

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 ДОКТОРА НАУК

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 15 января 2020 г. № 48
о присуждении *Швейкину Алексею Игоревичу*, гражданину России,
ученой степени доктора физико-математических наук

Диссертация «Многоуровневые модели для описания пластического и сверхпластического деформирования поликристаллических металлов и сплавов» по специальности 01.02.04 «Механика деформируемого твердого тела» принята к защите 14 октября 2019 г., протокол заседания № 42, 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 Швейкин Алексей Игоревич, 1981 года рождения, в 2005 г. окончил магистратуру ГОУ ВПО "Пермский государственный технический университет" по направлению «Прикладная математика и информатика». Диссертацию на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук «Модель упругопластического деформирования ГЦК-поликристаллов: теория и приложения к описанию формирования текстуры» по специальности 05.13.18 «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ» Швейкин А.И. защитил 22 декабря 2009 г. в диссертационном совете Д 212.188.08, созданном на базе ГОУ ВПО "Пермский государственный технический университет". Диплом кандидата наук ДКН № 113090 выдан 11 июня 2010 г. С 01.09.2013 г. по 30.08.2016 г. обучался в докторантуре ФГБОУ ВПО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет». Диссертация на соискание ученой степени доктора физико-математических наук выполнена на кафедре математического моделирования систем и процессов ФГБОУ ВО "Пермский национальный исследовательский политехнический университет" (ПНИПУ). В настоящее время работает доцентом кафедры математического моделирования систем и процессов ПНИПУ.

Научный консультант – д.ф.-м.н. Трусков Петр Валентинович, профессор, Заслуженный деятель науки РФ, заведующий кафедрой математического моделирования систем и процессов ПНИПУ.

Официальные оппоненты:

1. Волков Александр Евгеньевич, д.ф.-м.н., профессор кафедры теории упругости ФГБОУ ВО "Санкт-Петербургский государственный университет", г. Санкт-Петербург;

2. Коновалов Анатолий Владимирович, д.т.н., профессор, заведующий лабораторией механики деформаций ФГБУН Институт машиноведения Уральского отделения Российской академии наук, г.Екатеринбург;
3. Маркин Алексей Александрович, д.ф.-м.н., профессор, профессор кафедры вычислительной механики и математики ФГБОУ ВО "Тульский государственный университет", г. Тула,
дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация: Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт физики прочности и материаловедения Сибирского отделения Российской академии наук (ИФПМ СО РАН), г. Томск, в своем положительном заключении, составленном Балохоновым Русланом Ревовичем, д.ф.-м.н., заведующим лабораторией механики структурно-неоднородных сред, Романовой Варварой Александровной, д.ф.-м.н., ведущим научным сотрудником лаборатории механики структурно-неоднородных сред, и утвержденном директором ИФПМ СО РАН, д.т.н. Колубаевым Евгением Александровичем, указала, что диссертация является оригинальной, завершенной научно-квалификационной работой, выполнена на высоком научном уровне, содержит новые научные положения, совокупность которых можно характеризовать как научное достижение в области нелинейной механики деформируемого твердого тела. Результаты диссертационного исследования в достаточной мере апробированы. Практическая значимость состоит в возможности применения моделей и созданного собственного комплекса программ для их реализации на ЭВМ для анализа процессов пластического и сверхпластического деформирования материалов в относительно широких температурно-скоростных диапазонах, что необходимо для совершенствования технологий термомеханической обработки. Результаты диссертационной работы могут быть использованы для указанных целей в научно-исследовательских организациях РАН, высших учебных заведениях, производственных предприятиях металлургической, машиностроительной и авиастроительной отраслей, реализующих технологии термомеханической обработки. Диссертационная работа «Многоуровневые модели для описания пластического и сверхпластического деформирования поликристаллических металлов и сплавов» полностью удовлетворяет всем требованиям Положения ВАК РФ «О присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением правительства РФ № 842 от 24.09.2013 г., предъявляемым к докторским диссертациям, а ее автор Швейкин Алексей Игоревич заслуживает присуждения ученой степени доктора физико-математических наук по специальности 01.02.04 – Механика деформируемого твердого тела.

Соискателем опубликовано 70 печатных работ по теме диссертации, из которых 18 – в ведущих научных журналах, входящих в перечень рецензируемых научных изданий, установленный Министерством образования и науки Российской Федерации для представления результатов докторских диссертаций (из них 8 вошли в переводную версию журнала, индексируемую в Web of Science и Scopus), 5 статей – в журналах, индексируемых в базе данных Web of Science и/или Scopus, 9 статей – в сборниках материалов конференций, индексируемых в международных базах цитирования Scopus и/или Web of Science; получено 3 свидетельства о государственной регистрации

программы для ЭВМ. В тексте диссертации отсутствуют недостоверные сведения об опубликованных соискателем работах.

Наиболее значимые публикации по теме диссертации:

1. Трусов П.В., **Швейкин А.И.** Многоуровневые физические модели моно- и поликристаллов. Статистические модели // Физическая мезомеханика. 2011. Т.14, №4. С.17-28. **(ВАК)** (переводная – Physical Mesomechanics. 2013. Vol.16, No.1 **(Web of Science, Scopus)**)

2. Трусов П.В., **Швейкин А.И.** Многоуровневые физические модели моно- и поликристаллов. Прямые модели // Физическая мезомеханика. 2011. Т.14, №5. С. 5-30. **(ВАК)** (Physical Mesomechanics. 2013. Vol.16, No.2 **(Web of Science, Scopus)**).

В статьях [1, 2] представлены результаты проведенного соискателем совместно с научным консультантом анализа многоуровневых моделей, построенных на базе физических теорий пластичности.

3. Трусов П.В., Ашихмин В.Н., Волегов П.С., **Швейкин А.И.** Определяющие соотношения и их применение для описания эволюции микроструктуры // Физическая мезомеханика. 2009. Т.12, №3. С. 61-71. **(ВАК)** (переводная – Physical Mesomechanics. 2010. Vol.13 (1-2) **(Web of Science, Scopus)**).

В статье [3] анализируется методология построения конститутивных моделей материалов в рамках физического подхода, основанного на явном введении в структуру определяющих соотношений внутренних переменных, отражающих текущее состояние мезо- и микроструктуры, и формулировке на базе сведений из физики твердого тела и материаловедения эволюционных уравнений для этих параметров.

В работах [4–7] описываются разработанные соискателем (совместно с соавторами) новые двухуровневые модели металлов и сплавов и результаты их применения для исследования процессов деформирования материалов:

4. Трусов П.В., Ашихмин В.Н., **Швейкин А.И.** Двухуровневая модель упругопластического деформирования поликристаллических материалов // Механика композиционных материалов и конструкций. 2009. Т.15, №3. С. 327-344. **(ВАК)**

Представлена модификация упругопластической модели Линя, включающая новую подмодель ротации решеток кристаллитов.

5. Трусов П.В., Ашихмин В.Н., **Швейкин А.И.** Анализ деформирования ГЦК-металлов с использованием физической теории упругопластичности // Физическая мезомеханика. 2010. Т.13, №3. С. 21-30. **(ВАК)** (переводная – Physical Mesomechanics. 2011. Vol. 14 (1-2) **(Web of Science, Scopus)**)

Описываются разработанные модификация упругопластической модели Линя – предложен способ разрешения проблемы неединственности определения скоростей сдвигов, алгоритм для одноосного деформирования монокристалла.

6. Трусов П.В., **Швейкин А.И.**, Нечаева Е.С., Волегов П.С. Многоуровневые модели неупругого деформирования материалов и их применение для описания эволюции внутренней структуры // Физическая мезомеханика. 2012. Т.15, №1. С.33-56. **(ВАК)** (переводная – Physical Mesomechanics. 2012. Vol.15 (3-4) **(Web of Science, Scopus)**).

Рассматривается упруговязкопластическая модель с усовершенствованием описания спина решетки за счет несовместности пластических деформаций соседних зерен, приведено описание алгоритма для силового нагружения поликристалла.

7. Trusov P.V., Volegov P.S., **Shveykin A.I.** Multilevel model of inelastic deformation of FCC polycrystalline with description of structure evolution // Computational Materials Science. 2013. Vol. 79. Pp. 429-441. (**Web of Science, Scopus**).

Представлена разработанная оригинальная процедура согласования определяющих соотношений на различных масштабных уровнях, обеспечивающая равенство напряжений макроуровня осредненным напряжениям мезоуровня.

В работах [8–12] содержится информация о разработке соискателем совместно с соавторами нового подхода к формулировке геометрически и физически нелинейных кинематических и определяющих соотношений многоуровневых конститутивных моделей с учетом симметричных свойств мезоуровня, результатах вычислительных экспериментов при его использовании:

8. Трусов П.В., Кондратьев Н.С., **Швейкин А.И.** О геометрически нелинейных определяющих соотношениях упругого материала // Вестник ПНИПУ. Механика. – 2015. – № 3. – С.182-201. (**Scopus**).

Показано полное соответствие упругого закона в скоростной и конечных формах при условиях существования материального базиса, в котором компоненты тензора упругих характеристик тела остаются неизменными, и использования однопипных коротационных производных от мер деформаций и напряжений.

9. Трусов П.В., **Швейкин А.И.**, Янц А.Ю. О разложении движения, независимых от выбора системы отсчета производных и определяющих соотношениях при больших градиентах перемещений: взгляд с позиций многоуровневого моделирования // Физическая мезомеханика. 2016. Т.19. №2. С. 47-65. (**ВАК**) (переводная – Physical Mesomechanics. 2017. Vol. 20, No.4 (**Web of Science, Scopus**)).

Представлены предложенная коротационная производная, когда подвижная система координат связана с симметричными элементами кристаллита, результаты численных экспериментов при использовании разных коротационных производных.

10. Трусов П.В., **Швейкин А.И.** О разложении движения и определяющих соотношениях в геометрически нелинейной упруговязкопластичности кристаллитов // Физическая мезомеханика. 2016. Т.19. №3. С. 25-38. (**ВАК**) (переводная – Physical Mesomechanics. 2017. Vol. 20, No.4 (**Web of Science, Scopus**)).

Описывается предложенное новое представление движения среды на мезоуровне последовательностью пластических деформаций (с неизменным положением кристаллической решетки и связанной с ней подвижной системой координат (ПСК)), поворота ПСК вместе с материалом и упругого искажения решетки относительно ПСК. Приведены определяющие соотношения в «решеточной» разгруженной конфигурации, численные результаты подтверждают отсутствие гистерезиса напряжений и диссипации энергии на замкнутых упругих циклах деформирования.

11. **Швейкин А.И.**, Трусов П.В. Сопоставление сформулированных в терминах актуальной и разгруженной конфигураций геометрически нелинейных упруговязкопластических определяющих соотношений для кристаллитов// Физическая

мезомеханика. 2016. Т.19, №5. С. 48-57. **(ВАК)** (переводная – Physical Mesomechanics. – 2018. Vol.21, No.3 **(Web of Science, Scopus)**).

Приведены результаты проведенного аналитического и численного сопоставлений соотношений в актуальной конфигурации [9] и решеточной разгруженной конфигурациях [10], показана их близость для металлов и сплавов.

12. Trusov P.V., **Shveykin A.I.**, Kondratev N.S. Multilevel metal models: formulation for large displacements gradients // Nanoscience and Technology: An International Journal. – 2017. Vol. 8(2). P. 133-166. **(Web of Science, Scopus)**.

Суммирована информация о предложенном подходе, приведены полученные результаты применения модели мезоуровня и двухуровневой модели поликристалла, предложен пример некорректности применения логарифмической производной для многостадийных процессов упругопластического деформирования с разгрузкой.

В работах [13, 14] представлены результаты сопоставления созданных двухуровневых моделей физических теорий пластичности с существующими:

13. **Швейкин А.И.** Многоуровневые модели поликристаллических металлов: сопоставление определяющих соотношений для кристаллитов // Проблемы прочности и пластичности. 2017. Т.79, №4. С.385–397. **(ВАК)**

Описываются результаты аналитического сопоставления различных формулировок упругих соотношений мезоуровня, входящих в многоуровневую конститутивную упруговязкопластическую модель. Результаты численных расчетов подтверждают полученный вывод о близости формулировок.

14. **Shveykin A.I.**, Trusov P.V. Multilevel models of polycrystalline metals: comparison of relations describing the rotations of crystallite lattice // Nanoscience and Technology: An International Journal. 2019. Vol.10(1). Pp.1–20. **(Web of Science, Scopus)**.

Приведены результаты проведенного автором (совместно с консультантом) аналитического сопоставления различных формулировок соотношений для спина решетки. Результаты численных расчетов подтверждают близость формулировок.

15. **Швейкин А.И.**, Шарифуллина Э.Р., Трусов П.В., Пушков Д.А. Об оценке чувствительности статистических многоуровневых моделей поликристаллических металлов к возмущениям параметров // Вычислительная механика сплошных сред. 2018. Т. 11, № 2. С. 214-231. **(ВАК)**.

Описываются предложенная автором (совместно с консультантом) методика исследования чувствительности многоуровневых моделей к входным данным и полученные (совместно с соавторами) результаты ее применения для оценки чувствительности предложенных моделей. Результаты свидетельствуют об устойчивости моделей к возмущениям рассмотренных параметров (входных данных).

В работах [16–18] приводится предложенная соискателем (с соавторами) новая трехуровневая модель поликристаллического материала, способная описывать режим структурной сверхпластичности и переход к нему:

16. Шарифуллина Э.Р., **Швейкин А.И.**, Трусов П.В. Обзор экспериментальных исследований структурной сверхпластичности: эволюция микроструктуры материалов и механизмы деформирования // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Механика. 2018. №3. С. 103–127. **(ВАК, Scopus)**.

Систематизирована информация о данных экспериментальных исследований для формирования возможно полной картины о физической природе явления структурной сверхпластичности для различных материалов и необходимых изменениях структуры материала для перехода к деформированию в этом режиме. Предложен «сценарий» работы механизмов деформирования и изменения структуры в испытаниях с выходом на режим сверхпластического деформирования.

17. **Shveykin A.I.**, Sharifullina E.R. Development of multilevel models based on crystal plasticity: description of grain boundary sliding and evolution of grain structure // *Nanomechanics Science and Technology: An International Journal*. 2015. Vol. 6(4). Pp. 281-298. (**Web of Science, Scopus**).

Представлено описание модифицированной многоуровневой модели с учетом механизма зернограницного скольжения. Соискателем (совместно с соавтором) показано, что модель позволяет описывать как «обычное» неупругое деформирование поликристаллических материалов, так и деформирование в режиме структурной сверхпластичности (при характерных воздействиях и состоянии зеренной структуры).

18. Трусов П.В., Шарифуллина Э.Р., **Швейкин А.И.** Многоуровневая модель для описания пластического и сверхпластического деформирования поликристаллических материалов // *Физическая мезомеханика*. 2019. Т.22, №2. С.5–23. (**ВАК**) (переводная – *Physical Mesomechanics*. 2019. Vol.22, No.5. (**Web of Science, Scopus**))

Описана предложенная соискателем (совместно с соавторами) многоуровневая модель для описания поведения поликристаллических металлов и сплавов, учитывающая ключевые механизмы пластического и сверхпластического деформирования (и их взаимодействие) и результаты ее применения.

На диссертацию и автореферат поступило 7 отзывов, все отзывы положительные: д-ра техн. наук, проф. В.Н. Аптукова, заведующего кафедрой фундаментальной математики ФГБОУ ВО «Пермский государственный национальный исследовательский университет» (2 замечание); д-ра физ.-мат. наук, проф. В.И. Ерофеева, директора Института проблем машиностроения РАН – филиала ФГБНУ «Федеральный исследовательский центр Институт прикладной физики Российской академии наук», г. Нижний Новгород (без замечаний); д-ра физ.-мат. наук, доц. М.Д. Кривилева, заведующего учебно-научной лабораторией «Физика конденсированных сред» ФГБОУ ВО "Удмуртский государственный университет", г. Ижевск (1 замечание); д-ра техн. наук, проф. С.А. Лурье, заведующего лабораторией «Неклассические проблемы механики композиционных материалов и конструкций» ФГБУН Института прикладной механики РАН (4 замечания); д-ра физ.-мат. наук, доц. М.Д. Мышлявцевой, заведующей кафедрой высшей математики, и д-ра хим. наук, проф. А.В. Мышлявцева, заведующего кафедрой химии и химической технологии ФГБОУ ВО "Омский государственный технический университет" (1 замечание); д-ра физ.-мат. наук, с.н.с. А.Б. Фрейдина, заведующего отделом математических методов механики материалов и конструкций Института проблем машиноведения РАН, г. Санкт-Петербург; д-ра физ.-мат. наук А.В. Шутова, заведующего лабораторией механики композитов ФГБУН Институт гидродинамики им. М.А.Лаврентьева Сибирского отделения Российской академии наук, г. Новосибирск (1 замечание).

В отзывах отмечено, что диссертация является законченным научным исследованием высокого уровня, прошла достаточную апробацию, содержит новые результаты, достоверность которых обоснована, тема работы является актуальной, результаты имеют фундаментальное значение, большую теоретическую ценность и практическую значимость, в заключении делается вывод о соответствии диссертации критериям «Положения о присуждении ученых степеней», предъявляемым к докторским диссертациям. Отмечается, что соискателем разработаны обладающие научной новизной геометрически и физически нелинейные многоуровневые модели пластического и сверхпластического деформирования металлов и сплавов, учитывающие симметричные свойства мезоуровня и включающие описание большого числа возможных механизмов деформирования. Подчеркивается удачное обобщение подходов и методов из области физической мезомеханики и теории сверхпластичности. Акцентируется внимание на возможности использования предложенного многоуровневого подхода для использования в системах инженерного анализа.

В отзывах содержатся следующие пожелания, вопросы и замечания: в автореферате не приведена информация о сопоставлении численных результатов с получаемыми с помощью известных феноменологических моделей сверхпластичности; в автореферате не упоминается о соответствии полученных результатов данным экспериментов о влиянии скорости деформации на макроскопические напряжения; есть неточности в оформлении и опечатки (подпись к рис.3.1, неправильное обозначение на стр.27); в автореферате нет упоминания результатов М. Гуткина, И.Овидько и их школы, А. Глезера; несколько неудачно написана первая часть автореферата, где автор попытался отчасти повторить обзорную часть диссертации с целью обоснования новизны своего исследования, при этом остается не вполне ясным из автореферата список внутренних переменных; нет четкого определения трехуровневой модели, а также характеристики этой модели; не обсуждается в полной мере проблема идентификации параметров; в тексте автореферата не приводятся численные результаты, подтверждающие утверждения (стр. 21, 1-й абзац): «совместное варьирование параметров оказывает более заметное влияние на отклик» и «отклонение отклика от полученного при номинальных значениях параметров остается малым».

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается следующим:

официальные оппоненты являются одними из ведущих специалистов в области нелинейной механики твердого тела, в том числе – создания моделей для описания процессов неупругого деформирования поликристаллических металлов и сплавов с применением многоуровневого подхода, имеют большое число публикации в ведущих рецензируемых научных изданиях, соответствующие тематике диссертации, обладают достаточной квалификацией, позволяющей оценить новизну представленных на защиту результатов, их научную и практическую значимость, обоснованность и достоверность полученных выводов;

ведущая организация ФГБУН "Институт физики прочности и материаловедения СО РАН" (ИФПМ СО РАН) (г. Томск) является одним из ведущих научных центров в области многоуровневого моделирования деформируемых твердых тел и физической

мезомеханики, в нем активно и на высоком уровне ведутся фундаментальные и прикладные исследования по широкому спектру проблем механики и физики деформируемого твердого тела. ИФПМ СО РАН является учредителем высокорейтингового журнала «Физическая мезомеханика», переводная версия которого входит во второй квартиль международных баз Web of Science и Scopus, тематика журнала включает проблемы многоуровневого моделирования поведения материалов. 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 заседании научного семинара лаборатории механики структурно-неоднородных сред ИФПМ СО РАН в присутствии признанных авторитетных специалистов по теме защищаемой диссертации.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

предложен новый подход к формулировке геометрически и физически нелинейных кинематических и определяющих соотношений многоуровневых моделей для описания деформирования металлов и сплавов с учетом симметричных свойств элементов мезоуровня;

на основе данного подхода **разработаны** новые двухуровневые и трехуровневые модели для описания упругопластического, упруговязкопластического и сверхпластического деформирования металлов и сплавов, учитывающие эволюцию структуры материала;

доказана необходимость учета в многоуровневых моделях, способных описать многостадийные процессы деформирования материалов (в частности – испытания с выходом на режим структурной сверхпластичности), совокупности наиболее значимых физических механизмов и их взаимодействий, установленных в работе на основе детального анализа известных экспериментальных данных;

введены математические соотношения для оценки близости результатов моделирования (в том числе – характеристик состояния структуры), получаемых при использовании различных формулировок конститутивных моделей, и для оценки чувствительности конститутивных моделей к входным данным (воздействиям, параметрам, начальным условиям).

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

предложено усовершенствование подхода к построению многоуровневых конститутивных моделей для описания поведения металлов и сплавов путем формулировки геометрически и физически нелинейных кинематических и определяющих соотношений с учетом симметричных свойств элементов мезоуровня;

с использованием разработанного модифицированного подхода **созданы** новые многоуровневые модели для описания упруговязкопластического деформирования материалов;

изучены и критически проанализированы экспериментальные данные об одноосных испытаниях образцов с переходом в режим структурной сверхпластичности;

на основе этого анализа впервые **предложен** реализующийся при испытании сценарий действия и взаимовлияния физических механизмов деформирования и изменения структуры материала;

доказаны согласованность предлагаемых многоуровневых моделей с постулатами нелинейной механики деформируемого твердого тела, и их применимость для описания как макроскопических характеристик напряженно-деформированного состояния, так и сложных сценариев реализации процессов деформирования;

применительно к проблематике диссертации результативно (эффективно, то есть с получением обладающих новизной результатов) использованы понятия и соотношения нелинейной механики и физики деформируемого твердого тела, комплекс численных методов (интегрирования систем обыкновенных дифференциальных уравнений, решения систем нелинейных алгебраических уравнений, оптимизации) и современное программное обеспечение;

раскрыты возможности предложенных многоуровневых моделей для детального анализа изменяющихся характеристик напряженно-деформированного состояния, структуры материала и взаимовлияния физических механизмов деформирования на различных масштабных уровнях.

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

разработаны многоуровневые модели, позволяющие описывать эволюцию структуры и эффективных свойств при деформировании металлов и сплавов;

определены пути их применения для совершенствования существующих и разработки новых методов и режимов термомеханической обработки металлов и сплавов;

создан комплекс программ, реализующих предложенные модели, который может быть внедрен в пакеты решения краевых задач МДТТ методом конечных элементов;

представлены результаты моделирования различных процессов деформирования, полученные с использованием предложенного аппарата, которые продемонстрировали применимость разработанных моделей для исследования закономерностей поведения материалов, в том числе – с физических позиций, при простых и произвольных сложных нагружениях.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

теория построена с использованием известных представлений и законов нелинейной механики и физики деформируемого твердого тела;

идея базируется на обобщении и развитии подхода к построению многоуровневых моделей для описания деформирования материалов с использованием введения внутренних переменных и эволюционных уравнений для них;

проведено сопоставление предложенных в работе двухуровневых моделей с представленными в литературе (выявлено согласование результатов в частных случаях), результаты исследования чувствительности моделей к возмущению входных данных свидетельствуют об их устойчивости;

установлены удовлетворительная сходимость численных процедур, качественное и количественное соответствие полученных результатов расчетов и экспериментальных данных.

Личный вклад соискателя состоит в получении (лично или с непосредственным участием) всех включенных в диссертацию результатов, в частности – в проведении аналитического обзора литературы по тематике работы, концептуальной и математической постановке проблемы, обосновании и формулировке основных положений, определяющих научную новизну и практическую значимость исследования, разработке алгоритмов численной реализации предложенных моделей, создании комплексов программ, проведении вычислительных экспериментов, анализе и обобщении результатов моделирования, формулировке выводов.

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 пришёл к выводу о том, что диссертация представляет собой законченную научно-квалификационную работу, которая соответствует критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней, утвержденным Постановлением Правительства Российской Федерации № 842 от 24 сентября 2013 г.: совокупность содержащихся в ней положений и результатов обеспечивает развитие подхода к построению многоуровневых геометрически и физически нелинейных моделей для описания пластического и сверхпластического деформирования поликристаллических металлов и сплавов (включающих явное описание изменяющейся структуры материала, определяемых ее состоянием эффективных физико-механических свойств и физических механизмов деформирования на различных масштабных уровнях с учетом их взаимовлияния), что имеет важное значение для развития нелинейной механики деформируемого твердого тела.

На заседании 15 января 2020 г. диссертационный совет принял решение присудить Швейкину Алексею Игоревичу ученую степень доктора физико-математических наук. При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 17 человек, 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 – 17, против – 0, недействительных бюллетеней – 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.

17 января 2020 г.