

## 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 22 декабря 2016 года публичной защиты диссертации Скрипняк Натальи Владимировны «Механическое поведение легких алюминиевых, магниевых и титановых сплавов, модифицированных методами интенсивной пластической деформации» по специальности 01.02.04 – Механика деформируемого твердого тела на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук

На заседании присутствовали 21 из 26 членов диссертационного совета, из них 8 докторов наук по специальности 01.02.04 – Механика деформируемого твердого тела:

1.	Христенко Юрий Федорович, заместитель председателя диссертационного совета	д-р техн. наук	01.02.04
2.	Васенин Игорь Михайлович, заместитель председателя диссертационного совета	д-р физ.-мат. наук	01.02.05
3.	Пикущак Елизавета Владимировна, ученый секретарь диссертационного совета	канд. физ.-мат. наук	01.02.05
4.	Архипов Владимир Афанасьевич	д-р физ.-мат. наук	01.02.05
5.	Биматов Владимир Исмагилович	д-р физ.-мат. наук	01.02.05
6.	Бутов Владимир Григорьевич	д-р физ.-мат. наук	01.04.14
7.	Ворожцов Александр Борисович	д-р физ.-мат. наук	01.02.05
8.	Герасимов Александр Владимирович	д-р физ.-мат. наук	01.02.04
9.	Глазырин Виктор Парфирьевич	д-р физ.-мат. наук	01.02.04
10.	Зелепугин Сергей Алексеевич	д-р физ.-мат. наук	01.02.04
11.	Крайнов Алексей Юрьевич	д-р физ.-мат. наук	01.04.14
12.	Люкшин Борис Александрович	д-р техн. наук	01.02.04
13.	Макаров Павел Васильевич	д-р физ.-мат. наук	01.02.04
14.	Прокофьев Вадим Геннадьевич	д-р физ.-мат. наук	01.04.14
15.	Скрипняк Владимир Альбертович	д-р физ.-мат. наук	01.02.04
16.	Смоляков Виктор Кузьмич	д-р физ.-мат. наук	01.04.14
17.	Тимченко Сергей Викторович	д-р физ.-мат. наук	01.02.05
18.	Черепанов Олег Иванович	д-р физ.-мат. наук	01.02.04
19.	Шрагер Геннадий Рафаилович	д-р физ.-мат. наук	01.02.05
20.	Шрагер Эрнст Рафаилович	д-р физ.-мат. наук	01.04.14
21.	Якутенок Владимир Альбертович	д-р физ.-мат. наук	01.02.05

**Заседание провёл заместитель председателя диссертационного совета доктор технических наук, старший научный сотрудник Христенко Юрий Федорович.**

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

**Заключение диссертационного совета Д 212.267.13**  
**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 22.12.2016, № 295

О присуждении **Скрипняк Наталье Владимировне**, гражданину Российской Федерации, ученой степени кандидата физико-математических наук.

Диссертация **«Механическое поведение легких алюминиевых, магниевых и титановых сплавов, модифицированных методами интенсивной пластической деформации»** по специальности **01.02.04** – Механика деформируемого твердого тела принята к защите 17.10.2016 г., протокол № 284, диссертационным советом Д **212.267.13** 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 **Скрипняк Наталья Владимировна**, 1991 года рождения.

В 2014 году соискатель окончила федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет».

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

Работает в должности лаборанта кафедры механики деформируемого твердого тела, в должности младшего научного сотрудника междисциплинарной лаборатории компьютерного моделирования и анализа конденсированных сред в федеральном государственном автономном образовательном учреждении высшего образования

«Национальный исследовательский Томский государственный университет» Министерства образования и науки Российской Федерации.

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

Научный руководитель – доктор физико-математических наук, **Баранникова Светлана Александровна**, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт физики прочности и материаловедения Сибирского отделения Российской академии наук, лаборатория физики прочности, ведущий научный сотрудник; по совместительству – федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Томский государственный университет», кафедра механики деформируемого твердого тела, профессор.

Официальные оппоненты:

**Атрошенко Светлана Алексеевна**, доктор физико-математических наук, профессор, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт проблем машиноведения Российской академии наук, лаборатория «Физика разрушения», ведущий научный сотрудник

**Баяндин Юрий Витальевич**, кандидат физико-математических наук, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт механики сплошных сред Уральского отделения Российской академии наук, лаборатория физических основ прочности, научный сотрудник

дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – Федеральное государственное бюджетное учреждение науки **Институт механики Уральского отделения Российской академии наук**, г. Ижевск, в своем положительном заключении, подписанном **Вахрушевым Александром Васильевичем** (доктор физико-математических наук, профессор, базовая кафедра «Нанотехнологии и микросистемная техника», заведующий кафедрой, главный научный сотрудник), указала, что актуальность

диссертации Н. В. Скрипняк обусловлена потребностью в повышении прочностных свойств и усталостной долговечности магниевых, титановых и алюминиевых сплавов, используемых в машиностроении, судостроении и аэрокосмической отрасли. Модификация легких алюминиевых, магниевых и титановых сплавов методами интенсивной пластической деформации позволяет повысить их прочность в широком диапазоне скоростей деформации и усталостную долговечность. В диссертационной работе выполнены новые экспериментально-теоретические исследования механического поведения ряда отечественных марок конструкционных магниевых, титановых и алюминиевых сплавов с бимодальным распределением размеров зерен в объеме и с поверхностными ультрамелкозернистыми слоями в широком диапазоне скорости деформации; для теоретических исследований процессов деформации легких сплавов с учетом параметров зеренной структуры разработана физико-математическая модель и методика многоуровневого моделирования в 3D постановке. С помощью численного моделирования впервые изучены закономерности деформации, повреждения и разрушения образцов тонколистового проката алюминиевых, магниевых, титановых сплавов с ультрамелкозернистыми поверхностными слоями в диапазоне скоростей деформации от  $10^{-3}$  до  $10^3$  с<sup>-1</sup>. Полученные результаты могут быть использованы в машиностроении, судостроении, аэрокосмической индустрии при проектировании элементов конструкций из легких алюминиевых, магниевых и титановых сплавов, а также при решении технических и технологических задач создания легких и надежных конструкций из сплавов с градиентными и слоистыми зеренными структурами.

Соискатель имеет 45 опубликованных работ, в том числе по теме диссертации – 32 работы, опубликованных в рецензируемых научных изданиях – 8 (из них 1 статья в российском журнале, переводная версия которого индексируется Web of Science), статья в зарубежном научном журнале – 1, публикаций в сборниках материалов всероссийских и международных научных и научно-технических конференций – 23 (из них 2 статьи в изданиях, индексируемых Scopus и Web of Science, и 3 статьи в сборниках материалов зарубежных конференций). Общий объем публикаций – 8.56 п.л., личный вклад автора – 4.12 п.л.

Наиболее значимые 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:

1. **Скрипняк Н. В.** Особенности разрушения алюминий-магниевого сплава АМг6 при высокоскоростной деформации // Известия высших учебных заведений. Физика. – 2015. – Т. 58, № 5. – С. 96–101.

*в переводной версии журнала, индексируемой Web of Sciences:*

**Skripnyak N. V.** The features of fracture behavior of an aluminum-magnesium alloy AMg – 6 under high-rate straining // Russian Physics Journal. – 2015. – Vol. 58, is. 5. – P. 691–697. – DOI: 10.1007/s11182-015-0552-3.

2. **Скрипняк Н. В.** Механическое поведение субмикроструктурных сплавов алюминия и магния в диапазоне скоростей деформации от  $10^{-3}$  до  $10^2$  с<sup>-1</sup> / Н. В. Скрипняк, Е. Г. Скрипняк, В. А. Скрипняк, В. В. Скрипняк // Известия высших учебных заведений. Физика. – 2013. – Т. 56, № 7/3. – С. 92–94.

3. **Скрипняк Н. В.** Влияние структурированных поверхностных слоев на физические механизмы циклической долговечности легких сплавов / Н. В. Скрипняк, В. А. Скрипняк, Е. Г. Скрипняк, В. В. Скрипняк, И. К. Ваганова // Известия высших учебных заведений. Физика. – 2013. – Т. 56, № 7/3. – С. 89–91.

На автореферат поступило 8 положительных отзывов. Отзывы представили:

1. **А. В. Ковалев**, д-р физ.-мат. наук, проф., заведующий кафедрой механики и компьютерного моделирования, и **А. Ю. Яковлев**, канд. физ.-мат. наук, доц. кафедры механики и компьютерного моделирования Воронежского государственного университета, *без замечаний*. 2. **А. Ф. Ревуженко**, д-р физ.-мат. наук, проф., заведующий отделом моделирования процессов деформирования и разрушения горных пород Института горного дела СО РАН, г. Новосибирск, и **С. В. Лавриков**, д-р физ.-мат. наук, ст. науч. сотр., главный научный сотрудник лаборатории механики деформируемого твердого тела и сыпучих сред Института горного дела СО РАН, г. Новосибирск, *без замечаний*. 3. **В. Э. Вильдеман**, д-р

физ.-мат. наук, проф., профессор кафедры механики композиционных материалов и конструкций, директор Центра экспериментальной механики Пермского национального исследовательского политехнического университета, *без замечаний*.

4. **Н. Н. Попов**, д-р техн. наук, главный научный сотрудник технологического отделения Российского федерального ядерного центра – Всероссийского научно-исследовательского института экспериментальной физики, г. Саров, *без замечаний*.

5. **С. В. Разоренов**, д-р физ.-мат. наук, проф., заведующий лабораторией реологических свойств конденсированных сред при импульсных воздействиях Института проблем химической физики РАН, г. Черноголовка, и **Г. В. Гаркушин**, канд. физ.-мат. наук, старший научный сотрудник лаборатории реологических свойств конденсированных сред при импульсных воздействиях Института проблем химической физики РАН, г. Черноголовка, *без замечаний*.

6. **А. К. Ломунов**, д-р физ.-мат. наук, профессор кафедры «Строительные конструкции» Нижегородского государственного архитектурно-строительного университета, *с замечаниями*: Вызывает сомнение утверждение автора о том, что испытания на динамическое сжатие образцов выполнены на установке с разрезным стержнем Гопкинсона в диапазоне скоростей (деформации) от 100 до 1000 с<sup>-1</sup>. Известно, что методика Кольского с разрезным стержнем Гопкинсона позволяет изучать свойства материалов при скоростях деформации от 500 до 5000 с<sup>-1</sup>. На стр. 3 во втором снизу абзаце ошибочно присутствуют ссылки на литературные источники [1-14]. На рис.2б не указано, каким режимам соответствуют кривые 1 и 2.

7. **С. Г. Псахье**, д-р физ.-мат. наук, чл.-корр. РАН, директор Института физики прочности и материаловедения СО РАН, г. Томск, и **Е. В. Шилько**, д-р физ.-мат. наук, ведущий научный сотрудник лаборатории компьютерного конструирования материалов Института физики прочности и материаловедения СО РАН, г. Томск, *с замечанием*: В автореферате отсутствует обоснование выбора функционального вида зависимостей реологических и прочностных параметров модели от скорости деформации для описания рассматриваемых конструкционных сплавов.

8. **Б. А. Надыкто**, д-р физ.-мат. наук, главный научный сотрудник Российского федерального ядерного центра – Всероссийского научно-исследовательского института экспериментальной физики, г. Саров, *с замечанием*: На рис. 9а показана

заметная расчетная зависимость напряжения от толщины ультрамелкозернистого слоя. Однако на рис. 9а и в тексте не указана скорость деформации и толщина образцов, от которых, как видно на рис. 9б, зависит величина напряжения.

В отзывах отмечается, что актуальность диссертации обусловлена необходимостью повышения прочностных и деформационных свойств, а также усталостной долговечности легких титановых, магниевых и алюминиевых сплавов, используемых в аэрокосмической отрасли, на транспорте, в судостроении, машиностроении и т.д. Диссертационная работа посвящена комплексным экспериментальным и теоретическим исследованиям закономерностей деформации и разрушения легких конструкционных сплавов, модифицированных методами интенсивной пластической деформации, в широком диапазоне скоростей деформирования. Результаты диссертации обладают научной новизной, которая заключается в установлении закономерностей деформации и разрушения легких титановых, магниевых и алюминиевых сплавов в условиях квазистатического и высокоскоростного растяжения, сжатия, циклического знакопеременного нагружения в малоцикловой области. Найденные зависимости свидетельствуют о влиянии структуры поверхностных ультрамелкозернистых упрочненных слоев в листовом прокате легких сплавов на характеристики деформационного упрочнения и предельной деформации до разрушения при высокоскоростном растяжении. Полученные в диссертации результаты вносят вклад в развитие механики деформируемого твердого тела, расширяя представления о закономерностях пластической деформации легких сплавов с неоднородным распределением зерен по размерам, сформированным при модификации сплавов методами интенсивной пластической деформации, а также создавая теоретическую основу для многоуровневого моделирования физико-механических свойств материалов с учетом их структуры на разных масштабных уровнях.

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается тем, что в сферу интересов **С. А. Атрошенко** входят исследования механического поведения материалов при высокоскоростном нагружении, изучение микромеханизмов динамического деформирования и разрушения, явлений динамической рекристаллизации, мартенситных фазовых превращений при

высокой скорости нагружения; сферой интересов **Ю.В. Баяндина** являются усталостная долговечность материалов, моделирование процессов деформации, разрушения и структурных превращений в материалах при динамическом нагружении, соответствующие тематике диссертации; **Институт механики УрО РАН** является одним из ведущих научных центров механики деформируемого твердого тела, основными направлениями научной деятельности которого являются: физика и механика гетерогенных сред, в том числе механика и физикохимия наноразмерных систем; проблемы механики деформируемого твердого тела и триботехнологии материалов; новые материалы, приборы и методы для их исследования.

**Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований:**

*разработана* физико-математическая модель, позволяющая описывать механическое поведение легких алюминиевых, магниевых и титановых сплавов, модифицированных методами интенсивной пластической деформации, в том числе сплавы с бимодальным распределением зерен по размерам, в диапазоне скоростей деформации от  $10^{-3}$  до  $10^3$  с<sup>-1</sup>;

*проведены* экспериментальные исследования механического поведения алюминиевых и магниевых сплавов, модифицированных методом интенсивной поверхностной пластической деформации, при сжатии и растяжении в широком диапазоне скоростей деформации;

*определены* закономерности деформационного упрочнения и предельной деформации до разрушения при высокоскоростном растяжении от параметров структуры поверхностных ультрамелкозернистых упрочненных слоев в листовом прокате;

*установлены* закономерности деформации и разрушения легких сплавов (АД-1, алюминиевого сплава 1560 (АМг-6), магниевых сплавов МА8-1, МА2-1, титанового сплава ВТ5-1) в состоянии поставки и после модификации методами интенсивной поверхностной пластической деформации, в условиях циклического знакопеременного нагружения в малоцикловой области, растяжения и сжатия в условиях квазистатического и динамического нагружения;



*определены* закономерности малоцикловой усталостной долговечности проката алюминиевых, магниевых и титановых сплавов, модифицированных методами поверхностной интенсивной пластической деформации;

*установлены* закономерности деформации и разрушения ряда легких алюминиевых, магниевых и титановых сплавов с бимодальным распределением зерен по размерам в диапазоне скоростей деформации от  $10^{-3}$  до  $10^3$  с<sup>-1</sup>;

*предложена* методика многоуровневого моделирования процессов деформации и разрушения легких сплавов с ультрамелкозернистой структурой при динамическом нагружении.

**Теоретическая значимость исследований обоснована тем, что:**

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

*разработана* физико-математическая модель, описывающая процессы деформации, повреждения и разрушения легких сплавов, модифицированных методами интенсивной пластической деформации;

*применительно к проблематике* диссертации эффективно использован комплекс существующих базовых экспериментальных и численных методов исследования;

*изложены положения*, повышающие достоверность результатов численного моделирования процессов деформации, повреждения и разрушения легких сплавов с ультрамелкозернистой структурой в условиях динамического нагружения;

*раскрыты* существенные проявления деформации и разрушения магниевых, титановых и алюминиевых сплавов в условиях циклического знакопеременного нагружения в малоцикловой области;

*изучены* закономерности механического поведения ряда марок отечественных магниевых, титановых и алюминиевых сплавов, обработанных методами интенсивной пластической деформации, в диапазоне скоростей деформации от  $10^{-3}$  до  $10^3$  с<sup>-1</sup>.

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

*определены* пределы и перспективы практического использования отечественных легких сплавов, модифицированных методами интенсивной

поверхностной пластической деформации, в условиях циклического нагружения и высокоскоростной деформации;

*разработаны и внедрены* модели, алгоритмы, новая методика моделирования, которые могут применяться в инженерной практике авиастроения, автомобилестроения, судостроения и других отраслей техники для описания усталостной долговечности и механического поведения в широком диапазоне скоростей деформации легких сплавов, модифицированных методами интенсивной пластической деформации; подана заявка на регистрацию компьютерной программы, получено свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2016661683 от 18.10.2016 «Моделирование процессов высокоскоростной деформации ультрамелкозернистых металлов и сплавов с учетом распределения зерен по размерам»;

*представлены* предложения по дальнейшему совершенствованию методики моделирования механического поведения легких сплавов с поверхностными ультрамелкозернистыми слоями в диапазоне скоростей деформации от  $10^{-3}$  до  $10^3$  с<sup>-1</sup>, которые могут быть использованы для решения научных и прикладных задач;

*представлены* новые результаты, апробированные при выполнении ряда проектов ФЦП; НИР, поддержанной грантом Президента Российской Федерации молодым ученым и аспирантам СП 1916.2015.2.

**Рекомендации об использовании результатов диссертационного исследования.** Результаты, полученные в диссертации Н. В. Скрипняк, могут быть рекомендованы для использования в организациях и учреждениях Российской академии наук, разрабатывающих новые легкие сплавы и инновационные технологии создания легких и надежных конструкций различного назначения, включая: Институт механики сплошных сред УрО РАН (г. Ижевск), Институт проблем механики им. А.Ю. Ишлинского РАН (г. Москва), Институт физики и прочности материалов СО РАН (г. Томск), Институт проблем химической физики РАН (г. Черноголовка), Институт теоретической и прикладной механики СО РАН (г. Новосибирск), Институты российских федеральных ядерных центров: Всероссийский научно-исследовательский институт технической физики имени академика Е.И. Забабахина (г. Снежинск), Всероссийский научно-

исследовательский институт экспериментальной физики (г. Саров); в высших учебных заведениях: Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана, Санкт-Петербургский государственный университет, Нижегородский университет им. Н.И. Лобачевского, Пермский политехнический университет, Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н.Туполева – КАИ, Национальный исследовательский Томский политехнический университет, Национальный исследовательский Томский государственный университет и др.

**Новизна результатов диссертационного исследования** заключается в получении новых экспериментальных результатов о малоцикловой усталостной долговечности и механическом поведении легких сплавов в широком диапазоне скоростей деформации ряда магниевых, титановых и алюминиевых сплавов с поверхностными ультрамелкозернистыми слоями, в создании физико-математической модели для прогнозирования влияния УМЗ поверхностных слоев и распределения в объеме зерен по размерам на сопротивление высокоскоростной деформации и усталостное разрушение легких сплавов.

**Оценка достоверности результатов исследования выявила:**

*экспериментальные результаты* получены на современном, сертифицированном оборудовании, показана воспроизводимость результатов исследований в различных условиях нагружения;

*теория построена* на известных, проверяемых данных, фактах и согласуется с опубликованными экспериментальными данными;

*использованы* базовые положения классических теорий механики деформируемого твердого тела, что обеспечивает корректность математических постановок задач и позволяет применять для их решения апробированные численные методы;

*установлено* качественное и количественное совпадение авторских экспериментальных и численных результатов с результатами, представленными в независимых источниках по данной тематике.

**Личный вклад автора заключается в участии на всех этапах процесса исследований:** включая непосредственное участие в получении исходных данных в научных экспериментах, участие в апробации результатов исследований, проведении анализа и интерпретации результатов, написании статей. Основные результаты, включенные в диссертацию и выносимые автором на защиту, получены соискателем самостоятельно.

Диссертация отвечает критериям Положения о присуждении ученых степеней, установленным для диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, и, в соответствии с пунктом 9, является научно-квалификационной работой, в которой содержится решение научной задачи по установлению законов деформирования, повреждения и разрушения легких сплавов, модифицированных методами интенсивной пластической деформации, по разработке математических моделей механического поведения легких сплавов, применительно к задачам высокоскоростного деформирования, имеющей значение для развития современной механики деформируемого твердого тела.

На заседании 22.12.2016 г. диссертационный совет принял решение присудить **Скрипняк Н. В.** ученую степень кандидата физико-математических наук.

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 21 человека, из них 8 докторов наук по специальности 01.02.04 – Механика деформируемого твердого тела, участвовавших в заседании, из 26 человек, входящих в состав совета, проголосовал: за – 21, против – нет, недействительных бюллетеней – нет.

Заместитель председателя  
диссертационного совета



*[Handwritten signature]*  
Христенко Юрий Федорович

Ученый секретарь  
диссертационного совета

*[Handwritten signature]*  
Пикушак Елизавета Владимировна

22 декабря 2016 г.