

СВЕДЕНИЯ О РЕЗУЛЬТАТАХ ПУБЛИЧНОЙ ЗАЩИТЫ ДИССЕРТАЦИИ

Диссертационный совет Д 212.267.13, созданный на базе федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет», извещает о результатах состоявшейся 27 сентября 2019 года публичной защиты диссертации Хрусталёва Антона Павловича «Исследование физико-механических свойств дисперсно-упрочнённых композитов на основе алюминия и магния» по специальности 01.02.04 – Механика деформируемого твёрдого тела на соискание учёной степени кандидата физико-математических наук.

Присутствовали 18 из 26 членов диссертационного совета, из них 5 докторов наук по специальности 01.02.04 – Механика деформируемого твёрдого тела:

- | | |
|--|----------|
| 1. Шрагер Г. Р., доктор физико-математических наук, профессор,
председатель диссертационного совета, | 01.02.05 |
| 2. Христенко Ю. Ф., доктор технических наук, старший научный сотрудник,
заместитель председателя диссертационного совета, | 01.02.04 |
| 3. Пикущак Е. В., кандидат физико-математических наук,
учёный секретарь диссертационного совета, | 01.02.05 |
| 4. Архипов В. А., доктор физико-математических наук, профессор, | 01.02.05 |
| 5. Биматов В.И., доктор физико-математических наук, доцент, | 01.02.05 |
| 6. Бубенчиков А. М., доктор физико-математических наук, профессор, | 01.04.14 |
| 7. Бутов В. Г., доктор физико-математических наук, профессор, | 01.04.14 |
| 8. Ворожцов А. Б., доктор физико-математических наук, профессор, | 01.02.05 |
| 9. Глазунов А. А., доктор физико-математических наук, профессор, | 01.02.05 |
| 10. Глазырин В. П., доктор физико-математических наук, | 01.02.04 |
| 11. Зелепугин С. А., доктор физико-математических наук,
старший научный сотрудник, | 01.02.04 |
| 12. Крайнов А. Ю., доктор физико-математических наук, профессор, | 01.04.14 |
| 13. Лапшин О. В., доктор физико-математических наук, | 01.04.14 |
| 14. Люкшин Б. А., доктор физико-математических наук, профессор, | 01.02.04 |
| 15. Миньков Л. Л., доктор физико-математических наук, профессор, | 01.04.14 |
| 16. Прокофьев В. Г., доктор физико-математических наук, доцент, | 01.04.14 |
| 17. Скрипняк В. А., доктор физико-математических наук, профессор, | 01.02.04 |
| 18. Тимченко С. В., доктор физико-математических наук,
старший научный сотрудник, | 01.02.05 |

Заседание провёл председатель диссертационного совета доктор физико-математических наук, профессор Шрагер Геннадий Рафаилович.

По результатам защиты диссертации тайным голосованием (результаты голосования: за присуждение учёной степени – 18, против – нет, недействительных бюллетеней – нет) диссертационный совет принял решение присудить А. П. Хрусталёву учёную степень кандидата физико-математических наук.

**Заключение диссертационного совета Д 212.267.13,
созданного на базе федерального государственного автономного
образовательного учреждения высшего образования
«Национальный исследовательский Томский государственный университет»
Министерства науки и высшего образования Российской Федерации,
по диссертации на соискание учёной степени кандидата наук**

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 27.09.2019 № 381

О присуждении **Хрусталёву Антону Павловичу**, гражданину Российской Федерации, учёной степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация **«Исследование физико-механических свойств дисперсно-упрочнённых композитов на основе алюминия и магния»** по специальности **01.02.04** – Механика деформируемого твёрдого тела принята к защите 02.07.2019 (протокол заседания № 374) диссертационным советом **Д 212.267.13**, созданным на базе федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (634050, г. Томск, пр. Ленина, 36, приказ о создании диссертационного совета № 105/нк от 11.04.2012).

Соискатель **Хрусталёв Антон Павлович**, 1992 года рождения.

В 2015 г. соискатель окончил федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет».

В 2019 году соискатель очно окончил аспирантуру федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет».

Работает в должности младшего научного сотрудника научно-исследовательской лаборатории высокоэнергетических и специальных материалов в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Национальный исследовательский Томский

государственный университет» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Диссертация выполнена на кафедре прочности и проектирования федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет» Министерства науки и высшего образования Российской Федерации.

Научный руководитель – доктор физико-математических наук, **Ворожцов Александр Борисович**, федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет», проректор по научной и инновационной деятельности; по совместительству – научно-исследовательская лаборатория высокоэнергетических и специальных материалов, заведующий лабораторией (в период подготовки соискателем диссертации – Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт проблем химико-энергетических технологий Сибирского отделения Российской академии наук, заместитель директора по научной работе; по совместительству – федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет», научно-исследовательская лаборатория высокоэнергетических и специальных материалов, заведующий лабораторией).

Официальные оппоненты:

Колобов Юрий Романович, доктор физико-математических наук, профессор, федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Белгородский государственный национальный исследовательский университет», кафедра наноматериалов и нанотехнологий, заведующий кафедрой

Радченко Андрей Васильевич, доктор физико-математических наук, профессор, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Томский государственный архитектурно-строительный университет», Институт кадастра, экономики и инженерных систем в строительстве, директор института

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «**Национальный исследовательский Томский политехнический университет**», г. Томск, в своём положительном отзыве, подписанном **Хасановым Олегом Леонидовичем** (доктор технических наук, профессор, Научно-образовательный инновационный центр «Наноматериалы и нанотехнологии», директор центра), указала, что актуальность диссертационной работы А. П. Хрусталёва обусловлена потребностью в повышении прочностных свойств и эксплуатационных характеристик алюминиевых и магниевых сплавов, используемых в автомобилестроении, судостроении и аэрокосмической отрасли. Упрочнение лёгких алюминиевых и магниевых сплавов методом дисперсного упрочнения позволяет повысить их механические свойства. Соискателем выполнены новые экспериментальные исследования механического поведения ряда отечественных марок литейных магниевых и алюминиевых сплавов, упрочнённых неметаллическими наночастицами трифторида скандия и нитрида алюминия при квазистатическом и динамическом нагружениях; разработана математическая модель, позволяющая рассчитывать параметры прессования различных порошковых материалов; получены следующие новые научные результаты: показано, что равномерное распределение наночастиц ScF_3 или AlN с оптимальной концентрацией приводит к существенному уменьшению размеров зерна, повышению предела прочности и деформации до разрушения; показано, что ударно-волновое компактирование порошковой смеси магний–нитрид алюминия не влияет на кристаллическую структуру и фазовый состав порошковой смеси, что позволяет увеличить твёрдость ударно-компактированного композита за счёт сохранения наночастиц нитрида алюминия в его структуре; показано, что введение наночастиц ScF_3 в алюминиевый сплав АК7 приводит к одновременному увеличению предела прочности и пластичности сплава; показано, что введение наночастиц нитрида алюминия в сплав МЛ12 приводит к одновременному увеличению прочности и пластичности за счёт вклада передачи нагрузки от частиц к матрице и закона Холла-Петча; установлено, что введение наночастиц нитрида алюминия в магниевый сплав МЛ5

приводит к измельчению размера зерна, за счёт чего происходит увеличение механических характеристик сплава при квазистатическом растяжении; показано, что дисперсное упрочнение сплавов магния позволяет существенно повысить величины гюгониевского предела упругости и откольной прочности. Полученные результаты могут быть использованы в машиностроении, судостроении, аэрокосмической индустрии при проектировании элементов конструкций из лёгких алюминиевых и магниевых сплавов.

Соискатель имеет 58 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации опубликовано 19 работ, из них в рецензируемых научных изданиях опубликовано 5 работ (в том числе в зарубежных научных журналах, входящих в Web of Science, опубликовано 2 работы; в российских научных журналах, переводные версии которых входят в Web of Science, опубликовано 2 работы; в российском научном журнале, входящем в Web of Science, опубликована 1 работа), в сборниках материалов конференций, представленных в изданиях, входящих в Web of Science или Scopus, опубликовано 2 работы, в сборниках материалов международных научных конференций, симпозиума, конгресса опубликовано 9 работ; патентов Российской Федерации получено 3. Общий объём публикаций – 5,26 а.л., авторский вклад – 1,82 а.л.

В диссертации отсутствуют достоверные сведения об опубликованных соискателем ученой степени работах, в которых изложены основные научные результаты диссертации.

Наиболее значительные работы по теме диссертации, опубликованные в журналах, включенных в Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук:

1. Данилов П. А. Анализ влияния внешних физических воздействий на процессы литья лёгких сплавов / П. А. Данилов, А. П. Хрусталёв, А. Б. Ворожцов, И. А. Жуков, В. В. Промахов, М. Г. Хмелёва, Е. В. Пикушак, А. В. Кветинская // Вестник Томского государственного университета. Математика и механика. – 2018. – № 55. – С. 84–98. – DOI: 10.17223/19988621/55/8. – 0,93 / 0,21 а.л.

Web of Science:

Danilov P. A. Analysis of the effect of external physical fields on the casting of light alloys / P. A. Danilov, **A. P. Khrustalev**, A. B. Vorozhtsov, I. A. Zhukov, V. V. Promakhov, M. G. Khmeleva, E. V. Pikushchak, A. V. Kvetinskaya // Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta. Matematika i mekhanika – Tomsk State University Journal of Mathematics and Mechanics. – 2018. – № 55. – P. 84–98.

2. Хрусталёв А. П. Влияние структуры металломатричного композита магний-нитрид алюминия на его сопротивление деформированию при квазистатическом и динамическом нагружении / А. П. Хрусталёв, Г. В. Гаркушин, И. А. Жуков, С. В. Разоренов // Письма в журнал технической физики. – 2018. – Т. 44, вып. 20. – С. 20–28. – 1,12 / 0,28 а.л. – DOI: 10.21883/PJTF.2018.20.46802.17381.

в переводной версии журнала, входящей в Web of Science:

Khrustalyov A. P. The Influence of the Structure of a Magnesium–Aluminum Nitride Metal–Matrix Composite on the Resistance to Deformation under Quasi–Static and Dynamic Loading / A. P. Khrustalyov, G. V. Garkushin, I. A. Zhukov, S. V. Razorenov // Technical Physics Letters. – 2018. – Vol. 44, № 10. – P. 912–915. – DOI: 10.1134/S1063785018100255.

3. Хрусталёв А. П. Структура и механические свойства композиционных материалов на основе магния, упрочненных наночастицами нитрида алюминия / А. П. Хрусталёв, С. А. Ворожцов, И. А. Жуков, В. В. Промахов, В. Х. Даммер, А. Б. Ворожцов // Известия высших учебных заведений. Физика. – 2016. – Т. 59, № 12. – С. 176–178. – 0,19 / 0,08 а.л.

в переводной версии журнала, входящей в Web of Science:

Khrustalyov A. P. Structure and Mechanical Properties of Magnesium-Based Composites Reinforced with Nitride Aluminum Nanoparticles / A. P. Khrustalyov, S. A. Vorozhtsov, I. A. Zhukov, V. V. Promakhov, V. Kh. Dammer, A. B. Vorozhtsov // Russian Physics Journal. – 2017. – Vol. 59, № 12. – P. 2183–2185. – DOI: 10.1007/s11182-017-1034-6.

4. Vorozhtsov S. The Influence of ScF₃ Nanoparticles on the Physical and Mechanical Properties of New Metal Matrix Composites Based on A356 Aluminum

Alloy / S. Vorozhtsov, I. Zhukov, V. Promakhov, E. Naydenkin, **A. Khrustalyov**, A. Vorozhtsov // JOM. – 2016. – Vol. 68, № 12. – P. 3101–3106. – DOI: 10.1007/s11837-016-2141-5. – 0,37 / 0,11 а.л. (*Web of Science*).

5. Vorozhtsov S. A. The Application of External Fields to the Manufacturing of Novel Dense Composite Master Alloys and Aluminum-Based Nanocomposites / S. A. Vorozhtsov, D. G. Eskin, J. Tamayo, A. B. Vorozhtsov, V. V. Promakhov, A. A. Averin, **A. P. Khrustalyov** // Metallurgical and Materials Transactions A. – Physical Metallurgy and Materials Science. – 2015. – Vol. 46A, is. 7. – P. 2870–2875. – DOI: 10.1007/s11661-015-2850-3. – 0,37 / 0,12 а.л. (*Web of Science*).

На автореферат поступило 7 положительных отзывов. Отзывы представили:

1. **В. Е. Громов**, д-р физ.-мат. наук, проф., заведующий кафедрой естественнонаучных дисциплин им. профессора В.М. Финкеля Сибирского государственного индустриального университета, г. Новокузнецк, и **С. А. Невский**, канд. техн. наук, доц., доцент кафедры естественнонаучных дисциплин им. профессора В.М. Финкеля Сибирского государственного индустриального университета, г. Новокузнецк, *без замечаний*.
2. **В. Ю. Бажин**, д-р техн. наук, доц., проректор по научно-инновационной деятельности Санкт-Петербургского горного университета, *с замечаниями*: В описании математической модели процесса ударно-волнового компактирования (с. 9–11) приведён расчёт для алюминиевого сплава со свинцом, оловом и медью, но в дальнейших экспериментах данный сплав не использовался. Вызывает сомнение значение твёрдости алмаза (с. 10), которое в четыре раза меньше, чем для алюминия; возможно, это является результатом опечатки. В выводе после описания четвёртой главы написано «Установлено, что для алмаза четвёртый предел...»: значения данных пределов в автореферате не описаны.
3. **С. И. Шекин**, канд. техн. наук, заместитель генерального директора по научной работе – начальник научно-производственного экспериментального комплекса Центрального научно-исследовательского института конструкционных материалов «Прометей» имени И. В. Горынина Национального исследовательского центра «Курчатовский институт», г. Санкт-Петербург, *с замечаниями*: В описании третьей главы в явном виде не описано назначение порошков, изображения которых

представлены на рис. 1, с. 8. На рис. 1 отсутствует единообразие в оформлении гистограмм распределения частиц по размеру. 4. **А. Н. Дьяченко**, д-р техн. наук, Генеральный директор ООО «Институт Лёгких Материалов и Технологий», г. Москва, *с замечаниями*: На с. 12 приведены данные фазового состава композиционного материала на основе магния, но не описан метод оценки, и не ясно в каких % (массовых, объёмных) указан состав. Сплав АК7 является термически упрочняемым, и для сравнения технико-экономических характеристик необходимо было провести сравнительный анализ свойства разработанного сплава «АК7+частицы» и сплава АК7 в состоянии Т6 (закалка+старение).

5. **А. А. Павленко**, д-р физ.-мат. наук, доц., главный научный сотрудник Лаборатории физики преобразования энергии высокоэнергетических материалов Института проблем химико-энергетических технологий СО РАН, г. Бийск, и **В. В. Малыгин**, канд. хим. наук, учёный секретарь Института проблем химико-энергетических технологий СО РАН, г. Бийск, *с замечаниями*: На рис. 6, с. 13 представлена структура сплавов, содержащих трифторид скандия, при этом не указано, в каком виде частицы присутствуют в сплаве (исходные частицы, образовавшиеся интерметаллиды). Это замечание относится и к рис. 10 на с. 17 для магниевого сплава с нитридом алюминия. В автореферате не приведён состав сплавов АК7, МЛ12 и МЛ15. Не приведён перечень приборов, используемых для измерения параметров исследуемых композитов. 6. **Г. В. Гаркушин**, канд. физ.-мат. наук, старший научный сотрудник Лаборатории реологических свойств конденсированных сред при импульсном воздействии Института проблем химической физики РАН, г. Черноголовка Московской обл., и **С. В. Разоренов**, д-р физ.-мат. наук, проф., заведующий Лабораторией реологических свойств конденсированных сред при импульсном воздействии Института проблем химической физики РАН, г. Черноголовка Московской обл., *без замечаний*. 7. **Е. М. Максимов**, д-р техн. наук, старший научный сотрудник Войсковой части 35533, г. Балашиха Московской обл., *с замечаниями*: Не все представленные экспериментальные данные снабжены достаточным анализом и комментарием. При описании результатов морфологического анализа (с. 8) для одних материалов приведены

гистограммы распределения, для других – эмпирические законы распределения и в разных масштабах. Приведены некоторые статистические параметры, однако анализ пригодности исследованных материалов для достижения требуемых механических свойств композитов не дан. Не ясен смысл графика на рис. 5г, поскольку эксперименты показывают количественное отличие твёрдости композита от твёрдости чистого магния, полученного при двух различных технологиях. Результаты пятой и шестой глав, описанные в автореферате, не позволяют сделать вывод относительно оптимального количества неметаллических добавок, максимально улучшающего заданные механические характеристики материала.

В отзывах отмечается, что в настоящее время при создании элементов конструкций энергоэффективных машин в аэрокосмической индустрии, транспорте, судостроении, машиностроении существует необходимость повышения прочностных свойств недорогих и традиционно используемых лёгких литейных сплавов, в том числе на основе алюминия и магния. Перспективным направлением при повышении их механических свойств является дисперсное упрочнение наночастицами. Различные виды наночастиц могут коренным образом менять процесс деформации лёгких сплавов, что вызывает потребность в исследовании механизмов влияния частиц на механическое поведение таких материалов. А. П. Хрусталёвым предложена математическая модель, которая позволяет спрогнозировать поведение порошковой смеси в процессе ударно-волнового компактирования с помощью оценки пороговых значений давлений и времени воздействия для получения прочного компакта, исходя из свойств материала частиц; реализован процесс ударно-волнового компактирования порошковых смесей для получения магниевых композитов и лигатур; исследовано влияние концентрации наночастиц трифторида скандия и нитрида алюминия на структуру и механические свойства алюминиевых и магниевых сплавов; проведены исследования влияния наночастиц нитрида алюминия на механическое поведение магниевого сплава МЛ5 при динамическом нагружении. Результаты исследования важны для предсказания поведения металломатричных композитов и конструкций, их содержащих, в реальных условиях и могут использоваться при разработке

новых оригинальных сплавов для применения в цветной металлургии и транспортных отраслях промышленности.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается тем, что **Ю. Р. Колобов** – известный специалист в области физического материаловедения и разработки технологий получения наноструктурных металлических и композиционных материалов технического и медицинского назначения; **А. В. Радченко** – известный специалист в области моделирования деформирования и разрушения материалов при динамических нагрузках; **Национальный исследовательский Томский политехнический университет** известен достижениями в области механики деформируемого твёрдого тела, создания перспективных материалов и разработки новых технологий их получения.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

показано, что равномерное распределение в объёме указанных сплавов наночастиц ScF_3 или AlN с концентрацией до 1.5 масс. % приводит к уменьшению размеров зерна в 5 раз и к повышению предела прочности на 79 %, а деформации до разрушения в 2.4 раза;

предложена математическая модель ударно-волнового компактирования порошковых материалов, позволяющая рассчитывать пороговые значения давления и время воздействия для получения прочного компакта, исходя из свойств материала частиц;

установлено, что ударно-волновое компактирование не влияет на кристаллическую структуру и фазовый состав порошковой смеси Mg-5\%AlN , что позволяет увеличить твёрдость ударно-компактированного композита Mg-5\%AlN с 30 до 45 HV за счет сохранения наночастиц нитрида алюминия в его структуре;

установлено, что введение наночастиц ScF_3 в алюминиевый сплав АК7 приводит к одновременному увеличению предела прочности и пластичности сплава с 130 до 215 МПа и с 1.4 до 4 %;

установлено, что введение 1.5 масс. % наночастиц нитрида алюминия в сплав МЛ12 приводит к одновременному увеличению прочности и пластичности

с 150 до 210 МПа и с 7 до 18 % соответственно за счёт вклада передачи нагрузки от частиц к матрице и в соответствии с законом Холла–Петча;

установлено, что введение 0.5 масс. % наночастиц нитрида алюминия приводит к измельчению размера зерна магниевых сплавов МЛ15, за счёт чего происходит увеличение механических характеристик сплава при квазистатическом растяжении: предела текучести с 55 до 70 МПа, предела прочности с 122 до 155 МПа, пластичности с 4 до 5.5 %;

установлено, что дисперсное упрочнение сплавов магния позволяет существенно повысить величины Гюгониевского предела упругости и откольной прочности;

показано, что введение 0.5 масс.% наночастиц нитрида алюминия приводит к повышению динамического предела упругости Гюгонио с 174 до 268 МПа для ударника толщиной 2 мм, с 158 до 196 МПа для ударника толщиной 0.8 мм и повышению откольной прочности с 635 до 820 МПа для ударника толщиной 0.8 мм.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

в диссертационной работе получены результаты, которые вносят вклад в развитие механики деформируемого твёрдого тела, а именно:

установлены закономерности влияния микроструктуры сплавов, содержащих наночастицы разных типов, которые обобщены в виде зависимостей, позволяющих описывать и прогнозировать соответствующие закономерности прочностных и деформационных характеристик;

проведены исследования свойств композитов в квазистатических и интенсивных динамических условиях нагружения и получены новые экспериментальные результаты, показывающие возможность повышения характеристик динамической прочности, включая предел упругости (предел Гюгонио) и предел прочности для материалов, содержащих наночастицы;

построена модель, позволяющая оценить влияние концентрации и размера частиц на механические характеристики с использованием эффектов разности коэффициентов теплового расширения, измельчения зерна, передачи нагрузки от частиц к матрице;

изложены результаты математического моделирования, позволяющие спрогнозировать поведение порошковой смеси в процессе ударно-волнового компактирования.

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

представлены результаты исследования равномерно перемешанных порошковых смесей, содержащих наночастицы, которые могут быть использованы для последующего получения из них материалов с заданными свойствами, и позволят существенно повысить физико-механические характеристики традиционных сплавов и использовать их в транспортном секторе (авиакосмическая, автомобильная, судостроительная отрасли).

Рекомендации об использовании результатов диссертационного исследования. Полученные результаты могут применяться в исследованиях, проводимых в ООО «Институт Лёгких Материалов и Технологий» (г. Москва), Национальном исследовательском центре «Курчатовский институт» (г. Санкт-Петербург), в частности, в Центральном НИИ конструкционных материалов «Прометей» имени И. В. Горынина, Санкт-Петербургском государственном технологическом институте (техническом университете), Институте проблем химической физики РАН (г. Черноголовка Московской обл.), Томском государственном архитектурно-строительном университете, Национальном исследовательском Томском государственном университете, Национальном исследовательском Томском политехническом университете и других организациях.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

Достоверность результатов проведённого исследования обеспечивается адекватностью применимых методов исследования, комплексным подходом к решению поставленных задач, использованием апробированных методов и методик исследования, применением статистических методов обработки данных, анализом литературы, согласованием физически непротиворечивых полученных результатов с отдельными данными других исследователей.

Научная новизна исследования заключается в том, что полученные результаты расширяют и уточняют знания о закономерностях деформации и разрушения дисперсно-упрочнённых сплавов на основе алюминия и магния при квазистатическом и динамическом нагружении.

Личный вклад соискателя состоит в: осуществлении совместно с научным руководителем постановок задач диссертации; значительном вкладе в получение основных результатов, выносимых на защиту; обсуждении результатов исследования, формулировке выводов и заключений по материалам исследования и подготовке публикаций по теме диссертации.

Диссертация отвечает критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней для диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, и, в соответствии с пунктом 9 Положения, является научно-квалификационной работой, в которой содержится решение научной задачи по выявлению связей между структурой композитов и сплавов, характером внешних воздействий и процессами деформирования и разрушения, имеющей значение для развития механики деформируемого твёрдого тела.

На заседании 27.09.2019 диссертационный совет принял решение присудить **Хрусталёву А. П.** учёную степень кандидата физико-математических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 18 человек, из них 5 докторов наук по специальности 01.02.04 – Механика деформируемого твёрдого тела, участвовавших в заседании, из 26 человек, входящих в состав совета, проголосовал: за – 18, против – нет, недействительных бюллетеней – нет.

Председатель

диссертационного совета

Учёный секретарь

диссертационного совета

27.09.2019



Шрагер Геннадий Рафаилович

Пикущак Елизавета Владимировна