирования для обоснования совместного применения континуальных моделей поврежденности и метода фазового поля разрушения для прогноза долговечности на стадиях образования и развития дефектов в материалах и элементах конструкций;

раскрыты особенности эволюции повреждений и трещинообразования, связанные с нелинейным деформированием и усталостной деградацией свойств материала при сложном напряженном состоянии;

изучены взаимосвязи параметров моделей поврежденности и фазового поля разрушения с механизмами зарождения и развития трещин на макро и мезомасштабном уровне;

проведена модернизация алгоритмов и вычислительных кодов для расчета малоциклового усталости и фазового поля разрушения в рамках метода конечных элементов, обеспечивающих интеграцию разработанных моделей для прогнозирования долговечности элементов конструкций.

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

разработаны и внедрены расчетно-экспериментальные методы определения констант определяющих соотношений малоциклового усталости; методы расчета долговечности диска паровой турбины с эксплуатационным повреждением для стадий появления и развития дефектов, основанные на совместном применении модели малоциклового усталости и метода фазового поля разрушения;

определены области нелинейного циклического деформирования в зонах концентрации напряжений и деформаций; параметры разработанных моделей поврежденности и фазового поля разрушения, характеризующие переход от зарождения дефекта к его развитию; полученные результаты могут быть использованы в практических приложениях при прогнозных оценках остаточной долговечности элементов конструкций авиационного и энергетического машиностроения;

создана программа (вычислительный код) и новый тип конечный элемент с функциями повреждений для численного исследования процессов развития трещин в материалах и элементах конструкций; программа для построения зеренной структуры материала по заданным структурным характеристикам;

представлены рекомендации для использования результатов в авиационной и энергетической отраслях и описаны границы применимости разработанных математических моделей.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:
для экспериментальных работ исследования проведены с применением метрологически обеспеченного экспериментального оборудования, что позволило обеспечить воспроизводимость и высокую точность полученных результатов;

теория построена на известных законах накопления повреждений, законах изотропного и кинематического упрочнения, энергетического баланса Гриффитса;

идея базируется на анализе и обобщении оригинальных результатов экспериментального исследования характеристик малоциклового усталости, моделирования и описания процессов развития трещин;

использованы сравнения результатов численных расчетов сопряженной задачи прогнозирования долговечности с известными из литературы частными случаями;

установлено соответствие результатов численного моделирования с литературными и экспериментальными данными по определению долговечности материала; качественное

согласие фазового поля разрушения с морфологией изломов по данным сканирующей электронной микроскопии;

использованы эффективные и верифицированные численные методы, современное вычислительное оборудование.

Личный вклад соискателя состоит в формировании общей системы разрешающих уравнений, разработке алгоритма и вычислительного кода, получении всех численных результатов, моделировании зеренной структуры материала, проведении испытаний на малоцикловую усталость; постановка задач, обсуждение и анализ результатов осуществлены совместно с научным руководителем В.Н. Шлянниковым и соавтором публикаций А.В. Тумановым.

Диссертация охватывает основные вопросы поставленной научной задачи (проблемы) и соответствует критерию внутреннего единства, что подтверждается наличием последовательного плана исследования, концептуальности и взаимосвязи основных выводов.

Диссертационный совет пришел к выводу о том, что диссертация представляет собой законченную научно-квалификационную работу, которая соответствует требованиям п. 9 "Положения о присуждении ученых степеней" № 842, утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г.: в ней содержится решение задачи прогнозирования долговечности при малоцикловой усталости и моделирования роста трещин при монотонном и циклическом нагружении на основе связанных континуальных моделей и метода фазового поля разрушения, с учетом процессов накопления и развития повреждений в материалах и элементах конструкций, при сложном напряжённом состоянии в трёхмерных телах, при линейном и нелинейном монотонном и циклическом деформировании.

На заседании 24 сентября 2025 г. диссертационный совет принял решение присудить Косову Д.А. ученую степень кандидата физико-математических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 16 человека, из них 8 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 21 человека, входящего в состав совета, дополнительно введено на разовую защиту 0 человек, проголосовали: за – 16, против – 0, не проголосовало – 0.

Председатель
диссертационного совета Д 004.036.01
д.т.н., профессор, академик РАН
Матвеев Валерий Павлович

 / Матвеев В.П.

Ученый секретарь
диссертационного совета Д 004.036.01
д.ф.-м.н., доцент
Зуев Андрей Леонидович

 / Зуев А.Л.


М.П.

26 сентября 2025 г.