

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«Пермский национальный исследовательский политехнический университет»

Заключение диссертационного совета Д ПНИПУ.05.01

по диссертации Батина Сергея Евгеньевича

на соискание ученой степени

кандидата технических наук

Диссертация «Модель комплексного оценивания прочностных свойств металлических материалов на основе системного анализа зеренно-фазовой структуры» по специальности 05.13.01 – Системный анализ, управление и обработка информации (технические и информационные системы) принята к защите «27» октября 2020 г. (протокол заседания № 3) диссертационным советом Д ПНИПУ.05.01, созданным по приказу ректора Пермского национального исследовательского политехнического университета от 28 мая 2018 г. № 46-О в рамках реализации предоставленных ПНИПУ прав, предусмотренных абзацами вторым-четвертым пункта 3.1 статьи 4 Федерального закона от 23 августа 1996 г. № 127-ФЗ «О науке и государственной научно-технической политике» на основании распоряжения Правительства Российской Федерации от 23 августа 2017 г. № 1792-р.

Диссертация выполнена на кафедре «Вычислительная математика, механика и биомеханика» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Пермский национальный исследовательский политехнический университет» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный руководитель – доктор технических наук, профессор Столбов Валерий Юрьевич, заведующий кафедрой «Вычислительная математика, механика и биомеханика» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Пермский национальный исследовательский политехнический университет» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (до июня 2019 года научный руководитель – доктор физико-математических наук, профессор Гитман Михаил Борисович).

Официальные оппоненты:

1. *Вологдин Сергей Валентинович*, доктор технических наук (05.13.01), доцент, профессор кафедры «Информационные системы» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Ижевский государственный технический университет имени М.Т. Калашникова»;
2. *Гусев Андрей Леонидович*, доктор технических наук (05.13.01), профессор кафедры «Прикладная математика и информатика» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Пермский государственный национальный исследовательский университет».

Ведущая организация: *Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»* (г. Магнитогорск) (отзыв ведущей организации утвержден проректором по научной и инновационной работе, доктором технических наук, профессором Тулуповым Олегом Николаевичем, заслушан на расширенном заседании кафедры литейных процессов и материаловедения и подписан Сычковым Александром Борисовичем, доктором технических наук, доцентом, профессором кафедры и Копцевой Натальей Васильевной, доктором технических наук, доцентом, профессором кафедры).

По теме диссертации соискателем опубликовано 17 научных трудов, в том числе 4 работы – в ведущих научных изданиях, рекомендованных для опубликования основных научных результатов диссертаций на соискание ученой степени и приравниваемых к ним, из них 3 работы – в изданиях, индексируемых в международных реферативных базах и системах цитирования Web of Science, Scopus, ZbMATH, MathSciNet, соискателем получен 1 патент на изобретение, 1 свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ. В диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем научных трудах. Наиболее значимые научные работы по теме диссертации:

1. Гитман М.Б., Скрыбин В.Л., Сотин А.В., Столбов В.Ю., Батин С.Е. Методика комплексного оценивания эксплуатационной долговечности функционального материала при эндопротезировании тазобедренного сустава. Сообщение 1. // Российский журнал биомеханики. – 2017. – № 4. – С. 365–375. (**Scopus, Перечень ВАК**);

2. Bartolomey M., Boyarshinov D., Batin S., Gitman M., Oborin V. Influence of microdamage structure on fatigue resistance of metal functional material // Advances in

Engineering Research (AER). – 2018. – Vol. 157. – P. 76–80. (**Web of Science**);

3. Gitman I.M., Gitman M.B., Stolbov V.Yu., Batin S.E., Boyarshinov D.A. Methodology to estimate the minimum number of experiments and key microstructural parameters in macroscopic strength properties evaluation // ZAMM Journal of applied mathematics and mechanics: Zeitschrift für angewandte Mathematik und Mechanik. – 2019. – № 3, Vol. 99. – art. e201800259. – 9 p. (**Web of Science, Scopus, ZbMATH, MathSciNet**);

4. Батин С.Е. Определение размеров представительного изображения для оценки структурных характеристик материала // Прикладная математика и вопросы управления / Applied Mathematics and Control Sciences. – 2019. – № 3. – С. 103–115. (**Перечень ВАК**);

5. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2018661275. Российская Федерация. Нечеткий определитель комплексных свойств материалов (НОКСМ) / М.Л. Бартоломей, **С.Е. Батин**, Д.А. Бояршинов, М.Б. Гитман; правообладатель Пермский национальный исследовательский политехнический университет. Заявка № 2018618635; поступл. 13.08.2018; опубл. 04.09.2018, Бюл. № 9;

6. Патент на изобретение. Способ определения параметров термомеханической обработки и химического состава функциональных материалов с помощью глубокой нейронной сети / Клюев А.В., Столбов В.Ю., Гитман М.Б., Клестов Р.А., **Батин С.Е.** патентообладатель Пермский национальный исследовательский политехнический университет. – № 2 704 751 Дата подачи заявки: 30.10.2018. Опубликовано: 30.10.2019. Бюл. № 31.

В данных работах соискатель описал предложенный соискателем оригинальный подход к комплексному оцениванию свойств функциональных материалов, включающий идентификацию нечетких операторов, устанавливающих связи между параметрами микроструктуры и значениями свойств материалов; нечеткие операторы соискателем идентифицированы на основе обработки числовых данных о параметрах микроструктуры и результатов испытаний прочностных свойств функциональных металлических изделий; соискатель описал разработанный им алгоритм определения представительных размеров изображения зеренных структур и методику оценивания минимально допустимого числа экспериментов и определения основных параметров микроструктуры при оценивании прочностных свойств исследуемых материалов;

представил предложенные алгоритмы и методы в объективной форме совокупностью данных и команд, предназначенных для функционирования ЭВМ с целью автоматизации процедуры комплексного оценивания; с помощью анализа чувствительности точности определения прочностных свойств к параметрам структуры функциональных металлических материалов соискателем определены значимые параметры, использованные при проектировании глубокой нейронной сети.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработана модель комплексного оценивания прочностных свойств металлических функциональных материалов с приемлемыми результатами погрешности при обработке малого количества числовых данных, полученных на основе экспериментального исследования образцов функциональных материалов;

предложен оригинальный алгоритм оценивания представительности изображений микроструктуры металлов, позволяющий проводить исследование качества входных данных в форме цифровых изображений зеренных структур для моделей оценивания макроскопических свойств материалов;

доказана перспективность практического использования предложенной модели комплексного оценивания макроскопических свойств при проектировании изделий из новых функциональных материалов, а также методики определения минимально допустимого числа экспериментов и значимых параметров при проведении такого оценивания.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

изложены принципы применения математического аппарата теории нечетких множеств, позволяющие идентифицировать параметры нечетких операторов, описывающих закономерности между микроструктурой и макро свойствами материалов;

раскрыты условия применимости предложенного подхода к комплексному оцениванию свойств материалов при ограниченности объема входных данных.

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

разработаны, апробированы и внедрены в процесс создания новых функциональных материалов (в лаборатории ООО «РнД МГТУ», г.Магнитогорск) модель и алгоритм комплексного оценивания прочностных свойств металлических материалов, применение которых позволяет сокращать затраты за счет

обоснованного снижения числа натуральных экспериментов и уменьшения времени на обработку их результатов при проведении комплексной оценки свойств материалов (показан эффект снижения затрат на 7%);

на основе предложенных модели и алгоритма **создана** программа для ЭВМ «НОКСМ», позволяющая определять значимые входные параметры модели, использование которых позволяет проектировать нейронные сети, эффективные при неограниченном количестве исходных данных в различных предметных областях науки и техники.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

теория построена на проверяемых данных, удовлетворяющих заданному критерию точности измеренных свойств функциональных материалов на микро- и макро уровнях, а также не противоречит известным результатам исследований по рассматриваемой тематике;

идея базируется на анализе и обобщении опыта применения теории нечетких множеств в других предметных областях, характеризующихся в том числе ограниченной доступностью исходных данных для проведения комплексного оценивания свойств исследуемых объектов;

установлено качественное совпадение авторских результатов с результатами, представленными в независимых источниках информации.

Личный вклад соискателя состоит в разработке оригинальной модели комплексного оценивания прочностных свойств материалов, реализации предложенной модели с использованием современных вычислительных методов, разработке и реализации алгоритма оценки представительности исходных данных в виде изображений зеренных структур, выполнении серии вычислительных экспериментов, подтверждающих применимость предложенного подхода на практике, подготовке основных публикации по теме исследований.

Диссертационный совет пришел к выводу о том, что диссертация представляет собой научно-квалификационную работу, которая соответствует критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней, утвержденным Постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842, и Порядком присуждения ученых степеней в ПНИПУ, утвержденным приказом ректора ПНИПУ от 09 января 2018 г. № 1-О: в ней изложены новые научно обоснованные теоретические и программные

решения, позволяющие осуществлять обработку информации о зеренно-фазовой структуре металлического материала на основе анализа представительных изображений микрошлифов в условиях ограниченной доступности исходных данных экспериментов и оценивать эксплуатационные свойства функциональных материалов, предложенные решения имеют существенное значение для развития методов и средств анализа обработки информации о сложных технических системах.

На заседании «29» декабря 2020 г. диссертационный совет Д ПНИПУ.05.01 принял решение присудить Батину Сергею Евгеньевичу ученую степень кандидата технических наук (протокол заседания № 5).

При проведении открытого голосования диссертационный совет в количестве 10 человек, из них 5 докторов наук по специальности рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании, из 15 человек, входящих в состав совета, проголосовал: за присуждение ученой степени – 10, против присуждения ученой степени – нет, воздержалось – нет.

Председательствующий на заседании,
заместитель председателя диссертационного совета

Д ПНИПУ.05.01.

д-р экон. наук, проф.

/ Файзрахманов Рустам Абубакирович /

Ученый секретарь диссе

Д ПНИПУ.05.01.

канд. экон. наук

/ Алексеев Александр Олегович /

«12» января 2021 г.