

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по науке

Пермского национального

исследовательского

политехнического университета,

маг. наук, доцент

Швейкин А.И.

2023 г.



ЗАКЛЮЧЕНИЕ

федерального государственного автономного образовательного учреждения
высшего образования

«Пермский национальный исследовательский политехнический университет»

Министерства науки и высшего образования Российской Федерации

Диссертация «Проектирование рационально текстурированных поликристаллических изделий на основе двухуровневой статистической модели упруговязкопластического деформирования» выполнена на кафедре «Математическое моделирование систем и процессов».

В период подготовки диссертации соискатель Остапович Кирилл Вадимович работал в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Пермский национальный исследовательский политехнический университет» на кафедре «Математическое моделирование систем и процессов» в должностях математика первой категории и старшего преподавателя, в лаборатории «Многоуровневое моделирование конструкционных и функциональных материалов» в должности младшего научного сотрудника.

В 2014 году окончил Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования

«Пермский национальный исследовательский политехнический университет» по направлению 010500.62 Прикладная математика и информатика (бакалавр), в 2016 году окончил Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Пермский национальный исследовательский политехнический университет» по направлению 01.04.02 Прикладная математика и информатика (магистр), в 2020 году окончил аспирантуру очной формы обучения Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Пермский национальный исследовательский политехнический университет» по направлению 09.06.01 Информатика и вычислительная техника (период обучения с «01» октября 2016 г. по «30» сентября 2020 г.).

Научный руководитель – доктор физико-математических наук, профессор Трусов Петр Валентинович, работает заведующим кафедрой «Математическое моделирование систем и процессов» федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Пермский национальный исследовательский политехнический университет».

По итогам обсуждения принято следующее заключение:

1. Личное участие автора в получении результатов, изложенных в диссертации, заключается в следующем:

Обзор литературы по теме диссертационного исследования и связанными с ней вопросами выполнен лично автором. Постановка представленных в работе задач осуществлена автором совместно с научным руководителем. Алгоритмы решения поставленных задач и реализующие их программы разработаны лично автором. Расчеты с использованием разработанных программных средств и анализ полученных в них результатов проведены лично автором. Опубликованные статьи по теме диссертационного исследования подготовлены автором совместно с научным руководителем.

2. Научная новизна диссертационного исследования заключается в следующем:

Впервые в общем виде сформулирована задача функционально-ориентированного проектирования (ЗФОП) и предложен оригинальный алгоритм ее решения, основанный на рассмотрении связанных оптимизационных подзадач, отвечающих стадиям деформационной обработки заготовки и функционирования готового изделия. Предложен новый алгоритм реализации контактных условий в скоростной квазистатической конечно-элементной формулировке начально-краевой задачи деформирования твердого тела. Предложен новый алгоритм типа Монте-Карло генерации выборок ориентаций кристаллических решеток, распределенных в соответствии с заданными полюсными фигурами. Разработан новый метод идентификации текстурных компонент на основе послойной симметрично-инвариантной кластеризации взвешенных выборок ориентаций кристаллических решеток. Разработан оригинальный метод адаптивного построения пространства текстурных параметров с оценкой их значимости для ЗФОП. Получены результаты, демонстрирующие использование элементов созданного аппарата, в том числе простой пример реализации всех стадий решения ЗФОП.

3. Степень достоверности результатов проведенных исследований подтверждается удовлетворительным соответствием численных решений тестовых задач экспериментальным данным.

4. Практическая и теоретическая значимость диссертационного исследования:

Теоретическую значимость работы составляют следующие предложенные в ней подходы. Задание контактных условий для начально-краевой задачи деформирования твердого тела в скоростной конечно-элементной формулировке, производимое посредством перехода к соответствующим смешанным условиям, согласованным с исходными по узловым силам. Редуцированное представление текстуры в поликристаллическом агрегате на основе методов кластерного анализа. Восстановление в дискретной форме меры распределения ориентаций кристаллических решеток по заданным или всюду вычислимым полюсным

плотностям с использованием подхода Монте-Карло в рамках статистической интерпретации фундаментального уравнения текстурного анализа.

Практическая значимость работы заключается в применимости указанных подходов для физически обоснованного моделирования технологических процессов интенсивного неупругого деформирования поликристаллических материалов, в том числе при решении проблем типа ЗФОП, а также анализа получаемых в расчетах текстур.

5. Полнота изложения материалов диссертации в работах, опубликованных соискателем

По теме диссертации Остаповичем Кириллом Вадимовичем опубликована 31 работа, в том числе: 6 статей в журналах из перечня изданий, рецензируемых ВАК; 11 публикаций в изданиях, входящих в международные реферативные базы данных из списка: Chemical Abstracts, MathSciNet, Scopus, Springer, Web of Science, zbMATH; 2 свидетельства о государственной регистрации программы для ЭВМ

Основные положения и результаты работы отражены в следующих научных публикациях в журналах, входящих в Перечень рецензируемых научных изданий и/или базы цитирования Web of Science, Scopus:

1. **Остапович К.В.**, Трусов П.В. Об анизотропии упругих материалов: идентификация симметричных свойств // Механика композиционных материалов и конструкций. – 2016. – Т. 22. – № 1. – С. 69–84. **ВАК, Chemical Abstracts** (вклад автора – 8/16 с.).

Описан предложенный подход к анализу классов симметрии упругих свойств анизотропных материалов. Соискателем сформулированы и для частных случаев решены задачи минимизации оценок невязок симметричных приближений тензора упругих модулей в законе Гука.

2. Trusov P.V., **Ostapovich K.V.** On elastic symmetry identification for polycrystalline materials // Symmetry. – 2017. –V. 9. – № 10. – 240. **Scopus, Web of Science** (вклад автора – 14/27 с.).

Приведено усовершенствованное описание подхода для идентификации класса упругой симметрии анизотропного материала. Представлены результаты применения методики к анализу симметричных свойств поликристаллических агрегатов. Соискателем проработан математический аппарат исследования, сформулирован и доказан ряд теоретических утверждений, проанализированы результаты численных расчетов нагружений модельных поликристаллов с позиции эволюции упругой симметрии.

3. Trusov P.V., **Ostapovich K.V.** On the symmetry identification for the multi-level models of polycrystalline materials // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – 2017. – V. 286. – 012032. **Scopus, Web of Science** (вклад автора – 3/6 с.).

Соискателем с использованием двухуровневой статистической конститутивной модели и ранее предложенного аппарата симметричной идентификации проведено исследование перестроения иерархии классов упругости поликристаллов при неупругом деформировании по двухзвенным траекториям.

4. **Остапович К.В.**, Трусов П.В. Исследование кристаллографических текстур при многоуровневом моделировании деформирования поликристаллов с помощью методов кластерного анализа // Вычислительная механика сплошных сред / Computational Continuum Mechanics. – 2019. – Т. 12. – №1. – С. 67–79. **ВАК** (вклад автора – 7/13 с.).

Обсуждается возможность применения аппарата кластерного анализа для описания и исследования кристаллографических текстур по результатам расчетов ориентаций решеток кристаллитов (зерен, субзерен), полученным с использованием многоуровневых упруговязкопластических моделей поликристаллических материалов. Соискателем разработан алгоритм послойной кластеризации кристаллографической текстуры, проведен статистический анализ результатов его применения.

5. **Ostapovich K.V.**, Trusov P.V., Yanz A.Yu. An algorithm for identifying texture components in the framework of statistical crystal plasticity models // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – 2019. – V. 581. – 012014. **Scopus, Web of Science** (вклад автора – 2/6 с.).

Соискателем с использованием ранее предложенного алгоритма кластеризации получены редуцированные представления текстур поликристаллической меди, сформированных в

модельных расчетах одноосного растяжения и простого сдвига, а также оценены их адекватности с позиции агрегирования упругих свойств.

6. **Ostapovich K.V.**, Trusov P.V. An application of clustering techniques to reducing crystallographic texture data. // AIP Conference Proceedings. – 2020. – V. 2216. – 070003. **Scopus, Web of Science** (вклад автора – 4/7 с.).

Соискателем с помощью усовершенствованного аппарата кластеризации получены редуцированные представления текстур в поликристаллах меди и магния, сформированных в численных экспериментах на двухосное растяжение-сжатие.

7. **Остапович К.В.**, Трусов П.В., Янц А.Ю. Прогнозирование образования кристаллографических текстур при интенсивном неупругом деформировании поликристаллических образцов на основе двухуровневой статистической упруговязкопластической модели // Физическая мезомеханика. – 2020. – Т. 23, № 5. – С. 20-33. **ВАК** (вклад автора – 5/13 с.).

Переводная версия:

Ostapovich K.V., Trusov P.V., and Yants A.Yu. Prediction of crystallographic texture formation in polycrystalline samples under severe plastic deformation based on a two-level statistical elasto-viscoplastic model // Physical Mesomechanics. – 2021. – Vol. 24, No. 3. – P. 225-236. **Scopus, WoS**

Описана многоуровневая математическая модель для исследования технологических процессов обработки металлов и сплавов методами интенсивной неупругой деформации, основанная на физической теории упруговязкопластичности и позволяющая описывать эволюционирующую структуру, в том числе прогнозировать образование кристаллографических текстур. Соискателем с использованием описанной модели численно получено и проанализировано с точки зрения возникающей текстуры решение задачи о волочении сплошного медного цилиндра.

8. **Ostapovich K.V.**, Trusov P.V. Determination of deformation regimes for obtaining polycrystalline materials with rational textures by using multilevel inelasticity models // AIP Conference Proceedings. – 2020. – V. 2310. – 020236. **Scopus, Web of Science** (вклад автора – 2/4 с.).

Соискателем в математическом виде поставлена задача определения режимов деформирования поликристаллической заготовки для получения рационально текстурированного изделия.

9. **Ostapovich K.V.**, Trusov P.V. Reduced Statistical Representation of Crystallographic Textures Based on Symmetry-Invariant Clustering of Lattice Orientations // Crystals. – 2021. – V.11. – 336. **BAK, MathSciNet, Scopus, Springer, Web of Science, zbMATH** (вклад автора – 12/23 с.).

Подробно описан аппарат кластеризации, используемый для анализа кристаллографических текстур по выборкам ориентаций и их редуцированного воспроизведения для последующих приложений. Представлены результаты его применения к исследованию текстур, полученных в численных экспериментах по нагружению кубических поликристаллов. Соискателем выполнена модификация ранее предложенных алгоритмов кластеризации, проведен кластерный и статистический анализ выборок ориентаций, представляющих рассмотренные в работе текстуры, в том числе с оценкой адекватности воспроизведения редуцированными мерами исходных текстур.

10. **Ostapovich K.V.**, Trusov P.V. On using Monte-Carlo simulations for sampling crystallite orientations from given texture data // Lobachevskii Journal of Mathematics. – 2022. – Vol. 43, No. 7. – P. 1962–1975. **BAK, MathSciNet, Scopus, Springer, Web of Science, zbMATH** (вклад автора – 7/14 с.).

Представлен подход типа Монте-Карло для генерации выборок ориентаций кристаллитов по известным текстурным данным. Приведено теоретическое обоснование предложенных алгоритмов с точки зрения слабой вероятностной сходимости. Рассмотрены типичные примеры их практического использования. Соискателем сформулированы и обоснованы два варианта реализации подхода к выборочному восстановлению функции распределения ориентаций на основе случайной частичной оцифровки полюсных фигур, а также проведены расчеты для демонстрационных примеров приложений модифицированного варианта.

11. Trusov P.V., **Ostapovich K.V.** On Implementing Boundary Conditions for a Rate-Form Quasi-Static Contact Problem with Friction: A Node-to-Facet Finite Element Approach // Lobachevskii Journal of Mathematics. – 2023. – Vol. 10, No. 23. – P. 4474–4488. **BAK, MathSciNet, Scopus, Springer, Web of Science, zbMATH** (вклад автора – 8/16 с.).

Приведена скоростная постановка квазистатической геометрически нелинейной начально-краевой задачи для исследования деформирования твердого тела. Описан алгоритм учета контактных условий при численном решении такой задачи методом конечных элементов.

Соискателем получены соотношения, используемые при реализации описанного алгоритма, и предложена его структура.

Получены свидетельства о регистрации программ для ЭВМ:

12. Трусов П.В., **Остапович К.В.** Программный модуль для послойной кластеризации кристаллографической текстуры по взвешенной выборке ориентаций кристаллитов (ПККТ). – Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2021662416 от 28.07.2021 (вклад автора – 50%).

Соискателем написан код программного модуля, позволяющего идентифицировать методами кластерного анализа пиковые компоненты кристаллографических текстур в представительных объемах поликристаллов по выборкам ориентаций решеток кристаллитов и соответствующих им объемных долей..

13. Трусов П.В., **Остапович К.В.** Пакет подпрограмм для генерации выборок ориентаций кристаллических решеток по набору полюсных фигур (crystex). – Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2023668203 от 24.08.2023 (вклад автора – 50%).

Соискателем написан код пакета подпрограмм, используемых в рамках реализации предложенного подхода Монте-Карло для генерации выборок ориентаций кристаллических решеток по набору полюсных фигур.

Прочие работы по теме диссертационного исследования:

14. Моделирование технологических процессов для получения рационально текстурированных поликристаллических изделий методами интенсивной неупругой деформации / К. В. Остапович, П. В. Трусов // Физическая мезомеханика. Материалы с многоуровневой иерархически организованной структурой и интеллектуальные производственные технологии : тез. докл. Междунар. конф., 11-14 сент. 2023 г., г. Томск / Ин-т физики прочности и материаловедения СО РАН, Ин-т теорет. и прикл. механики СО РАН, 2023. - С. 530-531.

15. О проектировании рационально текстурированных поликристаллических изделий с использованием многоуровневых моделей неупругого деформирования / К. В. Остапович // XXIII Зимняя школа по механике

сплошных сред : тез. докл., [г. Пермь, 13-17 февр. 2023 г.] / М-во науки и высш. образования Рос. Федерации, Урал. отд-ние Рос. акад. наук, Ин-т механики сплошных сред УрО РАН - фил. Федер. гос. бюджет. учр. науки Перм. федер. исслед. центра Урал. отд-ния Рос. акад. наук. - Пермь : Новопринт, 2023. - С. 253.

16. Многоуровневая упруговязкопластическая модель: приложение к созданию поликристаллических изделий с рациональной текстурой методами интенсивной неупругой деформации / К. В. Остапович, П. В. Трусов // XXII Зимняя школа по механике сплошных сред : тез. докл., [г. Пермь, 22-26 марта. 2021 г.] / Тезисы докладов /ПФИЦ УрО РАН. – Электронные данные. – Пермь, 2021. – 77 Мб; 362 с. – Режим доступа: <https://conf.icmm.ru/event/2/page/4> - С. 246.

17. Определение на основе многоуровневых моделей неупругости режимов деформирования поликристаллических материалов для создания изделий с рациональной текстурой / К. В. Остапович, П. В. Трусов // Физическая мезомеханика. Материалы с многоуровневой иерархически организованной структурой и интеллектуальные производственные технологии : тез. докл. Междунар. конф., посвящ. 90-летию со дня рождения основателя и первого директора ИФПМ СО РАН акад. Виктора Евгеньевича Панина в рамках Междунар. междисциплинарного симп. Иерархические материалы: разработка и приложения для новых технологий и надежных конструкций, 5-9 окт. 2020 г., г. Томск / Ин-т физики прочности и материаловедения СО РАН, Ин-т теорет. и прикл. механики СО РАН, Ин-т гидродинамики им. М. А. Лаврентьева СО РАН, Ин-т проблем механики им. А. Ю. Ишлинского РАН. - Томск : Нац. исслед. Том. гос. ун-т, 2020. - С. 608-609.

18. Приложение многоуровневых моделей неупругости к проектированию изделий из поликристаллических материалов с рациональной текстурой / К. В. Остапович, П. В. Трусов // Математическое моделирование в естественных науках : тез. XXIX Всерос. шк.-конф. / М-во науки и высш. образования Рос. Федерации, Рос. акад. наук, Рос. фонд фундам. исслед, Перм. нац. исслед.

политехн. ун-т, Ин-т механики сплошных сред УрО РАН. - Пермь : ИП Серегина О. Н., 2020. - С. 86.

19. Эффекты сложного нагружения: исследование с использованием многоуровневых конститутивных моделей / А. Ю. Янц, П. В. Трусов, К. В. Остапович // XII Всероссийский съезд по фундаментальным проблемам теоретической и прикладной механики : 19-24 авг. 2019 г., Уфа, Респ. Башкортостан, Россия : сб. тр. В 4 т. . Т. 3. Механика деформируемого твердого тела. / Рос. нац. ком. по теорет. и прикл. механике, Рос. акад. наук, Администрация Главы Респ. Башкортостан, Акад. наук Респ. Башкортостан, Ин-т проблем сверхпластичности металлов РАН, Башк. гос. ун-т, Уфим. гос. авиац. техн. ун-т, Уфим. гос. нефт. техн. ун-т, Башк. гос. пед. ун-т им. М. Акмуллы, Ин-т механики им. Р. Р. Мавлютова УФИЦ РАН. - Уфа : РИЦ БашГУ, 2019. - С. 412-413.

20. Эффекты сложного нагружения: исследование с использованием многоуровневых конститутивных моделей / А. Ю. Янц, П. В. Трусов, К. В. Остапович // XII Всероссийский съезд по фундаментальным проблемам теоретической и прикладной механики, Уфа, 2019 [Электронный ресурс] : [доклады] / Рос. нац. ком. по теорет. и прикл. механике, Рос. акад. наук, Администрация Главы Респ. Башкортостан, Акад. наук Респ. Башкортостан, Ин-т проблем сверхпластичности металлов РАН, Башк. гос. ун-т, Уфим. гос. авиац. техн. ун-т, Уфим. гос. нефт. техн. ун-т, Башк. гос. пед. ун-т им. М. Акмуллы, Ин-т механики им. Р. Р. Мавлютова УФИЦ РАН. - Уфа : РИЦ БашГУ, 2019. - Секция 3. Подсекция 2. - 2 с. 1 USB флеш накопитель. Загл. с экрана.

21. Редуцированное представление кристаллографической текстуры с помощью методов кластерного анализа / К. В. Остапович, П. В. Трусов // XXI Зимняя школа по механике сплошных сред : тез. докл., [г. Пермь, 18-22 февр. 2019 г.] / М-во науки и высш. образования Рос. Федерации, Урал. отд-ние Рос. акад. наук, Ин-т механики сплошных сред УрО РАН - фил. Федер. гос. бюджет.

учр. науки Перм. федер. исслед. центра Урал. отд-ния Рос. акад. наук. - Пермь : Новопринт, 2019. - С. 223.

22. Эффекты сложного нагружения: исследование с использованием многоуровневых конститутивных моделей / А. Ю. Янц, П. В. Трусов, К. В. Остапович // XII Всероссийский съезд по фундаментальным проблемам теоретической и прикладной механики : Уфа, Респ. Башкортостан, Россия, 19-24 авг. 2019 г. : аннотации докладов / Рос. нац. ком. по теорет. и прикл. механике, Рос. акад. наук, Администрация Главы Респ. Башкортостан, Акад. наук Респ. Башкортостан, Ин-т проблем сверхпластичности металлов РАН, Башк. гос. ун-т, Уфим. гос. авиац. техн. ун-т, Уфим. гос. нефт. техн. ун-т, Башк. гос. пед. ун-т им. М. Акмуллы, Ин-т механики им. Р. Р. Мавлютова УФИЦ РАН. - Уфа : РИЦ БашГУ, 2019. - С. 210.

23. On the texture component analysis of polycrystals using statistical multi-level models / K. V. Ostapovich, P. V. Trusov // APM 2018 [Electronic resource] : XLVI Intern. Conf. Advanced Problems in Mechanics, June 25-30, 2018, St. Petersburg, Russia : book of abstracts / Russ. Acad. of Sciences, Inst. for Problems in Mechanical Engineering, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic Univ. - St. Petersburg : [s. n.], 2018. - P. 71. - 1 USB flash drive. Title from screen.

24. Идентификация компонент кристаллографических текстур с использованием многоуровневых моделей поликристаллов и кластерного анализа / К. В. Остапович, П. В. Трусов // Механика, ресурс и диагностика материалов и конструкций : XII Междунар. конф. (Екатеринбург, 21-25 мая 2018 г.) : сб. материалов / Федер. агентство науч. орг. (ФАНО России), Рос. фонд фундам. исслед, Рос. акад. наук Урал. отд-ние, Ин-т машиноведения Уро РАН, Ин-т физики прочности и материаловедения СО РАН. - Екатеринбург : ИМАШ УрО РАН, 2018. - С. 271.

25. Анализ строения тензора упругих свойств с помощью моментных потенциалов взаимодействия частиц / И. Ю. Зубко, С. С. Стволова, К. В. Остапович, К. А. Курмоярцева // Механика композиционных материалов и конструкций, сложных и гетерогенных сред : сб. тр. 7-й Всерос. науч. конф. с

междунар. участием им. И. Ф. Образцова и Ю. Г. Яновского (2123 нояб. 2017 г., г. Москва) / Федер. агентство науч. орг. (ФАНО России), Рос. акад. наук, Отд-ние энергетики, машиностроения, механики и процессов упр. РАН, Ин-т приклад. механики РАН. - Москва : Сам Полиграфист, 2017. - С. 97-100.

26. Изменение симметрии упругих свойств поликристаллов при неупругом деформировании по двухзвенным траекториям / К. В. Остапович, П. В. Трусков, А. И. Швейкин // Математическое моделирование в естественных науках : материалы XXVI Всерос. шк.-конф. молодых ученых и студентов / М-во образования и науки Рос. Федерации, Рос. акад. наук, Рос. фонд фундам. исслед, М-во образования и науки Перм. края, Перм. нац. исслед. политехн. ун-т, Ин-т механики сплошных сред УрО РАН. - Пермь : Изд-во ПНИПУ, 2017. - С. 330-334.

27. Исследование изменения симметрии упругих свойств поликристаллов при неупругом деформировании с применением многоуровневых моделей / К. В. Остапович // XX Зимняя школа по механике сплошных сред : тезисы докладов, Пермь, 13-16 февр. 2017 г. / Федер. агентство науч. орг. (ФАНО России), Урал. отд-ние Рос. акад. наук, Ин-т механики сплошных сред УрО РАН. - Пермь : Новопринт, 2017. - С. 250.

28. Об идентификации симметрии упругих свойств поликристаллических материалов / К. В. Остапович, П. В. Трусков // Неравновесные процессы в сплошных средах : материалы междунар. симп., [г. Пермь, 15-18 мая 2017 г.]. В 2 т. Т. 2 / М-во образования и науки Рос. Федерации, М-во образования и науки Перм. края, Перм. гос. нац. исслед. ун-т, Ин-т механики сплошных сред УрО РАН, Перм. гос. гуманит.-пед. ун-т, Моск. гос. ун-т им. М. В. Ломоносова. - Пермь : Издат. центр ПНИУ, 2017. - С. 122-124.

29. Об идентификации класса симметрии упругих свойств поликристаллических материалов при многоуровневом моделировании / К. В. Остапович, П. В. Трусков // Современные технологии и материалы новых поколений : сб. тр. Междунар. конф. с элементами науч. шк. для молодежи, 9-13 окт. 2017 г. / М-во образования и науки Рос. Федерации, Нац. исслед. Томс.

политехн. ун-т, Сиб. отд-ние РАН, Ин-т физики прочности и материаловедения СО РАН. - Томск : Изд-во ТПУ, 2017. - С. 96-97.

30. Идентификация симметричных свойств анизотропных упругих материалов / К. В. Остапович // Наука будущего - наука молодых : сб. тез. участников [Второго Всерос. науч.] форума Наука будущего наука молодых, Казань, 20-26 сент. 2016 г. Vol. 1 / М-во образования и науки Рос. Федерации. - Москва : Инконсалт К, 2016. - С. 334-336.

31. Симметричная идентификация упругих свойств поликристаллов / К. В. Остапович // Математическое моделирование в естественных науках : материалы XXV Всерос. шк.-конф. молодых ученых и студентов / Рос. акад. наук, М-во образования и науки Рос. Федерации, Перм. нац. исслед. политехн. ун-т, Ин-т механики сплошных сред УрО РАН. - Пермь : Изд-во ПНИПУ, 2016. - С. 260-266.

6. Соответствие содержания диссертации специальности, по которой она рекомендуется к защите.

Диссертация «Проектирование рационально текстурированных поликристаллических изделий на основе двухуровневой статистической модели упруговязкопластического деформирования» Остаповича Кирилла Вадимовича соответствует паспорту специальности 1.2.2. Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ, по физико-математическим наукам.

7. Соответствие диссертационной работы требованиям п.14 «Положения о присуждении ученых степеней».

Диссертация Остаповича Кирилла Вадимовича отвечает требованиям п.14 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 № 842, предъявляемым к кандидатским диссертациям: автор в тексте диссертации корректно ссылается на авторов и источники заимствования материалов, а при использовании результатов научных работ, выполненных соискателем лично и (или) в соавторстве, отмечает в диссертации это обстоятельство.

Диссертация «Проектирование рационально текстурированных поликристаллических изделий на основе двухуровневой статистической модели упруговязкопластического деформирования» Остаповича Кирилла Вадимовича рекомендуется к защите на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук по специальности 1.2.2. Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

Заключение принято на заседании кафедры «Математическое моделирование систем и процессов»

Присутствовало на заседании 16 чел.. Результаты голосования: «за» – 16 чел., «против» – 0 чел., «воздержалось» – 0 чел., протокол № 1 от «08» сентября 2023 г.



Останина Татьяна Викторовна,
зам. зав. кафедры «Математическое моделирование систем и процессов» Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Пермский национальный исследовательский политехнический университет»



Няшина Наталья Дмитриевна,
секретарь кафедры «Математическое моделирование систем и процессов» Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Пермский национальный исследовательский политехнический университет»