

## СВЕДЕНИЯ О РЕЗУЛЬТАТАХ ПУБЛИЧНОЙ ЗАЩИТЫ ДИССЕРТАЦИИ

**Диссертационный совет:** Д 212.125.05

**Соискатель:** Тараканов Павел Владимирович

**Тема диссертации:** Разработка методики оценки влияния водородсодержащей среды на скорость роста трещин при статическом и циклическом нагружении

**Специальностям:** 01.02.04 – «Механика деформируемого твердого тела»

**Решение диссертационного совета по результатам защиты диссертации:**

На заседании 25 сентября 2019 года диссертационный совет принял решение присудить Тараканову Павлу Владимировичу ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 25 человек, из них 5 докторов наук по специальности 01.02.04 «Механика деформируемого твердого тела», участвовавших в заседании, из 25 человек, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту 0 человек, проголосовали: за 17, против 0, недействительных бюллетеней 0.

Присутствовали: председатель диссертационного совета д.ф.-м.н., проф. Тарлаковский Д.В., заместитель председателя диссертационного совета д.т.н., проф. Фирсанов В.В., ученый секретарь диссертационного совета, к.ф.-м.н., доц. Федотенков Г.В., д.т.н., проф. Антуфьев Б.А., д.ф.-м.н., доц. Вестяк В.А., д.ф.-м.н., проф. Гришанина Т.В., д.т.н., проф. Дмитриев В.Г., д.т.н., проф. Зверьев Е.М., д.ф.-м.н., проф. Кузнецов Е.Б., д.т.н., проф. Меркурьев И.В., д.ф.-м.н., проф. Мовчан А.А., д.ф.-м.н., проф. Рабинский Л.Н., д.ф.-м.н., проф. Рыбаков Л.С., д.т.н., проф. Сидоренко А.С., д.ф.-м.н., с.н.с. Солдатенков И.А., д.т.н., проф. Туркин И.К., д.т.н., проф. Тютюнников Н.П.

Ученый секретарь  
диссертационного совета Д 212.125.05



Федотенков Г.В.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ ДИССЕРТАЦИОННОГО СОВЕТА Д 212.125.05, СОЗДАННОГО  
НА БАЗЕ ФЕДЕРАЛЬНОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО БЮДЖЕТНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ «МОСКОВСКИЙ АВИАЦИОННЫЙ ИНСТИТУТ (НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)» МИНИСТЕРСТВА НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ ПО ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА НАУК

аттестационное дело № \_\_\_\_\_

решение диссертационного совета от «25» сентября 2019 г. № 15

О присуждении Тарakanову Павлу Владимировичу, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата технических наук.

Диссертация «Разработка методики оценки влияния водородсодержащей среды на скорость роста трещин при статическом и циклическом нагружении» по специальности 01.02.04 «Механика деформируемого твердого тела», принята к защите «24» мая 2019 г., протокол № 14, диссертационным советом Д 212.125.05, созданным на базе ФГБОУ ВО «Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет)» Министерства науки и высшего образования РФ, 125993, г. Москва, Волоколамское шоссе, д. 4, приказ о создании диссертационного совета Д 212.125.05 – № 105/нк от «11» апреля 2012 г.

Соискатель Тараканов Павел Владимирович, 1987 года рождения, в 2010 году окончил с отличием федеральное государственное бюджетное учреждение высшего профессионального образования «Московский государственный технический университете имени Н.Э. Баумана».

Соискатель ученой степени в 2013 году окончил очную аспирантуру федерального государственного бюджетного учреждения науки Института машиноведения Российской академии наук им. А.А. Благонравова (ИМАШ РАН). Диссертация выполнена в лаборатории механики термоциклического разрушения федерального государственного бюджетного учреждения науки Института машинове-

дения Российской академии наук им. А.А. Благонравова (ИМАШ РАН) Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

С 2017 года по настоящее время работает главным специалистом в Акционерном обществе «Всероссийский научно-исследовательский институт по эксплуатации атомных электростанций» (АО «ВНИИАЭС»).

Научный руководитель – доктор технических наук, профессор **Романов Александр Никитович**, заведующий отделом «Конструкционное материаловедение» ИМАШ РАН.

Официальные оппоненты:

**Морозов Евгений Михайлович**, доктор технических наук, профессор, профессор по кафедре «Физика прочности» федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»,

**Шипков Андрей Анатольевич**, кандидат технических наук, доцент по кафедре «Робототехника, мехатроника, динамика и прочность машин» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский университет МЭИ»,

**дали положительные отзывы на диссертацию.**

Ведущая организация **Государственный научный центр Российской Федерации Акционерное Общество «Научно-производственное объединение «Центральный научно-исследовательский институт технологии машиностроения», (АО «НПО «ЦНИИТМАШ»)** г. Москва в своем положительном отзыве, подписанном, доктором технических наук, Председателем Научно-технического совета ИНМиМ, Ушаковым Валентином Михайловичем, кандидатом технических наук, главным научным сотрудником института материаловедения Кунавиным Сергеем Алексеевичем и утвержденном генеральным директором АО «НПО ЦНИИТМАШ», доктором технических наук Орловым Виктором Валерьевичем, указала, что диссертация является законченной научно-квалификационной работой и содержит решение научно-технической задачи, имеющей значение для развития механики деформируемого твердого тела и отве-

чает требованиям п.9 Положения о порядке присуждения ученых степеней, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор Тараканов Павел Владимирович заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 01.02.04 – «Механика деформируемого твердого тела».

Соискатель имеет 26 опубликованных работ по теме диссертации, в том числе 4 работы, опубликованные в рецензируемых научных изданиях, а также 10 статей в зарубежных изданиях, входящих в базы данных Scopus и Web of Science, а также 12 работ в других изданиях.

Наиболее значимые работы по теме диссертации:

1. Романов А.Н., Тараканов П.В., Шашурин Г.В. Инженерная модель роста трещин в металлах и сплавах, обусловленного влиянием агрессивной водородсодержащей среды // Проблемы машиностроения и надежности машин. 2014. № 6. С. 53-57.

2. Романов А.Н., Тараканов П.В., Шашурин Г.В., Берчун Ю.В., Резчикова Л.А., Сокольников П.С. Моделирование роста трещин в наводороживаемых высокопрочных сталях при циклическом нагружении // Проблемы машиностроения и автоматизации. 2014. № 4. С. 87-93.

3. Романов А.Н., Тараканов П.В., Шашурин Г.В. К вопросу о влиянии водородного охрупчивания на разрушение элементов конструкций с трещинами // Машиностроение и инженерное образование. 2015. №3. С. 2-14.

4. Кишлаков Д.Л., Тараканов П.В., Шашурин Г.В., Берчун Ю.В. Эффективность облачных вычислений в моделировании кинетики трещин в наводороженных элементах конструкций // Информационные технологии. 2017. т. 23, № 2. С. 113-120.

5. Tarakanov P., Romanov A., Shashurin G. Numerical life estimation of structure components subjected to hydrogen embrittlement and cycling // Key Engineering Materials. 2014. V. 592-593, P. 117-120.

6. Shashurin G.V., Tarakanov P.V., Rezchikova L.A. Crack growth features in hydrogenating high-strength steel AISI 4340 under cycling // Advanced Materials Research. 2014. V. 960-961, P. 22-26.

7. Tarakanov P., Shashurin G., Romanov A. Empirically-specified environmental assisted cracking model // *Procedia Engineering*. 2014. V. 74. P. 339-342.

8. Sokolnikov P., Berchun Yu., Shashurin G., Tarakanov P., Rezchikova L., Romanov A. Stochastic Simulation of Crack Growth in Hydrogenating and Cycling High-strength Steels via Cloud Computing // *Advanced Materials Research*. 2014. V. 1008-1009, P. 1130-1133.

9. Romanov A.N., Tarakanov P.V., Shashurin G.V. Engineering Model of Crack Development in Metals and Alloys under Corrosion Hydrogen Media // *Journal of Machinery Manufacture and Reliability*. 2014. V. 43, № 6. P. 503-207.

10. Tarakanov P. Cracked high-strength bolt under cycling and hydrogen environment durability estimation using accurate and approximate models // *Procedia Engineering*. 2015. V. 109. P. 403-409.

11. Shashurin G., Tarakanov P. Technique for improving Paris-Erdogan constants of steels in hydrogen environment // *Procedia Engineering*. 2015. V. 109. P. 197-201.

12. Tarakanov P., Shashurin G., Romanov A. Simulation of hydrogen assisted-cracking in terms of its growth phenomenon // *Theoretical and Applied Fracture Mechanics*. 2016. V. 82. P. 2-8.

13. Kishalakov D., Tarakanov P., Shashurin G., Berchun Yu. Hydrogen Aggressive Media Impact on Cycling Durability of Structure Components // *Material Science Forum*. 2016. V. 844. P. 27-30.

14. Kishalakov D., Tarakanov P., Shashurin G., Berchun Yu. Cloud Applications Performance in Crack Growth Simulations of Pre-hydrogenated Structure Components // *Materials Science Forum*. 2016. V. 844. P. 97-102.

В этих и остальных работах изложены и обоснованы основные результаты автора по разработке метода оценки роста трещин в элементах конструкций при статическом и циклическом нагружении в условиях воздействия водородсодержащей среды. Вклад в публикации, выполненные в соавторстве, состоит в участии в формулировке постановок задач, разработке алгоритмов их решения и в выполнении численных расчетов.

На диссертацию и автореферат поступили отзывы:

от официальных оппонентов и ведущей организации, отзывы положительные;

от доктора технических наук, ведущего научного сотрудника лаборатории вероятностных методов расчетов на прочность Национального исследовательского центра «Курчатовский институт», Киселева Алексея Сергеевича, отзыв положительный;

от доктора технических наук, профессора кафедры теории упругости федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет», Разова Александра Игоревича, отзыв положительный;

от доктора технических наук, профессора, руководителя научно-учебного комплекса «Робототехника и комплексная автоматизация» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)» (МГТУ им. Н.Э. Баумана), Тимофеева Геннадия Алексеевича, отзыв положительный;

от доктора технических наук, доцента, заведующего кафедрой «Трубопроводные транспортные системы» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Брянский государственный технический университет», Шалыгина Михаила Геннадьевича, отзыв положительный;

от доктора физико-математических наук, доцента кафедры «Теория упругости» федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова», Элеоноры Борисовны Завойчинской, отзыв положительный.

В поступивших отзывах отмечена актуальность темы диссертационного исследования, дан краткий обзор работы по главам, отмечены актуальность, новизна, достоверность полученных автором результатов и их практическая значимость.

В отзыве официальных оппонентов и ведущей организации имеются следующие основные критические замечания:

1. Не рассмотрен рост трещин при температурах возникновения ползучести.
2. Количество входных параметров, необходимых для проведения моделирования роста трещин достаточно велико, что может затруднить использование разработанной автором методики.
3. Автор предполагает материал линейно-упругим (стр. 49). При этом, для приведенных в тексте диссертации примеров трещин (например, на рис. 2.1, рис. 3.5 и др.) не указывается, какие величины напряжений на фронте трещины получены при проведении расчетных исследований. Оценке погрешности, вносимой этим предположением в диссертации не дано.
4. В главе 4.2 используется конечно-элементное моделирование для получение полей напряжений в металле элемента трубопровода (гиба), содержащего на внутренней стороне плоскую полуэллиптическую трещину. Вопросы точности полученных результатов и сходимости численного решения автором в диссертации не рассмотрены.

В отзывах на автореферат следует отметить такие критические замечания:

1. В работе введено предположение, что напряжения у вершины трещины определяются по асимптотической формуле, характерной только для абсолютно упругих материалов. Однако в сталях практически не бывает разрушений без образования пластической зоны у вершины трещины. Тем более, что автор ввел понятие области предразрушения, в которой должны образовываться пластические деформации.
2. В автореферате не приведены функции  $K$ -тарировок, которые были использованы при оценке скорости роста полуэллиптической трещины в гيبة и кольцевой трещины во впадине резьбы болта.
3. Из текста автореферата не понятно, учитывается ли градиент концентрации напряжений и температурный фактор при оценке диффузии водорода.
4. Недостаточно полно изложено введенное автором понятие условного коэффициента интенсивности напряжений.

Замечания, в отзыве на автореферат, поступившем от Разова Александра Игоревича отсутствуют.

**Выбор официальных оппонентов обосновывается** тем, что официальные оппоненты являются ведущими учеными с мировым именем по заявленной научной специальности, имеющими значительное количество публикаций по теме диссертации.

**Выбор ведущей организации обосновывается** тем, что АО «НПО «ЦНИИТМАШ») проводит исследования в области роста трещин в различных элементах конструкций, в том числе с учетом воздействия водородсодержащих сред, о чем свидетельствуют имеющиеся публикации сотрудников ведущей организации.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

**разработаны** научные положения расчета металлоконструкций, работающих в условиях совместного воздействия водородсодержащих сред и механических нагрузок различной природы;

**предложен** специальный двухпараметрический критерий оценки поврежденный материала при статическом и циклическом нагружении с отображением в нем взаимного вклада повреждений от механического нагружения и от водородного воздействия;

**доказано**, что разработанный метод оценки скорости роста трещин в элементах конструкций из металлических материалов при одновременном воздействии водородсодержащей среды и циклического нагружения можно использовать для проведения инженерных оценок живучести указанных элементов конструкций;

**новых понятий не вводилось.**

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

**доказано**, что на диаграммах роста трещин при воздействии водородсодержащей среды и циклического нагружения возможно выявить границы, которые



определяют смену превалирующего механизма разрушения элемента конструкции;

**изложен** новый подход к оценке накопления повреждений вблизи вершины трещины от двух доминирующих механизмов разрушения: водородного охрупчивания и усталостного;

**раскрыто** влияние водородсодержащих сред на изменение скорости роста трещин при статическом и циклическом нагружении;

**изучено** изменение параметров в известных критериях механики разрушения при воздействии на элемент конструкции с трещиной водородсодержащей среды;

**проведена модернизация** существующих критериев механики разрушения с целью учета воздействия водородсодержащей среды на скорость роста трещин.

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

**разработаны** методы оценки скорости развития трещины при статическом и циклическом нагружении с учетом кинетики диффундирования водорода в вершину трещины;

на кинетической диаграмме роста трещины **определены** границы областей, которые характеризуются разрушением преимущественно по механизму водородного охрупчивания или благодаря усталостному накоплению повреждений вблизи вершины;

**создан** новый подход к моделированию разрушения элементов конструкций с трещинами при одновременном воздействии водородсодержащих сред и циклического нагружения;

**представлены** рекомендации и предложения, позволяющие проводить инженерные «экспресс-оценки» характеристик трещиностойкости конструкционных материалов, показателей безопасной эксплуатации элементов машиностроительных конструкций с использованием предложенных методов.

Разработанные методы оценки развития трещин в элементах конструкций при статическом и циклическом нагружении в условиях воздействия водородсо-

держащих сред использованы при разработке лекций и проведении лабораторных работ по курсам: «Физика прочности материалов» (для студентов специальности «Динамика и прочность машин» (150301.02.65)), «Прогнозирование остаточного ресурса» (для бакалавров направления «Прикладная механика» (15.03.03\_02)) МГТУ им Н.Э. Баумана.

**Оценка достоверности результатов исследования выявила:**

**теория** основывается на известных методах построения моделей механики деформируемого твердого тела, а также теоретически обоснованных численных методах решения дифференциальных уравнений в частных производных;

**идея базируется** на классических подходах механики разрушения в совокупности с термодинамическими подходами к описанию совместного проявления механодиффузионных эффектов;

**использовано** сравнение полученных в работе результатов с результатами других авторов;

**установлено** удовлетворительное соответствие полученных результатов с результатами экспериментальных и теоретических работ других авторов;

**использованы** современные программные комплексы, реализующие метод конечных элементов.

**Личный вклад соискателя состоит** в разработке и использовании нового многопараметрического критерия разрушения для оценки скорости роста трещин в элементах конструкций при одновременном воздействии водородсодержащих сред и циклического нагружения, в проведении численных расчетов, анализе результатов исследования и подготовке публикаций по выполненной работе.

Диссертация **Тараканова П.В.** является законченным научно-квалификационным исследованием, содержащим элементы научной новизны, имеющим важное прикладное и фундаментальное значение для развития механики деформируемого твердого тела. Диссертация соответствует требованиям п. 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842.

На заседании 25 сентября 2019 года диссертационный совет принял решение присудить Тараканову Павлу Владимировичу ученую степень кандидата технических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 17 человек, из них 5 докторов наук по научной специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 25 человек, входящих в состав совета, дополнительно введены на разовую защиту 0 человек, проголосовали: за 17, против 0, недействительных бюллетеней 0.

Председатель диссертационного  
совета Д 212.125.05 д.ф.-м.н., профессор

Тарлаковский Д.В.

Ученый секретарь диссертационного  
совета Д 212.125.05 к.ф.-м.н., доцент

Федотенков Г.В.

25 сентября 2019 года

И.о. начальника отдела УДС МАИ  
Т.А. Аникина

