

СВЕДЕНИЯ О РЕЗУЛЬТАТАХ ПУБЛИЧНОЙ ЗАЩИТЫ ДИССЕРТАЦИИ

Диссертационный совет Д 212.267.07, созданный на базе федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет», извещает о результатах состоявшейся 29 декабря 2016 года публичной защиты диссертации Куц Ольги Анатольевны «Эффект памяти формы и сверхэластичность при термоупругом γ - α' -мартенситном превращении в монокристаллах сплава FeNiCoAlNb» по специальности 01.04.07 – Физика конденсированного состояния.

На заседании диссертационного совета присутствовали 21 из 24 членов диссертационного совета, из них 8 докторов наук по специальности 01.04.07 – Физика конденсированного состояния:

1. Багров В.Г., председатель диссертационного совета	д-р физ.-мат. наук	01.04.02
2. Ивонин И.В., заместитель председателя диссертационного совета	д-р физ.-мат. наук	01.04.10
3. Киреева И.В., ученый секретарь Диссертационного совета	д-р физ.-мат. наук	01.04.07
4. Бордовицын В.А.	д-р физ.-мат. наук	01.04.02
5. Брудный В.Н.	д-р физ.-мат. наук	01.04.10
6. Бухбиндер И.Л.	д-р физ.-мат. наук	01.04.02
7. Гермогенов В.П.	д-р физ.-мат. наук	01.04.10
8. Давыдов В.Н.	д-р физ.-мат. наук	01.04.10
9. Дударев Е.Ф.	д-р физ.-мат. наук	01.04.07
10. Коротчаев А.Д.	д-р физ.-мат. наук	01.04.07
11. Лавров П.М.	д-р физ.-мат. наук	01.04.02
12. Ляхович С.Л.	д-р физ.-мат. наук	01.04.02
13. Мельникова Н.В.	д-р физ.-мат. наук	01.04.07
14. Потекаев А.И.	д-р физ.-мат. наук	01.04.07
15. Старенченко В.А.	д-р физ.-мат. наук	01.04.07
16. Толбанов О.П.	д-р физ.-мат. наук	01.04.10
17. Трифонов А.Ю.	д-р физ.-мат. наук	01.04.02
18. Тюменцев А.Н.	д-р физ.-мат. наук	01.04.07
19. Чумляков Ю.И.	д-р физ.-мат. наук	01.04.07
20. Шаповалов А.В.	д-р физ.-мат. наук	01.04.02
21. Шарапов А.А.	д-р физ.-мат. наук	01.04.02

Заседание провел председатель диссертационного совета, доктор физико-математических наук, профессор Багров Владислав Гавриилович.

По результатам защиты диссертации тайным голосованием (результаты голосования: за присуждение ученой степени – 21, против – нет, недействительных бюллетеней – нет) диссертационный совет принял решение присудить О.А. Куц ученую степень кандидата физико-математических наук.

Заключение диссертационного совета Д 212.267.07

**на базе федерального государственного автономного образовательного
учреждения высшего образования**

«Национальный исследовательский Томский государственный университет»

Министерства образования и науки Российской Федерации

по диссертации на соискание ученой степени кандидата наук

аттестационное дело № _____

решение диссертационного совета от 29.12.2016 г., № 58

О присуждении **Куц Ольге Анатольевне**, гражданину Российской Федерации, учёной степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация «**Эффект памяти формы и сверхэластичность при термоупругом γ - α' -мартенситном превращении в монокристаллах сплава FeNiCoAlNb**» по специальности **01.04.07** – Физика конденсированного состояния, принята к защите 20.10.2016 г., протокол № 54, диссертационным советом **Д 212.267.07** на базе федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет» Министерства образования и науки Российской Федерации (634050, г. Томск, пр. Ленина, 36, приказ о создании диссертационного совета № 105/нк от 11.04.2012 г.).

Соискатель **Куц Ольга Анатольевна**, 1988 года рождения.

В 2013 году соискатель окончила федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Национальный исследовательский Томский политехнический университет».

В 2016 году соискатель очно окончила аспирантуру федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет».

Работает в должности младшего научного сотрудника лаборатории физики высокопрочных кристаллов Сибирского физико-технического института имени академика В.Д. Кузнецова в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет» Министерства образования и науки Российской Федерации.

Диссертация выполнена на кафедре физики металлов физического факультета и в лаборатории физики высокопрочных кристаллов Сибирского физико-технического института имени академика В.Д. Кузнецова федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет» Министерства образования и науки Российской Федерации.

Научный руководитель – доктор физико-математических наук, **Киреева Ирина Васильевна**, федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет», лаборатория физики высокопрочных кристаллов Сибирского физико-технического института имени академика В.Д. Кузнецова, главный научный сотрудник; по совместительству – кафедра физики металлов, профессор.

Научный консультант – доктор физико-математических наук, **Чумляков Юрий Иванович**, федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет», лаборатория физики высокопрочных кристаллов Сибирского физико-технического института имени академика В.Д. Кузнецова, заведующий лабораторией; по совместительству – кафедра физики металлов, профессор.

Официальные оппоненты:

Соловьева Юлия Владимировна, доктор физико-математических наук, доцент, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Томский государственный архитектурно-строительный университет», кафедра физики, профессор

Реснина Наталья Николаевна, доктор физико-математических наук, федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный университет», кафедра общей математики и информатики, профессор

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – Федеральное государственное бюджетное учреждение науки **Институт физики прочности и материаловедения**

Сибирского отделения Российской академии наук, г. Томск, в своём положительном заключении, подписанном Лотковым Александром Ивановичем (доктор физико-математических наук, профессор, лаборатория материаловедения сплавов с памятью формы, заведующий лабораторией) указала, что разработка и исследование новых сплавов на основе железа, испытывающих обратимые термоупругие мартенситные превращения при охлаждении / нагреве, приложении внешних напряжений и магнитных полей, представляют собой важную в научном и практическом плане задачу. Поэтому диссертационная работа О.А. Куц, направленная на исследование влияния частиц γ' -, β -фаз и атомов бора на закономерности развития термоупругих γ - α' -мартенситных превращений в монокристаллах сплава на основе железа Fe-28Ni-17Co-11.5Al-2.5Nb (ат. %), является актуальной и своевременной. К наиболее значимым результатам относятся: наблюдение в сплавах на основе железа Fe-28Ni-17Co-11.5Al-2.5Nb (ат. %) при размере частиц γ' -фазы 3 нм аномально большой обратимой деформации 15.3 % при растяжении, которая превышает деформацию решетки для [001]-ориентации при растяжении при γ - α' -мартенситном превращении; физическая причина превышения обратимой деформации теоретических значений деформации решетки на 6.8 %, которая связана с развитием последовательно двух процессов: вначале γ - α' -мартенситного превращения под нагрузкой, а затем упругого двойникования по (110) плоскостям в α' -мартенсите; зависимость величины температурного гистерезиса ΔT^σ и условия появления эффекта стабилизации α' -мартенсита в экспериментах по исследованию эффекта памяти формы под нагрузкой при старении при 973 К от размера частиц γ' -фазы; зависимость температурного интервала проявления сверхэластичности и механического гистерезиса от уровня напряжений высокотемпературной фазы; влияние легирования бором на замедление процессов старения, понижение температуры начала прямого γ - α' -мартенситного превращения, подавление образования β -фазы и увеличение температурного гистерезиса ΔT^σ и механического гистерезиса $\Delta\sigma$ по сравнению с кристаллами без бора при одних условиях старения (температура и время старения) в монокристаллах сплава Fe-28Ni-17Co-11.5Al-2.5Nb (ат. %). Полученные результаты послужат развитию

теории термоупругих мартенситных превращений в сплавах на основе железа, могут применяться для анализа функциональных и прочностных свойств текстурированных поликристаллов данного сплава; могут быть использованы при разработке и создании новых сплавов с заданными функциональными свойствами на железной основе, и как звукопоглощающие материалы в качестве демпфирующих элементов, актюаторов и сенсорных датчиков.

Соискатель имеет 31 опубликованную работу, в том числе по теме диссертации – 24 работы, опубликованных в рецензируемых научных изданиях – 8 (из них 3 статьи в зарубежных научных журналах, индексируемых Web of Science и Scopus, 3 статьи в российском журнале, переводная версия которого индексируется Web of Science), коллективная монография – 1, публикаций в сборниках материалов всероссийских и международных конференций (в том числе 2 зарубежные конференции) – 15. Общий объём публикаций – 13,12 п.л., авторский вклад – 3,68 п.л.

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

Наиболее значительные научные 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, и индексируемых Web of Science:

1. Чумляков Ю. И. Термоупругие мартенситные превращения и сверхэластичность в [001]-монокристаллах сплава FeNiCoAlNb / Ю. И. Чумляков, И. В. Киреева, **О. А. Куц**, Д. А. Куксгаузен // Известия высших учебных заведений. Физика. – 2014. – Т. 57, № 10. – С. 28–35. – 0,93 / 0,23 п.л.

в переводной версии журнала:

Chumlyakov Yu. I. Thermoelastic martensitic transformations and superelasticity in the [001]-oriented FeNiCoAlNb single crystals / Yu. I. Chumlyakov, I. V. Kireeva, **O. A. Kuts**, D. A. Kuksgauzen // Russian Physics Journal. – 2015. – Vol. 57, is. 10. – P. 1328–1335. – DOI: 10.1007/S11182-015-0385-0

2. Chumlyakov Y. Shape memory effect and superelasticity in single crystals of high-strength ferromagnetic alloys / Y. Chumlyakov, I. Kireeva, E. Panchenko, E. Timofeeva, I. Kretinina, **O. Kuts**, I. Karaman, H. Maier // *Advanced Materials Research*. – 2014. – Vol. 1013. – P. 15–22. – DOI: 10.4028/www.scientific.net/AMR.1013.15. – 0,93 / 0,11 п.л.

3. Чумляков Ю.И. Эффект памяти формы и сверхэластичность в [001]-монокристаллах ферромагнитного сплава Fe-Ni-Co-Al-Nb(B) / Ю.И. Чумляков, И. В. Киреева, **О. А. Куц**, М. Ю. Панченко, Э. Карака, Г. Майер // *Известия высших учебных заведений. Физика*. – 2015. – Т. 58, № 7. – С. 16–23. – 0,93 / 0,15 п.л.

в переводной версии журнала:

Chumlyakov Yu. I. Shape memory effect and superelasticity in [001] single crystals of Fe-Ni-Co-Al-Nb(B) ferromagnetic alloy / Yu. I. Chumlyakov, I. V. Kireeva, **O. A. Kuts**, M. Yu. Panchenko, E. Karaka, H. J. Maier // *Russian Physics Journal*. – 2015. – Vol. 58, is. 7. – P. 889–897. – DOI: 10.1007/s11182-015-0587-5

4. **Kuts O. A.** Shape memory effect and superelasticity in [001] single crystals of FeNiCoAlNb(B) alloys / O. A. Kuts, M. Yu. Panchenko, I. V. Kireeva, Yu. I. Chumlyakov // *IOP Conference Series : Materials Science and Engineering*. – 2015. – Vol. 93. – 012034. – P. 1–6. – DOI: 10.1088/1757-899X/93/1/012034. – 0,7 / 0,17 п.л.

5. Chumlyakov Yu. I. Unusual reversible twinning modes and giant superelastic strain in FeNiCoAlNb single crystals / Yu. I. Chumlyakov, I. V. Kireeva, **O. A. Kutz**, A. S. Turabi, H. E. Karaca, I. Karaman // *Scripta Materialia*. – 2016. – Vol. 119. – P. 43–46. – DOI: 10.1016/j.scriptamat.2016.03.027. – 0,47 / 0,07 п.л.

На автореферат поступило 5 положительных отзывов. Отзывы представили: 1. **А. А. Клопотов**, д-р физ.-мат. наук, профессор кафедры «Прикладная механика и материаловедение» Томского государственного архитектурно-строительного университета, *без замечаний*. 2. **Ю. Ф. Иванов**, д-р физ.-мат. наук, доц., ведущий научный сотрудник лаборатории плазменной эмиссионной электроники Института сильноточной электроники СО РАН, г. Томск, *с замечаниями*: В работе в качестве материала исследования были использованы монокристаллы сплава сложного элементного состава Fe–Ni–Co–Al–Nb, дополнительно легированного в отдельных случаях бором. Из текста автореферата не понятно, осуществлялся ли анализ уровня однородности распределения легирующих элементов сплава перед

испытаниями; в работе ряд экспериментов был выполнен на монокристаллах, подвергнутых старению, т. е. содержащих частицы γ' -фазы и β -фазы. Выделение частиц второй фазы будет сопровождаться нарушением элементного состава матрицы. Из текста автореферата не понятно, анализировалось ли влияние именно этого эффекта (отклонение элементного состава матрицы от исходного) на обнаруженные в работе закономерности. 3. **Л. Г. Коршунов**, д-р техн. наук, ст. науч. сотр., главный научный сотрудник лаборатории физического металловедения Института физики металлов УрО РАН, г. Екатеринбург, *с замечанием*: в автореферате отсутствуют данные об использовании полученных в работе оригинальных экспериментальных результатов для создания новых перспективных сплавов с эффектом памяти формы; в автореферате нет обоснования целесообразности легирования сплава Fe–28Ni–17Co–11.5Al–2.5Nb бором в количестве 0.05 ат. %. 4. **С. Д. Прокошкин**, д-р физ.-мат. наук, профессор кафедры обработки металлов давлением Национального исследовательского технологического университета «МИСиС», г. Москва, и **И.Ю. Хмелевская**, канд. техн. наук, ведущий научный сотрудник кафедры обработки металлов давлением Национального исследовательского технологического университета «МИСиС», г. Москва, *с замечанием*: в качестве замечания следует отметить использование неудачного выражения «прочностные свойства на пределе текучести высокотемпературной фазы», подразумевающего предел дислокационной текучести высокотемпературной фазы. 5. **С. П. Беляев**, д-р физ.-мат. наук, ведущий научный сотрудник кафедры теории упругости Санкт-Петербургского государственного университета, *с замечаниями*: Из содержания автореферата не ясно, почему для исследования был выбран сплав именно этого состава. На рис. 3 символом $\varepsilon_{ЭПФ}$ обозначена величина деформации, которую образец приобретает в процессе охлаждения через температурный интервал превращения под нагрузкой. Утверждается, что деформирование при охлаждении под нагрузкой свидетельствует о том, «имеет место ЭПФ». Это весьма сомнительное утверждение. Деформирование при охлаждении обычно связывают с пластичностью превращения, а эффект памяти формы проявляется, как возврат деформации при нагревании. Как видно из рис. 3, деформация не восстанавливается при нагревании и поэтому говорить об эффекте памяти формы нельзя.

В отзывах отмечается, что диссертационная работа О.А. Куц посвящена актуальной проблеме исследования влияния частиц γ' -фазы на прочностные свойства высокотемпературной фазы и функциональные свойства при термоупругом γ - α' -мартенситном превращении в монокристаллах сплава Fe-28Ni-17Co-11.5Al-2.5Nb (ат.%) без бора и с бором. Автором диссертации выполнена работа с использованием монокристаллов сплава Fe-28Ni-17Co-11.5Al-2.5Nb, ориентированных вдоль [001]-направления, в широком интервале температур испытания с использованием современного аналитического оборудования, что позволяет говорить о высоком уровне достоверности выявленных закономерностей и предлагаемых механизмов. Установленные закономерности развития термоупругого γ - α' -мартенситного превращения под нагрузкой в монокристаллах сплава Fe-28Ni-17Co-11.5Al-2.5Nb от размера частиц γ' -фазы, развитие механического двойникования в α' -мартенсите, способствующего увеличению величины обратимой деформации, а также роль β -фазы в проявлении перечисленных эффектов составляют новизну выполненной работы.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается тем, что **Ю. В. Соловьева** является высококвалифицированным специалистом в области физики прочности и пластичности монокристаллов металлов и сплавов и электронной микроскопии; **Н. Н. Реснина** является известным специалистом в области фазовых термоупругих переходов в сплавах с эффектом памяти формы; в лаборатории материаловедения сплавов с памятью формы **Института физики прочности и материаловедения СО РАН** работают квалифицированные специалисты, известные своими достижениями в области физики конденсированного состояния и, в частности, в области исследования термоупругих мартенситных превращений.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:

разработан способ управления температурами мартенситного превращения, величиной температурного и механического гистерезисов в монокристаллах сплава Fe-28Ni-17Co-11.5Al-2.5Nb (ат. %) путем упрочнения высокотемпературной фазы при выделении частиц γ' -фазы;

предложен механизм появления аномально больших обратимых деформаций в сплавах на основе железа с термоупругим γ - α' -мартенситным превращением, который связан с развитием вначале γ - α' -мартенситного превращения под нагрузкой и затем упругого механического двойникования по плоскостям $\{110\}$ в кристаллах α' -мартенсита;

доказано, что выделение наноразмерных дисперсных частиц γ' -фазы в монокристаллах сплава Fe-28Ni-17Co-11.5Al-2.5Nb (ат. %) без бора и с бором приводит к развитию термоупругого γ - α' -мартенситного превращения с эффектом памяти формы и сверхэластичностью, величина которых зависит от размера частиц γ' -фазы.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

доказано, что величина и температурный интервал проявления сверхэластичности, значения механического и температурного гистерезисов в монокристаллах сплава Fe-28Ni-17Co-11.5Al-2.5Nb (ат. %) при деформации растяжением вдоль $[001]$ -направления зависят от времени старения; дополнительное легирование бором до 0.05 ат. % приводит к уменьшению величины сверхэластичности и к увеличению механического гистерезиса по сравнению с кристаллами без бора; частицы β -фазы неравноосной формы толщиной 60–80 нм и длиной 340–500 нм и объемной долей от 3–15 % не охрупчивают кристаллы и при развитии термоупругого γ - α' -мартенситного превращения в них наблюдается обратимая деформация величиной 5–6.5 %;

применительно к проблематике диссертации результативно использованы монокристаллы, ориентированные вдоль $[001]$ -направления для деформации растяжением, и современные методы исследования структуры, механических и функциональных свойств – рентгеноструктурный анализ, просвечивающая электронная микроскопия, метод измерения зависимости электросопротивления от температуры, механические испытания при охлаждении/нагреве и под нагрузкой;

изложены результаты исследования влияния размера частиц γ' и β -фаз, атомов бора до 0.05 ат. % на прочностные свойства высокотемпературной фазы, развитие термоупругого γ - α' -мартенситного превращения под нагрузкой, температурный и механический гистерезисы, деформацию превращения, и проведен анализ их зависимости от размера частиц и температуры испытания;

раскрыты причины превышения экспериментальной величины обратимой деформации теоретических значений деформации решетки при γ - α' -мартенситном превращении, связанные с упругим механическим двойникованием α' -мартенсита по плоскостям $\{110\}$, которое является полностью обратимым при обратном фазовом превращении;

изучены факторы – размер частиц γ' и β -фаз, легирование бором, температура испытания, прочностные свойства высокотемпературной фазы, определяющие величину обратимой деформации, температурного и механического гистерезисов, эффект стабилизации α' -мартенсита, температурный интервал проявления сверхэластичности при развитии мартенситных превращений под нагрузкой в монокристаллах сплава Fe-28Ni-17Co-11.5Al-2.5Nb (ат. %) при деформации растяжением.

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

разработаны физические принципы управления температурами мартенситных превращений, величиной температурного интервала сверхэластичности и величинами обратимой деформации, температурного и механического гистерезисов в монокристаллах сплава Fe-28Ni-17Co-11.5Al-2.5Nb (ат. %) с бором и без бора при γ - α' -мартенситном превращении за счет выбора размера дисперсных частиц γ' -фазы;

представлены рекомендации по оптимальным параметрам термообработки – температура и время старения, легирование бором для создания необходимых условий для проявления эффекта памяти формы и сверхэластичности в монокристаллах сплава Fe-28Ni-17Co-11.5Al-2.5Nb (ат. %).

Рекомендации об использовании результатов диссертационного исследования. Полученные результаты могут быть использованы в научных и образовательных учреждениях, в которых ведутся исследования по сходной тематике: Институте физики твердого тела РАН (г. Черноголовка), Институте физики прочности и материаловедения СО РАН (г. Томск), Институте проблем сверхпластичности металлов РАН (г. Уфа), Томском государственном архитектурно-строительном университете, Институте физики металлов УрО РАН

(г. Екатеринбург), Национальном исследовательском ядерном университете «МИФИ» (г. Москва), Санкт-Петербургском государственном университете, Национальном исследовательском Томском государственном университете и др.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

экспериментальные результаты получены на сертифицированном оборудовании Сибирского физико-технического института имени академика В.Д. Кузнецова Национального исследовательского Томского государственного университета; показана воспроизводимость результатов исследования;

идея базируется на фундаментальных представлениях термодинамики, кристаллографии мартенситных превращений, теории пластичности и прочности;

использовано сопоставление авторских результатов с полученными ранее экспериментальными и теоретическими данными по рассматриваемой тематике;

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

Научная новизна работы заключается в том, что впервые при температуре испытания 77 К в [001]-монокристаллах сплава Fe–28Ni–17Co–11.5Al–2.5Nb (ат. %) с размером частиц γ' -фазы $d \leq 3$ нм обнаружена аномально большая величина обратимой деформации 15.3 %, которая в 2 раза больше теоретического значения деформации решетки для кристаллов данной ориентации. Показано, что физическая причина аномально большой обратимой деформации в [001]-монокристаллах сплава Fe–28Ni–17Co–11.5Al–2.5Nb (ат. %) связана вначале с развитием γ – α' -мартенситного превращения под нагрузкой и затем упругого механического двойникования по плоскостям {110} в кристаллах α' -мартенсита. Впервые показано, что величина температурного и механического гистерезисов при развитии γ – α' -мартенситного превращения под нагрузкой в [001]-монокристаллах сплава Fe–28Ni–17Co–11.5Al–2.5Nb (ат. %) уменьшается с увеличением прочностных свойств высокотемпературной фазы. Установлено, что бор в [001]-монокристаллах Fe–28Ni–17Co–11.5Al–2.5Nb–0.05B (ат. %) замедляет процессы старения, понижает температуру начала прямого γ – α' -мартенситного превращения, подавляет образование β -фазы, увеличивает температурный и механический гистерезис по сравнению с кристаллами без бора при одинаковых режимах старения.

Личный вклад соискателя состоит в: выполнении основного объема экспериментальных исследований, проведении теоретических расчетов и оценок, апробации результатов на всероссийских и международных конференциях; совместной с научным руководителем и консультантом постановке задач исследования, обсуждении и анализе результатов, формулировке выводов, написании научных статей по теме диссертации.

Диссертация отвечает критериям, установленным Положением о присуждении ученых степеней для диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук.

Диссертация соответствует п. 9 Положения о присуждении ученых степеней, является научно-квалификационной работой, в которой содержится решение научной задачи о влиянии частиц γ' - и β -фаз, атомов бора на развитие термоупругих γ - α' -мартенситных превращений под растягивающей нагрузкой вдоль [001]-направления, прочностные свойства высокотемпературной фазы на пределе текучести, эффект памяти формы и сверхэластичность, величину температурного и механического гистерезисов в монокристаллах сплава Fe-28Ni-17Co-11.5Al-2.5Nb (ат. %), имеющей значение для развития физики конденсированного состояния.

На заседании 29.12.2016 г. диссертационный совет принял решение присудить **Куц О. А.** ученую степень кандидата физико-математических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 21 человек, из них 8 докторов наук по специальности 01.04.07 – Физика конденсированного состояния, участвовавших в заседании, из 24 человек, входящих в состав совета, проголосовали: за – 21, против – нет, недействительных бюллетеней – нет.

Председатель

диссертационного совета

Багров Владислав Гавриилович

Ученый секретарь

диссертационного совета

Киреева Ирина Васильевна

29.12.2016 г.

