

Наименование института: **Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Институт физики металлов имени М.Н. Михеева Уральского отделения Российской  
академии наук  
(ИФМ УрО РАН)**

**Отчет по основной референтной группе 3 Общая физика**

Дата формирования отчета: **22.05.2017**

## **ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА НАУЧНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ**

### **Инфраструктура научной организации**

#### **1. Профиль деятельности согласно перечню, утвержденному протоколом заседания Межведомственной комиссии по оценке результативности деятельности научных организаций, выполняющих научно-исследовательские, опытно-конструкторские и технологические работы гражданского назначения от 19 января 2016 г. № ДЛ-2/14пр**

«Генерация знаний». Организация преимущественно ориентирована на получение новых знаний. Характеризуется высоким уровнем публикационной активности, в т.ч. в ведущих мировых журналах. Исследования и разработки, связанные с получением прикладных результатов и их практическим применением, занимают незначительную часть, что отражается в относительно невысоких показателях по созданию РИД и небольших объемах доходов от оказания научно-технических услуг. (1)

#### **2. Информация о структурных подразделениях научной организации**

2.1. По состоянию на 31 декабря 2015 года Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт физики металлов имени М.Н. Михеева Уральского отделения Российской академии наук (ИФМ УрО РАН) имело следующую структуру (приказ от 18.03.2015 № 22) :

##### **АДМИНИСТРАТИВНО-УПРАВЛЕНЧЕСКИЕ ПОДРАЗДЕЛЕНИЯ**

Дирекция

Отдел кадров

Юридический отдел

Бухгалтерский отдел:

Контрактная служба:

Отдел экономического планирования научно-исследовательских работ:

Отдел научно-технического планирования закупок товаров и услуг:

Отдел основных фондов

Отдел охраны труда и техники безопасности:

Отдел гражданской обороны и чрезвычайных ситуаций



057726

Первый отдел  
Общий отдел  
Научно-архивный отдел  
Служба социального обеспечения  
НАУЧНЫЕ ПОДРАЗДЕЛЕНИЯ  
Отдел радиационной физики и нейтронной спектроскопии:  
Лаборатория нейтронных исследований вещества  
Обособленное подразделение «Отдел работ на атомном реакторе» (Обособленное подразделение института в г. Заречном)  
Отдел магнитных материалов:  
Лаборатория микромагнетизма  
Лаборатория прикладного магнетизма  
Лаборатория ферромагнитных сплавов  
Отдел материаловедения:  
Лаборатория механических свойств  
Лаборатория физического металловедения  
Лаборатория цветных сплавов  
Отдел наноспинтроники:  
Лаборатория диффузии  
Лаборатория квантовой наноспинтроники:  
Лаборатория кинетических явлений  
Лаборатория магнитных полупроводников  
Лаборатория нанокompозитных мультиферроиков  
Лаборатория низких температур  
Лаборатория углеродных наноматериалов  
Лаборатория электрических явлений:  
Отдел неразрушающего контроля:  
Лаборатория дефектоскопии  
Лаборатория комплексных методов контроля  
Лаборатория магнитного структурного анализа  
Лаборатория термомагнитной обработки  
Отдел прецизионной металлургии и технологий обработки давлением:  
Лаборатория прецизионных сплавов и интерметаллидов  
Лаборатория прочности  
Лаборатория физики высоких давлений  
Сектор синтеза сплавов и монокристаллов  
Отдел теоретической и математической физики:  
Лаборатория квантовой теории конденсированного состояния  
Лаборатория теоретической физики



Лаборатория теории нелинейных явлений

Отдел электронных свойств:

Лаборатория оптики металлов

Лаборатория полупроводников и полуметаллов

Лаборатория рентгеновской спектроскопии

#### ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ПОДРАЗДЕЛЕНИЯ

Центр коллективного пользования «Испытательный центр нанотехнологий и перспективных материалов»:

Отдел метрологии:

Отдел магнитных измерений

Отдел электронной микроскопии

Отдел рентгеноструктурного анализа

Отдел механических испытаний

Отдел химико-аналитических исследований

Отдел криогенных технологий

Конструкторский отдел

Отдел технического обеспечения экспериментальных исследований

Научно-библиотечный отдел

Отдел информационного обеспечения научных исследований

Отдел электронных коммуникаций

Научно-технический отдел:

Научно-редакционный отдел:

Отдел главного инженера:

Отдел текущего и капитального ремонта:

Автотранспортная служба:

Отдел оперативной полиграфии

Административно-хозяйственный отдел

#### НАУЧНО-ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ПОДРАЗДЕЛЕНИЯ

Научно-образовательный комплекс «Высшая академическая школа физики металлов УрФУ – ИФМ УрО РАН»:

Отдел аспирантуры

2.2. Информация о созданных в период с 2013 по 2015 годы научных подразделениях:

1. на базе лабораторий акустических методов, электронной спектроскопии и неравновесных процессов и структур созданы лаборатории углеродных наноматериалов и нанокompозитных мультиферроиков. Созданные лаборатории вошли в состав отдела наноспинтроники (приказ от 03.10.2013 № 55);

2. в составе отдела наноспинтроники создана лаборатория квантовой наноспинтроники для организации исследований по гранту Правительства Российской Федерации для государственной поддержки научных исследований, проводимых под руководством ведущих



ученых в российских образовательных учреждениях высшего профессионального образования, научных учреждениях, государственных академий наук и государственных научных центрах Российской Федерации (проект № 14.Z50.31.0025 «Магнитные устройства нанооптики с управляемыми потерями и шумами, функционирующие на микроволновых частотах», рук. С.О. Демокритов, профессор) (приказ от 05.02.2014 № 12);

3. исключена из структуры института лаборатория электронных свойств вещества при высоких давлениях; сотрудники лаборатории переведены в лабораторию полупроводников и полуметаллов (приказ от 05.02.2014 № 112);

4. создан отдел прецизионной металлургии и технологий обработки давлением путем объединения отдела прецизионной металлургии и отдела деформации (приказ от 18.03.2015 №22).

### 2.3. Специализация научных подразделений:

Отдел исследований вещества при экстремальных воздействиях (научный руководитель Б.Н. Гощицкий, чл.-корр. РАН) в составе:

Лаборатория нейтронных исследований вещества и отдел работ на атомном реакторе – «Корреляции между структурными, электронными и решёточными свойствами материалов (конструкционных сплавов, магнетиков, сверхпроводников, полупроводников), в том числе, перспективных для использования в условиях внешнего ядерного облучения, и их изучение методами рассеяния нейтронов и радиационного разупорядочения».

Отдел магнитных материалов (руководитель Н.В. Мушников, чл.-корр. РАН) в составе:

Лаборатория ферромагнитных сплавов - «Магнитные, магнитотепловые и магнитотранспортные свойства многокомпонентных интерметаллических соединений переходных металлов и магнитных материалов на их основе».

Лаборатория микромагнетизма – «Микромагнитные свойства и фазовые превращения в магнитоупорядоченных сплавах и соединениях с различным структурным состоянием, разработка новых магнитомягких материалов».

Лаборатория прикладного магнетизма – «Нанодисперсные системы для технических и биомедицинских приложений; разработка специальных магнитных систем для техники и методов ядерной магнитной релаксометрии для геофизических и медицинских применений».

Отдел материаловедения (научные руководители: В.М. Счастливец, чл.-корр. РАН, В.В. Сагардзе, чл.-корр. РАН) в составе:

Лаборатория механических свойств – «Аномальные диффузионные структурно-фазовые превращения в условиях холодной мегапластической деформации и улучшение механических свойств сталей и сплавов: прочности, износостойкости, жаропрочности, радиационной стойкости; наноструктурирование сталей и сплавов при циклических мартенситных превращениях и высокотемпературной деформации и получение высокопрочных металлических материалов с улучшенными функциональными свойствами (стали с регулируемыми свойствами)».



мым эффектом памяти формы, с управляемым коэффициентом термического расширения, с высокими коррозионно-механическими характеристиками)».

Лаборатория физического металловедения – «Влияние термомеханической обработки, магнитного поля, интенсивной деформации в условиях трения на фазовые и структурные превращения в сталях и сплавах и способы повышения их физико-механических; высокоэнергетические импульсные воздействия (динамическое канально-угловое прессование, ударно-волновое нагружение) и их влияние на фазовые и структурные превращения, изменение физико-механических свойств сталей и сплавов, в том числе с целью получения наноструктурных и субмикроструктурных состояний».

Лаборатория цветных сплавов – «Разработка научных основ создания интеллектуальных материалов нового поколения на основе цветных сплавов с эффектами памяти формы с использованием многокомпонентного легирования, мегапластической деформации, сверхбыстрой закалки и облучения высокоэнергетическими частицами для применения в технике и медицине; влияние гетерофазного модифицирования расплавов, комплексного легирования и интенсивных термомеханических воздействий на структурно-фазовые превращения и свойства легких, высокопрочных и жаропрочных цветных сплавов».

Отдел наноспинтроники (руководитель В.В. Устинов, академик РАН) в составе:

Лаборатория электрических явлений- «Магнитные наноструктуры: физические основы, технологии синтеза и приложения; Спиновая электронная кинетика металлических, металлооксидных и молекулярных магнетиков и наногетероструктур на их основе».

Лаборатория квантовой наноспинтроники – «Нейтронная, электронная и электромагнитная диагностика атомной и магнитной структуры слоев и интерфейсов планарных наносистем».

Лаборатория диффузии – «Структура границ зерен и зернограничная диффузия в поли- и нанокристаллических материалах; диагностика структуры интерфейсов и слоёв в магнитных наногетероструктурах ядерно-физическими методами».

Лаборатория кинетических явлений – «ЯМР и ЯГР-спектроскопия соединений на основе переходных металлов, систем металл-водород, мультиферроиков и гетероструктур на их основе».

Лаборатория магнитных полупроводников – «Магнитные полупроводники: технологии создания, спин-зависимые явления в объёмных и наноструктурированных материалах».

Лаборатория низких температур – «Электронная структура, электротранспортные, магнитотранспортные и тепловые свойства металлических, полуметаллических и металлооксидных материалов, пленок и наноструктур на их основе».

Лаборатория нанокompозитных мультиферроиков – «Нанокompозитные мультиферроики: физические свойства и технологии получения; структурно-фазовые превращения, радиационно-индуцированные и диффузионные процессы в нанокompозитных материалах и системах на основе металлов, оксидов и интеркалированных соединений».



Лаборатория углеродных наноматериалов – «Новые углеродные низкоразмерные наноматериалы: технологии создания и исследование электронных, магнитных и механических свойств; метаматериалы и магнитофотонные кристаллы: исследование электромагнитных свойств на волнах миллиметрового и терагерцового диапазонов».

Отдел неразрушающего контроля (научный руководитель В.Е. Щербинин, чл.-корр. РАН) в составе:

Лаборатория дефектоскопии – «Неразрушающий контроль и методы диагностики труб широкого сортамента в процессе производства и эксплуатации».

Лаборатория магнитного структурного анализа – «Магнитный структурный анализ и диагностика напряжённого состояния объектов из сталей и сплавов, применяемых в энергетике и машиностроении».

Лаборатория комплексных методов контроля – «Бесконтактные электромагнитные и электромагнитно-акустические методы контроля и диагностики промышленных объектов и изделий в процессе их эксплуатации».

Лаборатория термомагнитной обработки – «Разработка новых технологий обработки магнитомягких материалов с помощью высокоэнергетических воздействий».

Отдел прецизионной металлургии и технологий обработки давлением (научный руководитель Е.П. Романов, чл.-корр. РАН) в составе:

Лаборатория прецизионных сплавов и интерметаллидов и сектор синтеза сплавов и монокристаллов – «Влияние условий кристаллизации, деформации и термической обработки на структуру, фазовый состав и физические свойства конструкционных сплавов на основе никеля, меди и железа; массивные, пленочные и нанокompозитные сверхпроводники с высокими прочностными и сверхпроводящими свойствами».

Лаборатория физики высоких давлений – «Формирование объемных нанокристаллических структур тугоплавких металлов в процессе фрагментации при интенсивной деформации под высоким давлением; структуры и зоны риска слоистых композитов типа металл-металл, металл-интерметаллид и гетерофазных материалов (сварка взрывом, реакционное спекание, взрывное нагружение)».

Лаборатория прочности – «Формирование микроструктуры, физико-механических и функциональных свойств интерметаллидов, упорядоченных сплавов и чистых металлов под влиянием интенсивных деформационных воздействий: от разработки теоретических подходов до создания новых материалов».

Отдел теоретической и математической физики (научный руководитель М.В. Садовский, академик РАН) в составе:

Лаборатория теоретической физики – «Критическое поведение, динамика, ориентационные переходы, транспортные свойства магнитных систем, в том числе с сильными электронными корреляциями и несколькими параметрами порядка».

Лаборатория теории нелинейных явлений – «Локализованные структуры, солитоны, методы их возбуждения и управления в конденсированных средах».



Лаборатория квантовой теории конденсированного состояния – «Квантовая теория магнетизма и сверхпроводимости. Фазовые переходы, коллективные явления и флуктуации в сильно коррелированных и неупорядоченных системах».

Отдел электронных свойств (научный руководитель Э.З. Курмаев, д.ф.-м.н) в составе:

Лаборатория оптики металлов – «Теоретическое и экспериментальное исследование электронных, оптических и магнитных свойств сильно-коррелированных соединений переходных металлов».

Лаборатория рентгеновской спектроскопии – «Влияние объемных и поверхностных состояний коррелированных электронов на формирование электронной структуры и химической связи в 3D и 2D-материалах».

Лаборатория полупроводников и полуметаллов – «Примесные состояния, спиновая поляризация и кинетика электронов в новых полупроводниковых и сверхпроводящих системах; моделирование и экспериментальные исследования электронных и решёточных свойств многофазных материалов с варьируемой концентрацией и конфигурацией внедренных фаз в диапазоне давлений 0-50 ГПа».

### **3. Научно-исследовательская инфраструктура**

Институт обладает обширным комплексом уникального и дорогостоящего оборудования:

3.1. Нейтронный материаловедческий комплекс ИФМ УрО РАН (УНУ НМК) является единственным действующим в России исследовательским центром, в котором проводятся основные нейтронные исследования в области физики конденсированного состояния, ведутся работы с высокорadioактивными образцами облученных материалов, в том числе, функциональные, для использования в промышленности. В 2015 году данный комплекс по результатам ранжирования ЦКП, УНУ и СКЦ, проведенным ФАНО РФ, был включен в список уникальных установок I-ой категории.

3.2. В институте создан и активно функционируют Центр коллективного пользования уникальным и дорогостоящим оборудованием ЦКП «Испытательный центр нанотехнологий и перспективных материалов» (ИЦ НПМ). В ИЦ НПМ имеется 5 сертификатов: на методики измерения линейных размеров наноматериалов методом электронной микроскопии, измерения магнитных свойств на установке PPMS, определения периода структуры сверхрешеток методом малоуглового рассеяния рентгеновских лучей и две методики определения химического состава наноматериалов методами оже-спектроскопии и масс-спектроскопии. ИЦ НПМ включен в качестве базовой измерительной лаборатории в состав Центра метрологического обеспечения и оценки соответствия нанотехнологий и продукции nanoиндустрии в Уральском федеральном округе. ИЦ НПМ имеет государственную аккредитацию на указанные измерения наноматериалов, а также аттестат признания компетентности на соответствие системе добровольной сертификации продукции nanoиндустрии «Наносертифика» Госкорпорации «Роснано».

ИЦ НПМ располагает обширным арсеналом уникального аналитического оборудования:



электронные микроскопы:

просвечивающий CM-30 с ускоряющим напряжением 300 кВ, с приставкой сканирования и рентгеновским энергодисперсионным спектрометром EDAX DX4, просвечивающий JEM-200CX, сканирующий SEM 515, фирма Philips, Голландия;

просвечивающий Tescan G2-30 Twin с системой сканирования, системами GATAN картирования изображений спектроскопии потерь энергии электронов EELS;

сканирующий QUANTA 200 с тремя вакуумными режимами, в том числе в газо-паровой среде для живых объектов и изучения коррозии, фирма Philips, Голландия;

система энергодисперсионного анализа (EDS) и анализа структуры и текстуры кристаллических материалов методом дифракции отраженных электронов (EBDS), фирма EDAX, США;

сквид-магнитометр MPMS-5XL и установка для измерения магнитных, гальваномагнитных свойств и теплоемкости конденсированных сред PPMS-9 фирмы QUANTUM Design, США, с вибрационным магнитометром VSM (модель P525) в комплекте с печью (модель P527) и системой подлива гелия (VSM He Transfer tube kit), приставкой для исследования термотранспортных свойств и многофункциональным зондом;

вибрационный магнитометр на электромагните (модель 7407 VSM), предназначенный для выполнения магнитных измерений образцов твердых тел, позволяющий выполнять измерения кривой намагничивания, петли гистерезиса, магнитной восприимчивости и других магнитных характеристик в широком интервале температур и магнитных полей, с дополнительной опцией «катушки Гельмгольца», измерения магнитных свойств магнитомягких веществ фирмы-производителя Lake Shore, США;

установка для получения жидкого гелия модель LHeP18, производящая жидкий гелий со скоростью 0,75 л/час, содержащая накопительную емкость объемом 150 л, полностью автоматизированная, управляется от PC, способна круглосуточно функционировать, имеет автоматизированную диагностику, смонтирована на передвижной тележке, время выхода на рабочий режим <36 часов, фирма-производитель Cryomech Inc, США;

аппаратно-программный модуль для управления криогенным гелиевым комплексом и решения задач дистанционного мониторинга, который определяет техническое состояние, режим работы установки для получения жидкого гелия, степень наполненности резервуара для жидкого гелия, состояние системы сбора газообразного гелия, обеспечивает круглосуточную эксплуатацию криогенного гелиевого комплекса и индикацию при наступлении аварийного режима, фирма-изготовитель National Instruments, США;

рентгеновские аппараты, включая дифрактометр Empyrean фирмы PANalytical B.V. (Нидерланды), предназначенный для изучения фазового состава, структуры, физико-механических свойств сталей, интерметаллидов, сплавов цветных и благородных металлов, наноструктур, сверхрешеток и других объектов. Дифрактометр укомплектован параболическими зеркалами и универсальным монохроматором, имеет оптику для исследований



тонких плёнок и малоугловой области дифракции, укомплектован низкотемпературной и высокотемпературной вакуумной камерами;

универсальная настольная машина INSTRON 3345, 5kN фирмы Instron, Великобритания, предназначенная для испытаний механических свойств нестандартных микрообразцов, ленты, проволоки при комнатной температуре;

установка для исследования механических свойств поверхности на наноуровне NanoTest 600, содержащая автоматизированную трехкоординатную платформу для образца с системой устранения люфта двигателей для обеспечения высокой воспроизводимости позиционирования, диапазон перемещения по осям x-y-z 50×50×50 мм, разрешение перемещений по осям 0.05 мкм, фирмы MicroMaterials Ltd, Великобритания;

супермикровесы электронные Sartorius SE2 для точного взвешивания с высоким разрешением 0,1 мкг фирмы Sartorius, Германия; спектрофотометр UV mini-1240 фирмы Shimadzu, Япония, для определения химического состава материалов;

оптический эмиссионный спектрометр с индуктивно-связанной плазмой ICPE 9000, предназначенный для элементного химического анализа, заменяет «мокрый» химический анализ, выполняемый вручную, фирма-производитель Shimadzu, Япония и др.

### 3.3. Технологическое оборудование для изготовления объектов исследования:

герметизационный модуль чистых помещений общей площадью 250 кв.м. для технологий микроэлектроники, предназначенный для синтеза наногетероструктур и выполнения научно-технологических работ по литографии, фирмы ООО ГК «Викинг С», Россия;

установка контактной литографии MJB4, содержащая микроскоп для прецизионного совмещения, набор объективов, систему компенсации выравнивания, механические и пневматические держатели, для использования в условиях чистых производственных помещений в технологическом процессе литографии магнитных наноструктур, фирмы Suss MicroTec, Германия;

система подготовки сверхчистой воды для получения деионизированной воды аналитического качества (Тип II), а также сверхчистой воды реагентного качества (Тип I), фирмы Millipore, Франция;

установки для выращивания кристаллов тугоплавких металлов, сверхвысоковакуумная установка «Катунь-С» для молекулярно-лучевой эпитаксии металлических сверхструктур;

высоковакуумная магнетронная установка MPS-4000-C6 с камерой загрузки подложек с системой очистки поверхности, камерой для напыления тонких металлических и диэлектрических пленок, а также многослойных наноструктур на подложки диаметром до 100 мм, фирмы ULVAC, Япония;

растровый электронный микроскоп Inspect-F с автоэмиссионным катодом и системой литографии Raith, содержащий в комплекте систему электронной литографии, 4-осевой моторизованный столик, обзорную ПЗС-камеру, детектор обратно-отраженных электронов, цифровую цветную систему ввода изображений, для электронно-лучевой литографии магнитных наноструктур, фирмы FEI Company, США;



комплект электронно-лучевого испарителя с блоком питания, предназначенный для приготовления наноструктур совместно с имеющейся установкой молекулярно-лучевой эпитаксии, фирма-изготовитель «Omicron», Германия;

трехдуговая вакуумная печь TA-200 с приспособлением для выращивания монокристаллов (Model TA-200 Tri-arc Arc-Melting Furnace with crystal puller), фирмы Materials Research Furnaces, Inc. США;

установка бестигельной зонной плавки УРН-2-ЗП для выращивания монокристаллов оксидов переходных металлов, полупроводников, магнитных полупроводников и диэлектриков со скоростью 0.1-30 мм/ч, при температурах плавления до  $\sim 3000^{\circ}\text{C}$  в вакууме до 10-3 бар, в атмосфере кислорода, на воздухе, в аргоне и в углекислом газе; индукционная вакуумная печь Vacuum Induction Melting and Gasting Laboratore Furnace фирмы Vacuum Systems Division, ФРГ;

установка УВНИИПА-04 напыления твердых углеродных покрытий (1-3 мкм) методом импульсного дугового распыления графита;

установка для напыления металла и углерода Q 150T ES, предназначенная для приготовления металлизированных контактов у наноструктур, фирма-изготовитель «Qigum Tekhnology», Великобритания; модуль ионного травления 1010 Ion mill, включающий установку для ионного травления Model 1010 Ion Mell Standard version с опциями (рабочее напряжение от 0,5 до 6,0 кВ, плотность тока ионного пучка до 400 мкА/см<sup>2</sup>), встроенную безмасляную вакуумную систему  $5 \cdot 10^{-4}$  –  $10^{-5}$  мм. рт. ст., с несколькими независимыми источниками ионов, позволяющими обрабатывать образец с двух сторон одновременно, полностью программируемые режимы работы, фирма-изготовитель Fischione, США;

автоматизированный сканирующий зондовый микроскоп Solver NEXT, позволяющий получать распределение широкого спектра морфологических, механических, химических, электрических, магнитных и других характеристик поверхности объектов - для исследования характеристик поверхности покрытий;

оригинальная установка для измерения износостойкости нанокompозитных покрытий в потоке твердых частиц на основе центробежного ускорителя, позволяющая задавать в широком диапазоне скорость частиц и угол атаки;

модуль Isomet LS, предназначенный для прецизионной резки образцов всех типов материалов с минимальной их деформацией для электронной микроскопии, – низкоскоростной отрезной станок со скоростью вращения отрезного круга 0-300 об/мин, глубиной реза 35 мм, гравитационной системой подачи при помощи разновесов при резке, фирма-производитель Buehler, Германия;

модуль Metaserv 250+ Vector LS, предназначенный для ручного и полуавтоматического шлифования и полирования образцов – шлифовально-полировальный станок с полуавтоматической насадкой, рабочая тарелка 200 мм, скорость вращения рабочей тарелки регулируемая от 50 до 500 об/мин, скорость вращения головы 60 об/мин, полируется до 4-х образцов одновременно, фирма-изготовитель Buehler, Германия;



модуль для механической шлифовки образцов 200 Dimpling Grinobr – устройство для вышлифовки ямок в образцах для электронной микроскопии, фирма-изготовитель Fischione, США; настольный прецизионный отрезной станок Secotom-15, предназначенный для резки образцов наноструктур, фирма-изготовитель ООО «Мелитэк», Россия;

и др.

3.4. Оборудование для экстремальных воздействий на материалы и изделия:

УНУ НМК на исследовательском атомном реакторе ИВВ-2М;

ускоритель электронов ЛУЭ-25 на 5 мэВ;

ускоритель легких ионов ЭГ-2М-Г;

камеры гидростатического и квазигидростатического давления;

экспериментальная установка М-20 для гидроэкструзии материалов, в том числе с подогревом;

гидростат для обработки материалов жидкостью высокого давления;

оборудование и экспериментальные методики на базе 400-тонного и 1000-тонного гидравлических прессов для наноструктурирования массивных образцов с помощью интенсивной пластической деформации и проведения испытаний крупногабаритных (порядка 1 м) образцов;

установки постоянных и импульсных магнитных полей;

установки для сильной деформации сдвигом под давлением;

рефрижератор растворения и криостат фирмы OXFORD Instruments для создания низких температур до 0,15 К;

и др.

3.5. Аналитическое оборудование для исследования конденсированных сред:

импульсные ЯМР спектрометры фирмы Брукер с вакуумно-откачной станцией TSH, предназначенной для создания вакуума, необходимого для проведения радиоспектроскопических исследований методом ЯМР новых металлооксидных систем с уникальными магнитными и электрическими свойствами;

комплекс «NewView 7300» фирмы Zygo Corporation, США, предназначенный для оптического бесконтактного изучения шероховатости поверхности пленок, топологии поверхности и определения толщины пленок (ступенек) с предельным разрешением по оси Z в 0.1 нм;

система для нелинейных акустических измерений (SNAP-1-30-11-PC-T1) для ультразвуковых исследований в диапазоне от 1 МГц (мощность 5 кВт) до 30 МГц (мощность 100 Вт) фирмы Ritec Inc., США.

Использование для научных исследований самого современного оборудования позволяет получать результаты мирового значения и сохранять лидерские позиции в наиболее актуальных областях физики конденсированного состояния.

Уникальное оборудование использовалось для выполнения сотрудниками института научно-исследовательских работ по основным направлениям деятельности института,



программам Президиума и отделений РАН, федеральным целевым программам, грантам РФФИ, договорам и контрактам с отечественными и зарубежными партнерами. Кроме того, в центрах коллективного пользования проводили исследовательские работы сотрудники ИОС, ИХТТ, ИЭФ, ИПЭ и ИМЕТ УрО РАН, УрФУ, (г. Екатеринбург), МГИСиС РАН, ФГУП ЦНИИ КМ «Прометей», ОАО «РЖД» (г. Москва), ТГУ, ИФ, ИФП и ИФПМ СО РАН (г. Томск), Магнитогорского металлургического комбината и др.

3.6. В отчетный период институтом было приобретено следующее оборудование:

в 2013 году в соответствии с Программой развития материально-технической базы научных учреждений Уральского отделения РАН для укрепления Центра коллективного пользования «Испытательный центр нанотехнологий и перспективных материалов» и оснащения лабораторий института была приобретена и введена в эксплуатацию установка ET3000 EasyTube CVD System для приготовления углеродных нанотрубок, фуллеренов и графена с опциями Exhaust Treatment System, Gas Cylinder Cabinets, системой Liquid Source Precursor, системой HotLoad и нагревателем Infrared 1100C. Фирма-производитель First NANO, США.

В 2014 и 2015 годах для оснащения лаборатории квантовой наноспинтроники, создаваемой по программе мегагрантов и модернизации материально-технической базы в Центр коллективного пользования «Испытательный центр нанотехнологий и перспективных материалов» было закуплено следующее дорогостоящее оборудование:

1. Установка реактивного ионного травления PlasmaPro NGP 80 с опциями. Выполняет функцию реактивного ионного травления и имплантации. Предназначена для решения двух задач: 1) очистки и модификации поверхности нанокристаллических материалов, 2) формирования из нанометрических металлов и сплавов образцов заданной формы. Содержит реактор с плоскопараллельной конфигурацией электродов, 13.56 МГц источник питания с автоматическим блоком согласования, систему ионной оптики, обеспечивающую силу тока ионного пучка до 10 мА, систему откачки с турбомолекулярным насосом и двухступенчатым масляным форвакуумным насосом, специализированную систему управления, газовые линии и оборудование с регуляторами расхода газов. На установке будут готовиться исходные материалы (подложки, основания) для последующего нанесения пленок и наноструктур. Фирма-производитель “Oxford Instruments Plasma Technology” (Великобритания).

2. Установка магнетронного плазменного напыления Kurt J Lesker PVD75. Обеспечивает создание необходимых вариантов ультрамелкозернистых алюминиевых и титановых сплавов, нанометрических металлов и других нанокристаллических материалов. Дополнительной функцией установки является напыление диэлектрических материалов ( $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Si}_3\text{N}_4$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{MgO}$ ) и технологических металлов (Al, Cu, Cr), что необходимо для создания готовых планарных объектов, удобных для проведения металлографических и микроскопических исследований структурного состояния. Фирма-производитель “Kurt J Lesker” (Великобритания).



3. Волоконный терагерцовый TD-спектрометр TDS FICO-2-EK будет использован для анализа качества углеродных наноструктур и измерения параметров терагерцовых материалов и устройств. Аналогов не существует. Оснащен микроволновыми приемниками-тестерами, имеет рабочий диапазон 0.1-3 ТГц, способен одновременно измерять амплитуду и фазу сигнала. Измеряет в time-domain режиме коэффициенты прохождения терагерцовых волн и коэффициент отражения. Фирма-производитель “Zomega Corp.” (США).

4. Рентгеновский дифрактометр Empyrean. Предназначен для рентгеновского анализа пленок, наноструктур и объемных материалов с целью определения структуры, фазового состава, периода структуры наноструктур и других характеристик материалов. Содержит гониометрический модуль, модуль источника, рентгеновскую трубку, корпус, контроллер и две стойки с электронным оборудованием. С дифрактометром поставляется комплект программного обеспечения. Гониометрический модуль имеет радиус 240 мм. Он обеспечивает: минимальный шаг 0.0001, воспроизводимость угла 0.0001, макс. угловая скорость 15°/сек, диапазон углов от -111° до 168° 2-тэта. Фирма-производитель “PANalytical B.V.” (Нидерланды).

5. Гелиевый компрессор G120-5.5-5 Фирма-производитель “Bauer Kompressoren” (Германия).

6. Оптическая система для измерений для измерений спектров бриллюэновского рассеяния света при комнатной температуре, включая интерферометр Фабри-Перо (Швейцария), лазер (США), оптический стол (США), электромагнит (Германия), СВЧ-генератор (США) и набор оптических и СВЧ-компонентов (США, Германия). Предназначена для изучения СВЧ-магнитной динамики в магнитных пленочных микро- и наногетероструктурах.

7. Генераторы азота и водорода (Италия) с комплектом вакуумного оборудования для работы с установкой CVD напыления пленок для получения пленочных наногетероструктур на основе графена.

8. Установка реактивного ионного травления PlasmaPro NGP80 фирмы Oxford Instruments (Великобритания). Предназначена для изготовления латерально-ограниченных металлических микро- и наноструктур, подготовки подложек.

9. Терагерцовый спектрометр Zomega FiCO (США-Германия) для исследований во временной области. Предназначен для изучения диэлектрических и других спектральных свойств микро- и наноматериалов в области частот 0.1-3.5 ТГц.

10. Поликапиллярная линза (Нидерланды) для работы совместно с рентгеновским дифрактометром Empyrean. Предназначена для фокусировки рентгеновского пучка, в частности, получения схемы параллельного пучка рентгеновского излучения.

3.7. Основные научные результаты, полученные с использованием объектов научно-исследовательской инфраструктуры института:

1. Созданы гранулярные и слоистые тонкопленочные нанокомпозиты  $\text{Pr}_{1-x}\text{Sr}_x\text{MnO}_3\text{-LuMnO}_3/\text{ZrO}_2(\text{Y}_2\text{O}_3)$  с большой величиной положительного и отрицательного эффекта



магнитопротекания, выявлены физические механизмы, ответственные за природу эффекта. Синтезированы многослойные наноструктуры [Co/Cu] с гигантским магнитосопротивлением до 50% в которых обнаружен гигантский магниторефрактивный эффект с относительной величиной до 7%, определена физическая природа его образования, определены параметры, характеризующие технологические условия получения высоких значений спин-зависимых эффектов.

2. Создана ресурсосберегающая технология получения спеченных магнитов Nd-Fe-B, исключая процесс прессования порошков. Применение при измельчении порошков поверхностно-активных внутренних смазок позволило повысить остаточную индукцию магнитов на 7%; коэрцитивная сила спеченных магнитов увеличена на 60% за счет диффузии атомов диспрозия и тербия по границам зерен. Внедрение разработанной технологии создает возможность получения более дешевых высокоэнергетических магнитов Nd-Fe-B.

3. Создание текстурованных подложек из никелевых сплавов с железом, тугоплавкими металлами (W, Re, Mo) и трехслойных композитных подложек для сверхпроводящих кабелей второго поколения. Получены текстурованные ленты из сплавов Ni<sub>50</sub>Fe<sub>50</sub>, Ni<sub>95.3</sub>Mo<sub>4.7</sub>, Ni<sub>95.2</sub>W<sub>4.8</sub>, Ni<sub>95.9</sub>Re<sub>4.1</sub>, Ni<sub>95.2</sub>Re<sub>4.8</sub> и трехслойная композитная Ni-4.8% W/Ni-11% Cr лента, которые могут быть использованы в качестве подложек для эпитаксиального нанесения высокотемпературных сверхпроводников. Оптимизированы режимы отжига для сплава Ni<sub>50</sub>Fe<sub>50</sub>, позволяющие получить совершенную кубическую текстуру (близкую к монокристалльной), после деформации прокаткой с большими степенями (98-99%). Установлено, что текстурованная лента из сплавов Ni-Fe, Ni-Mo, Ni-W и Ni-Re имеет предел текучести в 5-6 раз выше, чем у чистого никеля. Исследования склонности сплавов Ni-Mo, Ni-W и Ni-Re к окислению методом термогравиметрии показали, что сплав Ni<sub>95.3</sub>Mo<sub>4.7</sub> обладает наилучшими антикоррозионными свойствами при температурах 600-700°C.

**4. Общая площадь опытных полей, закрепленных за учреждением. Заполняется организациями, выбравшими референтную группу № 29 «Технологии растениеводства»**

Информация не предоставлена

**5. Количество длительных стационарных опытов, проведенных организацией за период с 2013 по 2015 год. Заполняется организациями, выбравшими референтную группу № 29 «Технологии растениеводства»**

Информация не предоставлена

**6. Показатели деятельности организаций по хранению и приумножению предметной базы научных исследований**

Информация не предоставлена



## 7. Значение деятельности организации для социально-экономического развития соответствующего региона

Институт физики металлов в период с 2013 по 2015 год выполнял работы по договорам в интересах предприятий реального сектора экономики Свердловской области, таких как: ФГУП "Уральский электромеханический завод», АО Уральский завод транспортного машиностроения, ООО "Корпорация ВСПМО-АВИСМА", ООО "Газпром трансгаз Екатеринбург", ЗАО НПО "Спецнефтегаз", ОАО «Синарский трубный завод», ОАО "НПК Уралвагон завод им. Ф.Э. Дзержинского", ФГБУ "УНИИТО им. В.Д. Чаклина" Минздрава России, ЗАО НПО "Интротест", ООО "НПО "Промресурс", ООО Проектно-внедренческая фирма "ДИАС", ЗАО НПО "СПЕКТР", ЗАО "Неофер", ЗАО "Уралинтех", ООО "УРАЛИН-ТЕХ-Н", Микроакустика, ФГУП "ПО "Октябрь", ООО НПП "Гаммамет", ОАО "УПП "Вектор", ООО "Промэкспорт", НПО "МЕТАЛЛЫ УРАЛА, ООО "Эксперт", ООО "ШТОРМ", ООО "НИКА-ПЕТРОТЭК", а так же предприятий Уральского федерального округа, таких как: ФГУП РФЯЦ ВНИИТФ им. Е.И. Забабахина, ОАО Государственный ракетный центр им. академика В.П.Макеева, ОАО Челябинский трубопрокатный завод, ООО "Предприятие "Сенсор" (г. Курган), Фонд Развития ТюмГНГУ.

Институт выполнял работы по договорам с ВУЗами - ФГБОУ ВПО "Челябинский государственный педагогический университет", ФГАОУ ВПО "УрФУ" им Б.Н. Ельцина, ФГБОУ ВПО Уральский государственный горный университет, а также проводил исследования по заказам институтов Уральского отделения РАН, а именно: ИОС УрО РАН, ИВТЭ УрО РАН, ИМЕТ УрО РАН, ИХТТ УрО РАН.

В общей сложности за отчетный период в интересах развития Уральского федерального округа и Свердловской области, в частности, были выполнены работы по 106 хозяйственным договорам. Список наиболее значимых договоров приведен ниже:

1. Разработка первичных преобразователей для ЭМА сканера-дефектоскопа договор № 24/11 с ЗАО НПО "Интротест". Сроки выполнения: 01.06.2011г. - 01.02.2013г. Ответственный исполнитель: Смородинский Я.Г. Лаборатория комплексных методов и контроля.

2. Разработка радиопоглощающих покрытий на основе градиентных материалов № 7/13 с ОАО Государственный ракетный центр им. академика В.П.Макеева. Сроки выполнения: 13.02.2013г. – 15.11.2013г. Ответственный исполнитель: Ермаков А.Е. Лаборатория прикладного магнетизма.

3. Исследование магнитных свойств, удельного сопротивления углеродистых, низколегированных и высокохромистых сталей, применяемых в производстве бесшовных труб № 12/13 с ОАО «Синарский трубный завод». Сроки выполнения 20.03.2013г. – 31.12.2013г. Ответственный исполнитель: Царькова Т.П. Лаборатория магнитного структурного анализа.

4. Проведение расчетов полных энергий альфа, гамма и эпсилон фаз церия методом LDA+DMFT. № 14/13 с ФГУП РФЯЦ ВНИИТФ им. Е.И. Забабахина. Сроки выполнения:



02.04.2013г. – 10.09.2013г. Ответственный исполнитель: Коротин М.А. Лаборатория рентгеновской спектроскопии.

5. Оптимизация и передача на «НПО Автоматики» в сферу производства технологий получения магниторезистивных наноструктур типа "спиновой клапан" и магнитных сенсорных элементов на их основе, пригодных для применения в измерительных системах и датчиковой аппаратуре. № 20/13 с ФГАОУ ВПО "УрФУ" им Б.Н. Ельцина Сроки выполнения: 10.06.2013г – 25.10.2015г. Ответственный исполнитель: Миляев М.А. Лаборатория электрических явлений.

6. Разработка сорбентов водорода на основе порошковых интерметаллидных геттеров с развитой зеренной поверхностью № 29/14 с ФГУП "РФЯЦ-ВНИИТФ имени академика Е.И. Забабахина. Сроки выполнения: 12.09.2014 г. - 20.11.2014 г. Ответственный исполнитель: Ермаков А.Е. Лаборатория прикладного магнетизма.

7. Исследование трубных сталей К60 и К65 и установление связи химического состава, микроструктуры с механическими характеристиками зоны термического влияния. № 35/14 с ОАО Челябинский трубопрокатный завод. Сроки выполнения: 01.10.2014 г. - 20.12.2014 г. Ответственный исполнитель: Яковлева И.Л. Лаборатория физического металловедения.

8. Разработка технологии очистки отработанных пропантов от нефти при помощи мощного ультразвука в соответствии с техническим заданием Заказчика. Влияние мощного ультразвука на повышение отдачи нефтяных пластов, с разработкой комплекта ультразвукового оборудования, в соответствии с техническим заданием. № 8/15 с ООО НПО "ПРОМРЕСУРС". Сроки выполнения: 01.03.2015 г. – 01.03.2016 г. Ответственный исполнитель: Тараканов В.В. Лаборатория углеродных наноматериалов.

Кроме того, в 2013 и 2014 годах в интересах Свердловской области в институте выполнялись научно-исследовательские работы по 6 инициативным проектам. Работы проводились в рамках совместного регионального конкурса фундаментальных исследований в рамках целевой научно-технической программы Правительства Свердловской области «О финансировании совместно с Российским фондом фундаментальных исследований проектов фундаментальных исследований, отобранных на конкурсной основе, в 2013-2015 гг.».

Список проектов, совместно финансируемых Правительством Свердловской области (заказчик Министерство промышленности и науки Свердловской области) и Российским фондом фундаментальных исследований, приводится ниже, отчеты по ним представлены в Правительство Свердловской области и РФФИ, а также в годовом отчете института.

1.. Проект РФФИ-Урал № 13-02-96022 «Магнетокалорический эффект в области магнитных и структурных фазовых переходов в интерметаллидах» (рук. Н.В. Мушников, чл.-к. РАН)

2. Проект РФФИ-Урал № 13-02-96038 «Исследование природы высококоэрцитивного магнитного состояния в железосодержащих слоистых соединениях на основе халькогенидов переходных металлов» (рук. Н.В. Баранов, д.ф.м.н.)



3. Проект РФФИ-Урал № 13-02-96031 «Научное прогнозирование прочностных свойств композита пористая металлическая матрица □ костная ткань на основе кинетики его формирования при остеоинтеграции» (рук. А.П. Рубштейн, к.ф.м.н.)

4. Проект РФФИ-Урал № 13-02-96021 «Состав, локальная атомная и электронная структура капсулированных в углерод наночастиц 3d-металлов» (рук. В.Р. Галахов, д.ф.м.н.)

5. Проект РФФИ-Урал № 13-02-96046 «Исследование влияния легирования объема и поверхности на свойства поверхностных проводящих состояний трехмерных топологических изоляторов» (рук. Т.В. Кузнецова, к.ф.м.н.)

6. Проект РФФИ-Урал № 13-02-96012 «Природа и закономерности образования высокоэнтропийных многокомпонентных цветных металлических сплавов; их получение, микроструктура, фазовые превращения, физические свойства» (рук. В.Г. Пушин, д.ф.м.н.)

В интересах северных территорий в 2013 году в институте проводились научно-исследовательские работы по 5 проектам в рамках Программы фундаментальных исследований УрО РАН «Арктика».

1. Проект № 12-2-2-001-АРКТИКА «Повышение физико-механических свойств низколегированных углеродистых конструкционных сталей, предназначенных для эксплуатации в условиях низких климатических температур» (рук. В.М. Счастливец, академик)

2. Проект № 12-2-2-005-АРКТИКА «Разработка высокопрочных и пластичных сплавов с эффектами памяти формы для использования в условиях Севера» (рук. В.Г. Пушин, д.ф.м.н.)

3. Проект № 12-2-2-006-АРКТИКА. «Структура и прочность контактных слоев новых плакированных сталей для корпусов арктических ледоколов большой мощности» (рук. В.В. Сагарадзе, чл.-к. РАН)

4. Проект № 12-2-2-007 АРКТИКА «Выявление зон риска для нефтехимических реакторов в условиях Севера, получаемых сваркой взрывом» (рук. Б.А. Гринберг, д.ф.м.н.)

5. Проект № 12-2-2-009-АРКТИКА «Разработка высокочувствительных спинтронных наноструктур с гигантским магнитосопротивлением для сенсоров магнитного поля, работоспособных в условиях Арктики» (рук. В.В. Устинов, академик)

## **8. Стратегическое развитие научной организации**

Стратегия развития Института изложена в документе «Стратегия развития Уральского Отделения Российской академии наук», утвержденном Президиумом УрО РАН 8 сентября 2009 г. и одобренном Президиумом РАН 19 января 2010 г. Стратегия полностью соответствует государственной стратегии развития научно-технического комплекса страны, тесно связана с потребностями Уральского региона, учитывает интересы других учреждений Уральского отделения РАН.

Институтом представлены предложения в план реализации Стратегии национальной безопасности Российской Федерации по следующим разделам: национальный приоритет



«Оборона страны» (п.37); национальный приоритет «Экономический рост» (пп.59, 62); национальный приоритет «Наука, технологии и образование» (п. 69, 70); национальный приоритет «Здравоохранение» (п.71).

Долгосрочными партнерами института являются предприятия ГК «Росатом» (НИИ Неорганических материалов им. ак. А.А. Бочвара, ФГУП «РФЯЦ – ВНИИТФ им. ак. Е.И. Забабахина» (г. Снежинск), ОАО Институт реакторных материалов (г. Заречный)), предприятия ГК «Роскосмос» (НПО Автоматики, АО «ГРЦ Макеева» (г. Миасс)), ОАО «Российские железные дороги», ФГБУ "НПК "Технологический центр МИЭТ", ООО "СТАЛЛ", ОАО «НК «Роснефть», ОАО «Газпром», ЦНИИКМ «Прометей».

Предприятия металлургического и машиностроительного комплекса России: ОАО «Трубная металлургическая компания» (г. Москва), Магнитогорский металлургический комбинат, Ижевский металлургический завод, Красноярский металлургический завод, Выксунский металлургический завод (г. Выкса, Нижегородская область), ЗАО «Группа ЧТПЗ», ОАО «Мотовилихинские заводы» (г. Пермь), АО Уральский завод транспортного машиностроения, Верх-Исетский металлургический завод, Нижнетагильский металлургический комбинат, ОАО «НПК «Уралвагонзавод», ПАО "Корпорация ВСПМО-АВИСМА", ОАО «Северский трубный завод», АО "Альметьевский трубный завод" (г. Альметьевск, Татарстан), Каменск-Уральский металлургический завод.

ООО "Электротяжмаш-Привод", ООО "Предприятие "Сенсор", ЗАО "НПО "Спецнефтегаз", ЗАО "УРАЛИНТЕХ", ООО "Научно-производственное предприятие "Нефтегаздиагностика", ЗАО "ТД Металлопрокат", ЗАО "Сервис-Газификация", и другие.

Перечень наиболее значимых договоров, подтверждающих тесные связи с перечисленными предприятиями, приведен в п. 7, 17 и 21 настоящей анкеты.

В отчетный период действовали 27 долгосрочных соглашений о сотрудничестве института с международными партнерами (перечень соглашений представлен в п. 11 настоящей анкеты).

По программе мегагрантов Правительства Российской Федерации для государственной поддержки научных исследований, проводимых под руководством ведущих ученых в 2014 -2015 годах институт имел финансирование по 1 гранту: Договор с Министерства образования и науки № 14.Z50.31.0025 «Магнитные устройства нано-оптики с управляемыми потерями и шумами, функционирующие на микроволновых частотах» (руководитель С.О. Демокритов, профессор Института прикладной физики Университета г. Мюнстер, Германия).

## **Интеграция в мировое научное сообщество**

### **9. Участие в крупных международных консорциумах (например - CERN, ОИЯИ, FAIR, DESY, МКС и другие) в период с 2013 по 2015 год**



Подготовлено соглашение с Европейским Центром ядерных исследований (CERN) на изготовление не имеющего аналогов вихретокового дефектоскопа для контроля качества паяных соединений электрических машин для обслуживания большого адронного коллайдера.

Совместно с ОИЯИ проводились работы по нейтронным исследованиям вещества на импульсном быстром реакторе ИБР-2М по проектам:

РФФИ № 12-02-12065-офи\_м «Нейтронные исследования многокомпонентных функциональных материалов с радиационно-индуцированными дефектами после облучения высокими флюенсами быстрых нейтронов» (рук. Бобровский В.И.).

РФФИ № 12-02-12054-офи\_м «Эффекты близости в металлических магнитных наноструктурах: комплементарное применение нейтронных и синхротронных методик исследования» (рук. Устинов В.В., академик РАН).

РФФИ № 14-22-01063-офи\_м «Атомная и магнитная структура обменно-связанных слоистых металлических наногетероструктур: комплементарное применение нейтронно-синхротронных методик» (рук. Устинов В.В., академик РАН).

**10. Включение полевых опытов организации в российские и международные исследовательские сети. Заполняется организациями, выбравшими референтную группу № 29 «Технологии растениеводства»**

Информация не предоставлена

**11. Наличие зарубежных грантов, международных исследовательских программ или проектов за период с 2013 по 2015 год**

Мировой уровень работы института подтверждается его активным участием в международной научной кооперации: ежегодно выполняется в среднем 6 международных проектов, совместные исследования проводятся в рамках 30 соглашений о сотрудничестве с ведущими мировыми научными центрами, результаты которых публикуются совместно с зарубежными учеными в высокорейтинговых зарубежных (в том числе – Nature) и отечественных журналах.

Ниже приведен список проектов с финансовым обеспечением CRDF и УрО РАН, выполненных в течение 2013-2015 годов:

1. 12-CD-2 «Компьютерное моделирование новых многофункциональных материалов на основе  $\text{Vi1-xMxFeO3}$  с сильными электронными корреляциями» рук. В.И. Анисимов, д.ф.м.н. Международный партнер: Калифорнийский университет, группа проф. Саврасова С., г. Девис, США

2. 12-CD-5 «Структурное состояние и магнитные свойства нанокompозитов, сформированных расщепленным графитом и 3d переходными металлами» рук. А.Н. Пирогов, к.ф.м.н. Международный партнер: Бригхам новый университет, факультет физики и астрономии, группа проф. Камбелл Бантон, г. Прово, США



3. 12-CD-9 «Механизмы движения водорода в борогидридах и родственных материалах для хранения водорода: исследование методами ядерного магнитного резонанса и рассеяния нейтронов» рук. А.В. Скрипов, д.ф.м.н. Международный партнер: Национальный институт Стандартов и Технологии, Центр нейтронных исследований, г.Гейтерсбург, США

4. 13-CRDF-2 «Новые аспекты наведения текстуры в PLP магнитах Nd-Fe-B» рук. А.Г. Попов, д.ф.м.н. Международный партнер: Делаверский университет, факультет физики и астрономии, группа проф. Р.Муррей, г. Уилмингтон, США

5. 13-CRDF-16 «Исследование методами фотоэлектронной и оптической спектроскопии электронной структуры халькопиритов и кестеритов – материалов для фотовольтаики» рук. Т.В. Кузнецова, к.ф.м.н. Международный партнер: Университет Иллинойза, Институт инженерного дела и материаловедения, группа проф. Роккет Ангус, г.Урбана-Шампейн, США

6. 14-CRDF-6 «Релятивистские магнитные эффекты в оксидах на основе 4d и 5d переходных металлов» С.В. Стрельцов, д.ф.м.н. Международный партнер: Университет Кентуки, группа проф. Г. Као, г. Лексингтон, США и Лаборатория НРЛ, Др. И. Мазин, г. Вашингтон, США

Совместный проект УрО РАН - CNRS № 14-БВ-ИФМ «Получение тонких пленок перспективных магнитных и сегнетоэлектрических материалов на текстурованных подложках». А.П. Носов, д.ф.м.н. Международный партнер: Национальный центр научных исследований Франции CNRS, лаборатория материаловедения CRISMAT, г. Кан, Нормандия, Франция

РФФИ-Турецкое научное общество (СТ)

12-02-91371-СТ «Влияние корреляционных эффектов на электронную структуру сверхпроводящих пниктидных материалов» В.И. Анисимов, д.ф.м.н.

РФФИ-Немецкое научное общество (ННИО)

12-03-91331-ННИО «Неравновесные границы зерен в интенсивно деформированном никеле: существование, структура и диффузионные свойства» В.В. Попов, д.т.н.

РФФИ-Тайваньское научное общество

14-02-92012 Синтез и исследование электронной структуры, зарядового и спинового транспорта объемных и пленочных топологических изоляторов для спинтронных и термоэлектрических устройств В.В. Марченков, д.ф.м.н. Международный партнер: Национальный научный комитет в Тайбэе, группа профессора Хуана (Huang) из Национального университета Ченг Кунг, г.Тайнань, Тайвань

Контракты:

11/1к № RES-52295 от 16.08.2011, «Выполнение услуг, включая условия предоставления результатов работы в соответствии с приложенным заказом. Исследование магнитной вязкости и изготовление образцов в виде лент для полномасштабного датчика переходных



процессов с оптимизированными магнитными свойствами» Международный партнер: Бэйкер Атлас, ИНТЕК, Отделение Инк. Хьюстон, США

№ 14/1к Разработка, изготовление и поставка Магнитной системы для геологических исследований. Сроки выполнения: 2014-2017 гг. Международный партнер: ЕСОТЕК Corporation, Хьюстон, США рук. С.В. Жаков, к.ф.м.н.

Кроме того, в институте действуют соглашения с международными партнерами без финансовых обязательств. Перечень соглашений, работы, в рамках которых в период с 2013 по 2015 годы проводились совместные научные исследования, приведен ниже.

1. Соглашение между ИФМ УрО РАН и Отделением физики Университета Оснабрюка, Германия (отв. исп. Э.З. Курмаев). Дата подписания: 10 января 1995 г. Срок действия: 10 января 1995 г. с последующим продлением по согласованию обеих сторон. Действует по н.в. Исследования в области спектроскопии твердого тела.

2. Соглашение о научно-техническом сотрудничестве между ИФМ УрО РАН и Международной лабораторией сильных магнитных полей, г. Вроцлав, Польша (отв. исп. В.В. Марченков). Дата подписания: 23 апреля 1996 г. Срок действия: 01 сентября 1996 г. с последующим продлением по согласованию обеих сторон. Исследование физических свойств конденсированных систем с металлическим типом проводимости.

3. Соглашение между ИФМ УрО РАН и Институтом Макса Планка, г. Штуттгарт, Германия (отв. исп. А.В. Скрипов). Дата подписания: 01 января 1995 г. Срок действия: 01 января 1995 г. – автоматически продлевается после 3-х лет совместных работ. Изучение диффузии водорода в гидридах интерметаллических соединений методом ядерного магнитного резонанса.

4. Соглашение о сотрудничестве между ИФМ УрО РАН и Институтом физики Университета Иоханнеса Гуттенберга, Германия (отв. исп. Е.А. Кравцов). Дата подписания: 18 октября 2011 г. Срок действия: 18 октября 2011 г. – 31 декабря 2015 г. Создание станции нового поколения для времяпролетной фотоэмиссионной спектроскопии в рамках российско-германской лаборатории на BESSY 2. Исследование в применении синхротронного излучения для изучения органических и магнитных наноструктурированных материалов методом фотоэмиссионной спектроскопии.

5. Соглашение о научном сотрудничестве между ИФМ УрО РАН и Университетом им. Абанта Иззета Байсала, Турция (отв. исп. В.И. Анисимов). Дата подписания: 13 августа 2013 г. Срок действия: 13 августа 2013 г. – 13 декабря 2015 г. Развитие теоретических методов в области изучения электронной структуры твердых тел.

6. Соглашение между ИФМ УрО РАН и СанМун Университетом, г. Чунгнам, Корея (отв. исп. А.Н. Пирогов). Дата подписания: 17 сентября 2008 г. Срок действия: 17 сентября 2008 г. – 17 сентября 2013 г. Нейтронографические исследования кристаллической и магнитной структуры соединений редкоземельных и 3d-переходных металлов, малоугловое рассеяние нейтронов на биологических объектах.



7. Соглашение о сотрудничестве между ИФМ УрО РАН и Центром по электронным корреляциям и магнетизму университета Аугсбурга, Германия (отв. исп. В.И. Анисимов). Дата подписания: 10 января 2009 г. Срок действия: 10 января 2009 г. – бессрочный. Развитие теоретических методов в области изучения электронной структуры твердых тел.

8. Соглашение о сотрудничестве между ИФМ УрО РАН и Вторым физическим институтом Университета Кельна, Германия (отв. исп. С.В. Стрельцов). Дата подписания: 10 января 2008 г. Срок действия: 10 января 2008 г. – бессрочный. Совместные научные исследования в области физики конденсированного состояния.

9. Соглашение о сотрудничестве между ИФМ УрО РАН и Институтом неразрушающего контроля общества Фраунгофера, г. Саарбрюккен, Германия (отв. исп. (Я.Г. Смородинский). Дата подписания: 17 апреля 2008 г. Срок действия: 17 апреля 2008 г. – 31 декабря 2013 г. Экспериментальные работы в области неразрушающего контроля, моделирование для неразрушающего контроля, подготовка квалифицированных специалистов.

10. Соглашение между ИФМ УрО РАН и Отделом нейтронных исследований Корейского исследовательского института атомной энергии, г. Тайжон, Корея (отв. исп. А.Н. Пирогов). Дата подписания: 02 марта 2011 г. Срок действия: 02 марта 2011 г. – 02 марта 2016 г. Исследования магнитных материалов и применение рассеяния нейтронов на мультиферроиках и литиевых ортофосфатах.

11. Соглашение о сотрудничестве между ИФМ УрО РАН и Белостокским государственным университетом, Польша (отв. исп. Ю.П. Сухоруков). Дата подписания: 21 января 2011 г. Срок действия: 21 января 2011 г. – бессрочный. Совместные научные исследования в области экспериментального и теоретического изучения электрических, оптических магнитооптических свойств соединений переходных и редкоземельных металлов.

12. Соглашение о сотрудничестве между ИФМ УрО РАН и Институтом технических наук Сербской академии наук и искусств, Сербия (отв. исп. А.Е. Ермаков). Дата подписания: 27 июня 2007 г. Срок действия: 27 июня 2007 г. – бессрочный. Экспериментальные исследования физических и химических свойств наноматериалов, приготовленных разными методами. Исследование структурных особенностей и фазовых превращений в наноматериалах.

13. Соглашение о сотрудничестве между ИФМ УрО РАН и Институтом молекул и материалов Университета г. Наймегена, Нидерланды (отв. исп. А.И. Потеряев). Дата подписания: 20 августа 2011 г. Срок действия: 20 августа 2011 г. – 31 декабря 2014 г. Совместные научные исследования в области электронной структуры твердых тел.

14. Соглашение о сотрудничестве между ИФМ УрО РАН и Университетом Намика Кемаля г. Текирдаг, Турция (отв. исп. В.И. Анисимов). Дата подписания: 07 октября 2011 г.

Срок действия: 07 октября 2011 г. – 31 декабря 2015 г. Совместные научные исследования магнитных свойств и электронной структуры твердых тел.



15. Соглашение о сотрудничестве между ИФМ УрО РАН и Институтом физической химии Университета Земли Саар, г. Саарбрюккен, Германия (отв. исп. А.В. Скрипов). Дата подписания: 04 июля 2011 г. Срок действия: 04 июля 2011 г. – 31 декабря 2013 г. Совместные научные исследования физико-химических свойств систем металл-водород, комплексных гидридов и наноструктурированных материалов для хранения водорода.

16. Соглашение о научном сотрудничестве между ИФМ УрО РАН и Департаментом физики и инженерной физики Саскачеванского Университета, г. Саскатун, Канада (отв. исп. Э.З. Курмаев). Дата подписания: 06 декабря 2010 г. Срок действия: 06 декабря 2010 г. – 31 декабря 2020 г. Развитие метода рентгеновской спектроскопии для исследования электронной структуры твердых тел.

17. Соглашение о сотрудничестве между ИФМ УрО РАН и Сектором математической физики Международного института дополнительного образования, Триест, Италия (отв. исп. С.А. Зыков). Дата подписания: 16 марта 2012 г. Срок действия: 16 марта 2012 г. – 03 марта 2015 г. Развитие математических методов и исследование интегрируемых и квази-интегрируемых систем.

18. Соглашение о сотрудничестве между ИФМ УрО РАН и Отделением физики и астрономии Сеульского национального университета, Южная Корея (отв. исп. В.И. Анисимов). Дата подписания: 25 декабря 2012 г. Срок действия: 25 декабря 2012 г. – 31 декабря 2015 г. Совместные научные исследования магнитных свойств и электронной структуры твердых тел.

19. Соглашение о сотрудничестве между ИФМ УрО РАН и Институтом атомной и субатомной физики, Венский технологический университет, Австрия (отв. исп. В.В. Марченков). Дата подписания: 17 октября 2012 г. Срок действия: 17 октября 2012 г. – 31 декабря 2017 г. Совместные научные исследования электронных свойств чистых металлов и соединений.

20. Соглашение между ИФМ УрО РАН и Отделом нейтронных исследований Корейского исследовательского института атомной энергии, г. Тайжон, Корея (отв. исп. А.Н. Пирогов). Дата подписания: 28 февраля 2014 г. Срок действия: 28 февраля 2014 г. – 31 декабря 2018 г.

Исследования магнитных материалов и применение рассеяния нейтронов на мультиферроиках и литиевых ортофосфатах.

21. Соглашение о сотрудничестве между ИФМ УрО РАН и Институтом физики Польской Академии наук (отв. исп. Д.А. Зацепин). Дата подписания: 12 февраля 2014 г. Срок действия: 12 февраля 2014 г. – 31 мая 2016 г. Экспериментальное изучение металлов и соединений.

22. Соглашение о сотрудничестве между ИФМ УрО РАН и компанией «EchoMRI Corporation Pte. Ltd.», Сингапур (отв. исп. С.В. Жаков). Дата подписания: 17 марта 2014 г.



Срок действия: 17 марта 2014 г. – 31 декабря 2014 г. с автоматическим продлением. Совместные исследования в области ядерного магнитного резонанса для медицинских и биологических приложений.

23. Соглашение о сотрудничестве между ИФМ УрО РАН и ITAC Ltd., Group of ShinMaywa Industries, Япония (отв. исп. А.Б. Владимиров). Дата подписания: 20 ноября 2014 г. Срок действия: 20 ноября 2014 г. – 31 декабря 2017 г. Совместные научные исследования в области пленок и покрытий, содержащих углеродную алмазоподобную компоненту.

24. Соглашение о сотрудничестве между ИФМ УрО РАН и Механическим факультетом Технического университета Лодзи, Польша (отв. исп. И.Г. Бродова). Дата подписания: 26 января 2015 г. Срок действия: 26 января 2015 г. – 25 января 2018 г. Совместные исследования легких наноструктурных материалов на основе алюминия.

25. Договор о сотрудничестве между ИФМ УрО РАН и Институтом механики Болгарской академии наук (отв. исп. М.В. Дегтярев). Дата подписания: 06 апреля 2015 г. Срок действия: 06 апреля 2015 г. – 05 апреля 2020 г. с автоматическим продлением. Совместное участие в проектах по европейским и иным научно-исследовательским и образовательным программам.

26. Письмо о намерениях о сотрудничестве между ИФМ УрО РАН и Карлстадским Университетом, Швеция (отв. исп. Н.В. Казанцева). Дата подписания: 20 октября 2015 г. Срок действия: 20 октября 2015 г. – 19 октября 2020 г. Совместная научная деятельность, обмен научной информацией, аспирантами. Совместные программы.

27. Соглашение о намерениях по проведению совместных научно-исследовательских работ между ИФМ УрО РАН и Московским технологическим центром фирмы «ЛГ Электроникс Инк», Москва (отв. исп. А.Б. Ринкевич). Дата подписания: 12 марта 2015 г. Срок действия: 12 марта 2015 г. – 11 марта 2018 г. Организация и развитие сотрудничества в области нанесения, исследования и практического использования покрытий из алмазоподобного углерода.

## **НАУЧНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ОРГАНИЗАЦИИ**

### **Наиболее значимые результаты фундаментальных исследований**

#### **12. Научные направления исследований, проводимых организацией, и их наиболее значимые результаты, полученные в период с 2013 по 2015 год**

Работы проводились в соответствии с Программой фундаментальных научных исследований государственных академий наук на 2013-2020 годы, основными направлениями фундаментальных исследований РАН и основными научными направлениями института. Институт проводит фундаментальные, поисковые и прикладные научные исследования



по 9 различным темам в рамках трех разделов программы II-8. II-9. III-28: Ниже приведены наиболее существенные научные результаты по разделам.

II-8. Актуальные проблемы физики конденсированных сред, в том числе, квантовая макрофизика, мезоскопика, физика наноструктур, спинтроника, сверхпроводимость.

1. Новый тип стабильных квазичастиц в киральных магнетиках

В киральных магнетиках предсказан новый тип термодинамически стабильных магнитных структур, которые могут стать носителями информации, перемещающимися с помощью спиновых токов. Полученные результаты могут найти свое применение при создании принципиально новых устройств для хранения информации.

2. Высококочувствительные безгистерезисные спиновые клапаны.

Разработана магнетронная технология приготовления многослойных магнитных наноматериалов с воспроизводимостью номинальной толщины слоев на уровне 0.1 нанометра. Приготовлены наноструктуры с рекордными величинами гигантского магнитосопротивления (ГМС): магнитные металлические сверхрешетки с ГМС до 55 %, а также наноструктуры типа «спиновый клапан» с ГМС до 12 %, гистерезисом в десятые доли эрстеда и чувствительностью до 3 %/Э. По своим функциональным характеристикам синтезированные ГМС наноматериалы не уступают лучшим зарубежным аналогам и могут использоваться для разработки отечественных высококочувствительных магнитных сенсоров и спинтронных устройств различного назначения. Установлены физические и технологические условия создания безгистерезисных спиновых клапанов для практических приложений.

3. Гигантский магнитный антирезонанс в магнитофотонных кристаллах на основе опаловых матриц

Обнаружен гигантский магнитный антирезонанс в магнитофотонных кристаллах на основе опаловых матриц с наночастицами металлов или ферритов-шпинелей. Разработан метод оценки неоднородности сверхвысокочастотных полей в магнитофотонных кристаллах и нанокompозитах на основе измерения магнитного резонанса и расчета показателя преломления. Результаты имеют существенное значение для создания управляемых магнитным полем устройств, работающих в миллиметровом и терагерцовом диапазонах.

1. New Type of Stable Particlelike States in Chiral Magnets / Rybakov F.N., Borisov A.B., Blügel S., Kiselev N.S. // *Physical Review Letters*. — 2015. — V. 115. — P. 117201—117206. (Импакт фактор журнала по данным WoS IF=7,512)

2. Spin effects induced by thermal perturbation in a normal metal/magnetic insulator system [Текст] / I. I. Lyapilin, M. S. Okorokov, V. V. Ustinov // *Physical Review B*. — 2015. — V. 91. — P. 195309—195315. (IF=3,736)

3. Spin Hall controlled magnonic microwaveguides / Demidov V. E., Urazhdin S., Rinkevich A. B., Reiss G., Demokritov S. O. // *Applied Physics Letters*. — 2014. — V. 104. — P. 152402—152401. (IF=3.302)



4. Correlation-Driven Topological Fermi Surface Transition in FeSe / Leonov I., Skornyakov S.L., Anisimov V.I., Vollhardt D. // *Physical Review Letters*. — 2015. — V. 115. — P. 106402—106409. (IF=7,512)

5. Nuclear magnetic resonance studies of BH<sub>4</sub> reorientations and Li diffusion in LiLa(BH<sub>4</sub>)<sub>3</sub>Cl / Alexander V. Skripov, Alexei V. Soloninin, Morten B. Ley, Torben R. Jensen, Yaroslav Filinchuk // *Journal of Physical Chemistry C*. — 2013. — V. 117. — P. 14965—14972. (IF=4,835)

II-9. Физическое материаловедение: новые материалы и структуры, в том числе фуллерены, нанотрубки, графены; другие наноматериалы, а также метаматериалы;

1. Мегапластическая деформация магния при комнатной температуре: методики, структура, текстура и механические свойства.

Разработаны методики получения длинных тонких лент и проволок из магния с помощью мегапластической деформации (МПД) при комнатной температуре. Изучены структура, текстура и механические свойства образцов в различных состояниях. Показано, что в результате МПД происходит измельчение зерна приблизительно на три порядка: от нескольких миллиметров в исходном слитке до нескольких микрометров в полученных образцах. Обнаружена высокая пластичность магния после МПД, которая составляет ~20% удлинения при растяжении. Результаты исследования могут быть использованы на практике: в машиностроении, биологии и медицине.

2. Оптимизация методов термической и термомеханической обработок аустенитных сталей с целью повышения их прочности и функциональных свойств.

Исследованы структурно-фазовые превращения и выбраны оптимальные режимы упрочнения различных аустенитных сталей с помощью твердорастворного легирования; старения с выделением карбидов, нитридов, интерметаллидов и оксидов;  $\square\square\square(\square)\square\square$  превращения; деформационного воздействия с целью повышения физико-механических свойств (усталости, износостойкости, радиационной стойкости, сопротивления КРК, эффекты памяти формы и др.). Проведенные исследования важны не только с научной точки зрения, но и полезны в промышленности, поскольку помогут конструкторам сделать правильный выбор материала и его термической обработки для производства тех или иных изделий.

3. Повышение прочности и износостойкости поверхности трения титана и его сплавов посредством фрикционного наноструктурирования и последующего оксидирования. Показано, что деформация в условиях трения формирует в поверхностном слое титана VT1-0 и никелида титана нанокристаллическую структуру. Оксидирование при температурах 400-650°C в приводит к образованию в деформированном слое толщиной  $\square$  10 мкм нанокристаллических частиц оксида TiO<sub>2</sub>, объемная доля которых составляет десятки процентов, а размер 10-40 нм. Образование нанокристаллической структуры матрица + TiO<sub>2</sub> повышает прочность и износостойкость анализируемых материалов. Это обусловлено повышенной твердостью рассматриваемой структуры и ее положительным влиянием в



качестве переходного слоя на снижение внутренних напряжений, существующих на границе пленки TiO<sub>2</sub> с металлом. Полученные результаты позволяют существенно повысить износостойкость титана и его сплавов.

1. The kinetics of ordering in an equiatomic CuPd alloy: A resistometric study / A.Yu. Volkov, O.S. Novikova, B.D. Antonov // *Journal of Alloys and Compounds*. — 2013. — V. 581. — P. 625—631. (IF=2,726)

2. Elastic properties of a porous titanium-bone tissue composite / Rubshtein A.P., Makarova E.B., Rinkevich A.B., Medvedeva D.S., Yakovenkova L.I., Vladimirov A.B. // *Materials Science and Engineering C*. — 2015. — V. 52. — P. 54—60. (IF=3,088)

3. Effect of austenite-decomposition temperature on bainite morphology and properties of low-carbon steel after thermomechanical treatment / Schastlivtsev V.M., Tabatchikova T.I., Yakovleva I.L., Klyueva S.Y., Kruglova A.A., Khlusova E.I., Orlov V.V. // *Physics of metals and metallography* .- 2013 .- V.114 .- Iss.5 .- P. 419-429 (IF = 0.605)

4. Structural mechanism of reverse alpha -> gamma transformation and strengthening of Fe-Ni alloys / Sagaradze V.V., Kataeva N.V., Kabanova I.G., Zavalishin V.A., Valiullin A.I., Klyukina M.F. // *Physics of metals and metallography* .- 2014 .- V.115 .- Iss.7 .- P. 661-671 (IF = 0.761)

5. Effect of dynamic recovery on structure formation in nickel upon high-pressure torsion and subsequent annealing / Voronova L.M., Degtyarev M.V., Chashchukhina T.I., Krasnoperova Y., Resnina N.N. // *Materials Science and Engineering A*. — 2015. — V. 635. — P. 155—164. (IF =2,567)

III-28. Система многокритериального связного анализа, обеспечения и повышения прочности, ресурса, живучести, надежности и безопасности машин, машинных и человеко-машинных комплексов в междисциплинарных проблемах машиноведения и машиностроения. Научные основы конструкционного материаловедения.

1. Разработан новый метод выявления и визуализации микротрещин в металлических изделиях путем фиксации температурного рельефа инфракрасной камерой при возбуждении в них высокочастотных вихревых токов, позволяющий существенно уменьшить технические требования к условиям контроля (дефектоскопии) изделий и заменить трудоёмкий порошковый метод.

2. Разработан новый метод и создано малогабаритное устройство для экспресс-контроля фазового состава деформированных аустенитных хромоникелевых сталей. В основе метода лежит установленная однозначная связь удельного электрического сопротивления и фазы охрупчивания (мартенсита) при деформировании изделий.

3. На основе моделирования и экспериментальных исследований пространственного распределения магнитных поля и потока внутри и над поверхностью локально намагничиваемых объектов разработаны новые способы измерений и установлены принципы конструирования приставных преобразователей, которые, в отличие от известных, обес-



печивают локальное и бесконтактное измерение комплекса магнитных параметров, характеризующих функциональное состояние диагностируемых объектов.

1. Патент РФ № 135421 Устройство для контроля качества металлических прутков, 2013г.

2. Патент РФ № 132894 Устройство для контроля качества шва электросварных труб пирозлектромагнитным методом, 2013г.

3. Magnetic and magnetoacoustic testing parameters of the stressed-strained state of carbon steels that were subjected to a cold plastic deformation and annealing / Kostin V.N., Vasilenko O.N., Filatenkov D.Y., Chekasina Y.A., Serbin E.D. // Russian journal of nondestructive testing .- 2015 .- V.51 .- Iss.10 .- P. 624-632 (IF =0.415)

4. Возможности выбора преобразователей магнитного поля для дефектоскопии / Реутов Ю.Я., Щербинин В.Е, Волков А.В. // Дефектоскопия. — 2014. — Т. 12. — С. 71—84. (ИФ= 0.605)

5. Анализ причин разрушения рабочих лопаток турбин газоперекачивающих агрегатов / В. Г. Рыбалко, Д. В. Новгородов // Деформация и разрушение материалов. — 2014. — Т. 11. — С. 26—31. (ИФ= 0.517)

**13. Защищенные диссертационные работы, подготовленные период с 2013 по 2015 год на основе полевой опытной работы учреждения. Заполняется организациями, выбравшими референтную группу № 29 «Технологии растениеводства».**

Информация не предоставлена

**14. Перечень наиболее значимых публикаций и монографий, подготовленных сотрудниками научной организации за период с 2013 по 2015 год**

1. Nanomagnonic devices based on the spin-transfer torque / Urazhdin S., Demidov V.E., Ulrichs H., Kendziorczyk T., Kuhn T., Leuthold J., Wilde G., Demokritov S.O. // Nature nanotechnology .- 2014 .- V.9 .-Iss.7 .- P. 509-513 DOI: 10.1038/nnano.2014.88 // Web of Science (IF = 35.267), Scopus, РИНЦ // кол-во цитирований 53

2. Sodium superionic conduction in Na<sub>2</sub>B<sub>12</sub>H<sub>12</sub> / Udovic T.J., Matsuo M., Unemoto A., Verdal N., Stavila V., Skripov A.V., Rush J.J., Takamura H., Orimo S. // Chemical communications .- 2014 .- V.50 .- Iss.28 .- P. 3750-3752 DOI: 10.1039/c3cc49805k // Web of Science (IF = 6.834), Scopus, РИНЦ // кол-во цитирований 48

3. Exceptional Superionic Conductivity in Disordered Sodium Decahydro-closo-decaborate / Udovic T.J., Matsuo M., Tang W.S., Wu H., Stavila V., Soloninin A.V., Skoryunov R.V., Babanova O.A., Skripov A.V., Rush J.J., Unemoto A., Takamura H., Orimo S. // Advanced materials .-2014 .- V.26 .- Iss.45 .- P. 7622-7626 DOI: 10.1002/adma.201403157 // Web of Science (IF = 17.493), Scopus, РИНЦ // кол-во цитирований 39

4. One-particle irreducible functional approach: A route to diagrammatic extensions of the dynamical mean-field theory / Rohringer G., Toschi A., Hafermann H., Held K., Anisimov V.I.,



Katanin A.A. // Physical review B .- 2014 .- V.88 .- Iss.11 .- Art.№ UNSP 115112 DOI: 10.1103/PhysRevB.88.115112 // Web of Science (IF = 3.736), Scopus, РИНЦ // кол-во цитирований 36

5. Three-dimensional skyrmion states in thin films of cubic helimagnets / Rybakov F.N., Borisov A.B., Bogdanov A.N. // Physical review B .- 2013 .-V.87 .- Iss.9 .- Art.№ 094424 DOI: 10.1103/PhysRevB.87.094424 // Web of Science (IF = 3.664), Scopus, РИНЦ // кол-во цитирований 34

6. From Infinite to Two Dimensions through the Functional Renormalization Group / Taranto C., Andergassen S., Bauer J., Held K., Katanin A., Metzner W., Rohringer G., Toschi A. // Physical review letters .- 2014 .- V.112 .- Iss.19 .- Art.№ 196402 DOI: 10.1103/PhysRevLett.112.196402 // Web of Science (IF =7.512), Scopus, РИНЦ // кол-во цитирований 30

7. The Metallic Nature of Epitaxial Silicene Monolayers on Ag(111) / Johnson N.W., Vogt P., Resta A., De Padova P., Perez I., Muir D., Kurmaev E.Z., Le Lay G., Moewes A. // Advanced functional materials .- 2014 .- V.24 .- Iss.33 .- P. 5253-5259 DOI: 10.1002/adfm.201400769 // Web of Science (IF =11.805), Scopus, РИНЦ // кол-во цитирований 26

8. Crystallographic, electronic, thermal, and magnetic properties of single-crystal SrCo<sub>2</sub>As<sub>2</sub> / Pandey A., Quirinale D.G., Jayasekara W., Sapkota A., Kim M.G., Dhaka R.S., Lee Y., Heitmann T.W., Stephens P.W., Ogloblichev V., Kreyszig A., McQueeney R.J., Goldman A.I., Kaminski A., Harmon B.N., Furukawa Y., Johnston D.C. // Physical review B .- 2013 .- V.88 .- Iss.1 .- Art.№ 014526 DOI: 10.1103/PhysRevB.88.014526 // Web of Science (IF = 3.664), Scopus, РИНЦ // кол-во цитирований 25

9. Orbital-dependent singlet dimers and orbital-selective Peierls transitions in transition-metal compounds / Streltsov S.V., Khomskii D.I. // Physical review B .- 2014 .- V.89 .- Iss.16 .- Art.№ 161112 DOI: 10.1103/PhysRevB.89.161112 // Web of Science (IF = 3.736), Scopus, РИНЦ // кол-во цитирований 21

10. Magnetism and Verwey transition in magnetite nanoparticles in thin polymer film / Nikiforov V.N., Koksharov Y.A., Polyakov S.N., Malakho A.P., Volkov A.V., Moskvina M.A., Khomutov G.B., Irkhin V.Y. // Journal of alloys and compounds .- 2013 .- V.569 .- P. 58-61 DOI: 10.1016/j.jallcom.2013.02.059 // Web of Science (IF =2.726), Scopus, РИНЦ // кол-во цитирований 17

Монографии или главы в монографиях:

1. Сагарадзе В.В., Уваров А.И. Упрочнение и свойства аустенитных сталей. – Екатеринбург: РИО УрО РАН, 2013. □ 720 с. – Усл. печ. л. 45. □ Библиогр.: с. 711-712. – 250 экз. – ISBN 978-5-7691-2334-4.

2. Мамина Л.И., Баранов В.Н., Гильманшина Т.Р., Беляев С.В., Новожонов В.И., Безруких А.И. Наноструктурированные графитсодержащие изделия. – Красноярск: СФУ, 2013. – 268 с. □ Усл. печ. л. 16,75. – 100 экз. □ ISBN 978-5-76-38-2636-4.



3. Popov V.V. Simulation of precipitate evolution in Fe-based alloys // *Industrial and Technological Applications of Transport in Porous Materials* / Ed. By J.M.P.Q.Delgado. □ Berlin-Heidelberg: Springer-Verlag, 2013. – Pp. 215-281. – Усл. печ. л. 4,18. – Библиогр.: с. 275-280. □ (Advanced Structured Materials. Vol. 36). □ ISBN 978-3-642-37468-5, eISBN 978-3-642-37469-2. Тираж издателем не разглашается.

4. Остаточный аустенит в легированных сталях / В.М. Счастливец, Ю.В. Калетина, Е.А. Фокина. – Екатеринбург: РИО УрО РАН, 2014. – 236 с. : ил. – ISBN 978-5-7691-2384-9. – 300 экз.

5. Борисов А.Б., Киселев В.В. Квазиодномерные магнитные солитоны. – М.: Физматлит, 2014. – 520 с. : ил. – ISBN 978-5-9221-1590-2. – 300 экз.

6. Борисов А.Б., Зверев В.В. Введение в регулярную и хаотическую динамику. – Екатеринбург: ООО «УМЦ УПИ», 2014. – 560 с. : ил. – ISBN 978-5-7691-2385-6. – 250 экз.

7. Счастливец В.М., Зельдович В.И. Физические основы металловедения / ИФМ УрО РАН. – Екатеринбург: РИО УрО РАН, 2015. – 224 с. : ил. – ISBN 978-5-8295-0371-0.

8. Sagaradze V.V., Afanasyev S.V. High-strength precipitation-hardening austenitic steels with shape memory effect // *Shape memory alloys: properties, technologies, opportunities*. – Switzerland: Trans. Tech. Publ., 2015. – 640 с. – ISBN 978-3-03835-357-7. Тираж издателем не разглашается.

9. Pushin V.G., Kuranova N.N., Marchenkova E.B., Belosludtseva E.S., Kourov N.I., Kuntsevich T.E., Pushin A.V., Uksusnikov A.N. Thermoelastic martensitic transitions and shape memory effects: classification, crystal and structural mechanisms of transformations, properties, production and application of promising alloys // *Shape memory alloys: properties, technologies, opportunities*. – Switzerland: Trans. Tech. Publ., 2015. – 640 с. – ISBN 978-3-03835-357-7. Тираж издателем не разглашается.

10. Korkh Y.V., Perov D.V., Rinkevich A.B. Detection of acoustic fields from bounded ultrasonic beams by using laser interferometry technique // *Interferometers: fundamentals, methods and applications* / Ed. by Kystal Harmon. – New York: Nova Science Publ., 2015. – 228 с. – ISBN 978-1-63483-692-0. Тираж издателем не разглашается.

### **15. Гранты на проведение фундаментальных исследований, реализованные при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований, Российского гуманитарного научного фонда, Российского научного фонда и другие**

В отчетный период в институте проводились работы по 116 грантам РФФИ по инициативным фундаментальным научным исследованиям (в том числе: 24 молодежных, 6 грантов РФФИ-Урал отмечены в п. 11 настоящей анкеты), 2 гранта для проведения ориентированных научных исследований, а также работы по 7 грантам РНФ. Все гранты соответствуют научно-исследовательским тематикам института и прошли государственную регистрацию. Наиболее значимые гранты:



1. Мегагрант Министерства образования и науки. Договор № 14.Z50.31.0025 «Магнитные устройства нано-оптики с управляемыми потерями и шумами, функционирующие на микроволновых частотах» (рук. проф. С.О. Демокритов). Сроки выполнения: 2014 – 2017 гг. Объем финансирования за весь срок: 117 888 325 рублей.

2. Грант РФФИ № 14-22-00004 «Разработка методов компьютерного моделирования, основанных на численном решении квантово-механической задачи, для проведения поисковых исследований новых перспективных материалов» рук. В.И. Анисимов, д.ф.м.н. Сроки выполнения: 2014-2017 гг. Объем финансирования за весь срок: 80 000 000 рублей.

3. Грант РФФИ № 14-12-00673 «Термодинамика и кинетика ранних стадий распада в поликристаллических сплавах. Первопринципное и атомистическое моделирование сплавов на основе ОЦК Fe и ГЦК Al» рук. П.А. Коржавый, д.ф.м.н. Сроки выполнения: 2014-2016 гг. Объем финансирования за весь срок: 14 000 000 рублей.

4. Грант РФФИ № 14-13-00908 «Деформационно-индуцированные циклические превращения «растворение-выделение дисперсных фаз» при различных температурах и модифицирование сплавов на основе железа» рук. В.В. Сагарадзе, чл.-к. РАН, Сроки выполнения: 2014-2016 гг. Объем финансирования за весь срок: 12 400 000 рублей.

5. Грант РФФИ № 14-12-00473 «Развитие приближения когерентного потенциала для расчета электронной структуры сильно коррелированных неупорядоченных систем» рук. М.А. Коротин, д.ф.м.н. Сроки выполнения: 2014-2015 гг. Объем финансирования за весь срок: 10 000 000 рублей.

6. Грант РФФИ № 15-12-00001 «Разработка неразрушающих методов и средств оценки степени поврежденности ответственных изделий из аустенитных сталей и сплавов, работающих в условиях высоких температур и напряженно-пластических деформаций» рук. В.Е. Щербинин, чл.-к. РАН Сроки выполнения: 2015-2017 гг. Объем финансирования за весь срок: 15 000 000 рублей.

7. Грант РФФИ № 15-12-10015 «Влияние внешних воздействий на магнитные фазовые переходы в редкоземельных интерметаллидах» рук. Н.В. Мушников, чл.-к. РАН Сроки выполнения: 2015-2017 гг. Объем финансирования за весь срок: 24 000 000 рублей

8. Грант РФФИ № 15-12-10014 «Создание высокопрочных и пластичных наноструктурированных сплавов с высокообратимыми эффектами памяти формы для термо-, электро- и магнитомеханических Smart-систем нового поколения» рук. В.Г. Пушин, д.ф.м.н. Сроки выполнения: 2015-2017 гг. Объем финансирования за весь срок: 24 000 000 рублей.

9. РФФИ 14-22-01063-офи «Атомная и магнитная структура обменно-связанных слоистых металлических наногетероструктур: комплементарное применение нейтронно-синхротронных методик» рук. Устинов В.В Сроки выполнения: 2014-2016 гг.. Объем финансирования за весь срок: 10 150 000 рублей.

10. Грант РФФИ № 12-08-33098\_мол\_а. «Моделирование и экспериментальное исследование взаимосвязи инициированных деформацией изменений структуры, прочностных,



магнитных и акустических свойств стальных объектов» рук. Сташков А.Н. к.т.н. Сроки выполнения: 2013-2014 гг. Объем финансирования за весь срок: 4 650 000 рублей.

**16. Гранты, реализованные на основе полевой опытной работы организации при поддержке российских и международных научных фондов. Заполняется организациями, выбравшими референтную группу № 29 «Технологии растениеводства».**

Информация не предоставлена

## **ИННОВАЦИОННЫЙ ПОТЕНЦИАЛ НАУЧНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ**

### **Наиболее значимые результаты поисковых и прикладных исследований**

**17. Поисковые и прикладные проекты, реализованные в рамках федеральных целевых программ, а также при поддержке фондов развития в период с 2013 по 2015 год**

По федеральной целевой программе «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2013-2020 годы» в отчетный период в институте проводили научно-исследовательские работы по 1 госконтракту с Департаментом приоритетных направлений науки и технологий Минобрнауки России, 7 договорам в рамках госконтрактов с отраслевыми институтами ФГУП РФЯЦ-ВНИИТФ имени академика Е.И. Забабахина и ФГУП ЦНИИ КМ «Прометей», ОАО «ВНИИНМ имени академика А.А. Бочвара» в рамках госконтракта с корпорацией «Росатом».

1. Госконтракт № 14.518.11.7020 от 20.07.2012 «Исследование радиационно-индуцированной модификации нанокристаллической структуры и выделений наночастиц в перспективных для практического использования конструкционных и функциональных материалах (в исходном и разупорядоченном быстрыми нейтронами состояниях) на УСУ «Исследовательский водо-водяной атомный реактор ИВВ-2М, рег. № 01-34 (Нейтронный материаловедческий комплекс Института физики металлов УрО РАН)», ИВВ-2М (НМК ИФМ)» (рук. Б.Н. Гощицкий, чл.-к. РАН). Сроки выполнения: 2012-2013 гг. Объем финансирования за весь срок: 3 000 000 рублей.

2. Договор № 41/12 от 12.11.2012 «Исследование образцов, сохраненных после взрывного нагружения, и влияния термомеханической обработки на структурное состояние актинидных материалов» с ФГУП «РФЯЦ ВНИИТФ имени академика Е.И. Забабахина» в рамках госконтракта № Н.З.11.41.11.2025 от 07.02.2011 (рук. В.В. Сагарадзе, чл.-к. РАН). Сроки выполнения: 12.11.2013г – 25.11.2014г. Объем финансирования: 700 000 рублей.



3. Договор № 784-2012/9-12 от 21.03.2012 «Фрактографический анализ изломов образцов и исследование структурных изменений в сталях после коррозионно-механических испытаний с целью установления возможных механизмов протекания коррозионных процессов» с ФГУП ЦНИИ КМ «Прометей» в рамках госконтракта № 11411.1000400.09.005 от 02.12.2011 «Разработка технологий коррозионных испытаний конструкционных металлических материалов в агрессивных средах и под воздействием рабочих нагрузок для обеспечения максимальной работоспособности боевых кораблей» (рук. В.В. Сагарадзе, чл.-к. РАН). Сроки выполнения: 21.03.2012г.- 07.10.2015г. Объем финансирования: 12 000 000 рублей.

4. Договор № 44/12 от 15.11.2012 «Исследование влияния на развитие детерминированных возмущений фазовых превращений и особенностей сдвиговых и откольных повреждений в оболочках и шарах из нелегированного обедненного урана и его сплава с молибденом при взрывном нагружении в системах с  $R_{вв} = 40$  мм» с ФГУП «РФЯЦ-ВНИИТФ имени академика Е.И. Забабахина» в рамках госконтракта № Н.2з.11.41.11.2025 от 07.02.2011 (рук. А.В. Добромислов, д.ф.м.н.) Сроки выполнения: 15.11.2012г.- 25.02.2014г. Объем финансирования: 250 000 рублей.

5. Договор № 30/14 от 15.09.2014 «Исследование образцов, сохраненных после взрывного нагружения, и влияния термомеханической обработки на структурное состояние актинидных материалов» с ФГУП «РФЯЦ ВНИИТФ имени академика Е.И. Забабахина» в рамках госконтракта № Н.2з.11.41.11.2025 от 07.02.2011 (рук. В.В. Сагарадзе, чл.-к. РАН). Сроки выполнения: 15.09.2014г.- 18.12.2014г. Объем финансирования: 700 000 рублей.

6. Договор № 14/15 от 18.05.2015 «Исследование структуры образцов актинидных материалов, сохранённых после взрывного нагружения, и влияния на их свойства термомеханической обработки» с ФГУП «РФЯЦ – ВНИИТФ им. академ. Е.И. Забабахина» в рамках госконтракта с корпорацией «Росатом» № Н.2з.11.41.14.2107 от 26.02.2014 (руководитель – В.В. Сагарадзе, чл.-к. РАН) Сроки выполнения: 18.05.2015г.- 16.11.2015г. Объем финансирования: 700 000 рублей.

7. Договор № 15/15 от 16.07.2015 «Металлографический анализ структурных изменений в сохраненных образцах аустенитной стали и сплавов циркония» с ФГУП «РФЯЦ – ВНИИТФ им. академ. Е.И. Забабахина» в рамках госконтракта с корпорацией «Росатом» № Н.4х.44.90.13.111 от 16.05.2013 (руководитель – В.В. Сагарадзе, чл.-к. РАН). Сроки выполнения: 16.07.2015г.- 15.10.2015г. Объем финансирования: 400 000 рублей.

8. Договор № 34/15/320-5 от 18.08.2015 «Исследование характеристик ползучести, структурно-фазового состояния и теплофизических свойств перспективных конструкционных материалов в зависимости от их исходного состояния» с ОАО «ВНИИНМ имени академика А.А. Бочвара» в рамках госконтракта с корпорацией «Росатом» № Н.4х.44.90.13.1082 от 19.03.2013 (руководители: Б.Н. Гощицкий, чл.-к. РАН, и В.В. Сага-



радзе, чл.-к. РАН). Сроки выполнения 18.08.15г. - 31.12.15г. Объем финансирования: 4 800 000 рублей.

По федеральной целевой научно-технической программе «Ядерные энерготехнологии нового поколения на период 2010-2015 гг. и на перспективу до 2020 г.» проводили научно-исследовательские работы по двум договорам с ОАО «ВНИИНМ имени академика А.А. Бочвара».

1. Договор № 320-18 от 20.08.2013 «Исследование характеристик ползучести, структурно-фазового состояния и теплофизических свойств перспективных конструкционных материалов в зависимости от их исходного состояния» в рамках госконтракта № Н.4х.44.90.13.1082 от 19.03.2013 (руководители: Б.Н. Гощицкий, чл.-к. РАН, и В.В. Сагарадзе, чл.-к. РАН). Сроки выполнения: 20.08.13- 20.11.13 гг. Объем финансирования: 5 500 000 рублей.

2. Договор № 19/14/320-20 от 01.10.2014 «Исследование характеристик ползучести, структурно-фазового состояния и теплофизических свойств перспективных конструкционных материалов в зависимости от их исходного состояния» (руководители: Б.Н. Гощицкий, чл.-к. РАН, и В.В. Сагарадзе, чл.-к. РАН) Сроки выполнения: 25.09.14 - 15.11.14 гг. Объем финансирования: 5 500 000 рублей.

По федеральной целевой программе «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России на 2012-2020 годы» в 2013 году в институте проводили научно-исследовательские работы по Гранту № 8682 Минобрнауки Российской Федерации «Спин-зависящие эффекты в магнитных металлических наноструктурах» (рук. Е.А. Кравцов, к.ф.м.н.) Сроки: 2013 г. Объем финансирования: 424 000 рублей.

## **Внедренческий потенциал научной организации**

### **18. Наличие технологической инфраструктуры для прикладных исследований**

1. Участок синтеза наногетероструктур и выполнения научно-технологических работ по литографии оснащен следующим технологическим оборудованием:

- герметизационный модуль чистых производственных помещений;
- установка контактной литографии МJB4, содержащая микроскоп для прецизионного совмещения, набор объективов, систему компенсации выравнивания, механические и пневматические держатели;
- установка для выращивания кристаллов тугоплавких металлов, сверхвысоковакуумная установка «Катунь-С» для молекулярно-лучевой эпитаксии металлических сверхструктур;
- высоковакуумная магнетронная установка MPS-4000-С6 с камерой загрузки подложек с системой очистки поверхности, камерой для напыления тонких металлических и диэлектрических пленок, а также многослойных наноструктур на подложки диаметром до 100 мм; и др.



Разработана магнетронная технология изготовления наноструктур с рекордными величинами гигантского магнитосопротивления: магнитные металлические сверхрешетки с ГМС до 55 %, а также наноструктуры типа «спиновый клапан» с ГМС до 12 %. Полученные магнитные наноструктуры могут быть использованы отечественными предприятиями приборостроения, радиоэлектронной промышленности и ВПК для разработки инновационных изделий магнитоэлектроники гражданского и специального назначения. По своим функциональным характеристикам полученные наноструктуры спинтроники не уступают зарубежным аналогам.

2. Участок технологий обработки материалов с использованием высокого давления оснащен:

- экспериментальной установкой М-20, предназначенной для гидроэкструзии материалов, в том числе с подогревом;
- гидростатом для обработки материалов жидкостью высокого давления;
- оборудованием и экспериментальными методиками на базе 400-тонного и 1000-тонного гидравлических прессов, предназначенных для наноструктурирования массивных образцов с помощью интенсивной пластической деформации и проведения испытаний крупногабаритных (порядка 1 м) образцов.

Научно-практическая деятельность по разработке инновационных методик обработки различных материалов и получению новых функциональных материалов с высокими физико-механическими свойствами; установление связей с предприятиями с целью внедрения разработок лаборатории в промышленность.

Новые методики, созданные в 2013-2015 гг

- методика формирования листовой заготовки для штамповки изделий типа дисков (патент № 127333);
- способ осадки цилиндрических заготовок из хрупких и малопластичных материалов (патент № 2501624);
- методика повышения деформируемости заготовок из титана путем их предварительного наводораживания (заявка на патент РФ);
- методика гидроэкструзии при комнатной температуре малопластичных сплавов магния и алюминия с использованием саморазрушающейся оболочки (секрет производства ИФМ УрО РАН);
- способ поперечного выдавливания полосы из магния и магниевых сплавов (секрет производства ИФМ УрО РАН).

3. Технологический участок осаждения твердых алмазоподобных покрытий оснащен:

- установкой УВНИИПА-04 напыления твердых углеродных покрытий (1-3 мкм) методом импульсного дугового распыления графита;
- установкой для напыления металла и углерода Q 150T ES, предназначенная для приготовления металлизированных контактов у наноструктур;



- автоматизированный сканирующий зондовый микроскоп Solver NEXT, позволяющий получать распределение широкого спектра морфологических, механических, химических, электрических, магнитных и других характеристик поверхности объектов - для исследования характеристик поверхности покрытий;

- оригинальная установка для измерения износостойкости нанокompозитных покрытий в потоке твердых частиц на основе центробежного ускорителя, позволяющая задавать в широком диапазоне скорость частиц и угол атаки.

Методом одновременного дугового распыления титанового и импульсно-дугового распыления графитового катодов получены многослойные покрытия  $ta-C/(ta-C+TiC)$  с повышенной абразивной стойкостью. Эти покрытия, состоящие из слоев алмазоподобного углерода и слоев титана с углеродом, могут быть использованы для повышения ресурса работы металлообрабатывающего инструмента, узлов трения и различных механических устройств. Выбраны оптимальные режимы напыления биосовместимых трещиностойких покрытий на стоматологические имплантаты и ортопедические металлофиксаторы. Изготовлены опытные партии для испытаний. Режущий инструмент испытан в реальных условиях эксплуатации, медицинские изделия в условиях живого организма. По результатам работы получено 3 патента.

По договорам с Компанией «ЛГ Электроникс Инк.» были выполнены работы по изготовлению покрытий с алмазоподобной структурой на корпусах и стеклах смартфонов. Основной результат заключается в разработке технологии осаждения твердых (не менее 20 ГПа) с высокой прозрачностью (не менее 85% в видимом диапазоне волн 400-800нм) алмазоподобных покрытий. Было показано, что при используемом методе осаждения алмазоподобных покрытий (метод деструкции углеводородной плазмы) прозрачность покрытий достигает требуемых значений при толщине покрытия не более 100нм.

### **19. Перечень наиболее значимых разработок организации, которые были внедрены за период с 2013 по 2015 год**

Важнейшие разработки, выполненные и переданные по хозяйственным договорам:

1. Аппаратно-программная система СИМТЕСТ 2 для определения твердости термообработанной стали 32X06

Установлены корреляционные зависимости индукции коэрцитивного возврата и твердость стали 32X06 после вариаций температур закалки и отпуска. Модернизирована и подготовлена для передачи ОАО НПК «Уралвагонзавод им. Ф.Э. Дзержинского» аппаратно-программная система СИМТЕСТ 2 (лаборатории: комплексных методов контроля, магнитного структурного анализа).

2. Установка магнитной дефектоскопии сварного шва электросварных труб диаметром (219-530) мм

Впервые в мировой практике успешно внедрена в промышленности установка для автоматизированного контроля качества сварного шва и околошовной зоны толстостенных



(до 16 мм) прямошовных электросварных труб диаметром 219-530 мм. На Северском трубном заводе (трубоэлектросварочный стан ЗАО «ТМК-КПВ») выполнен сравнительный анализ выявляемости дефектов при контроле электросварных труб диаметром до 530 мм с помощью установки магнитной дефектоскопии УМД-121 (разработки ИФМ) и ультразвуковой установки компании «Krautkramer». Установка УМД-121 существенно дешевле. В процессе испытаний были получены одинаковые результаты (лаборатории: дефектоскопии, акустических методов).

3. Создание экспериментальных образцов высокочувствительных ГМС-сенсоров магнитного поля

Проведены экспериментальные работы по напылению многослойных тонкопленочных наноструктур для создания на их основе экспериментальных образцов высокочувствительных ГМС-сенсоров магнитного поля. Изготовлены и переданы «Научно-производственному комплексу «Технологический центр» МИЭТ» (Москва, Зеленоград) 25 пластин диаметром 100 мм со сформированными на них магнетронным напылением при найденных оптимальных условиях многослойными наноструктурами (лаб. электрических явлений).

4. Автоматизированный коэрцитиметр с отстройкой от зазора КИФМ-1Н.

Разработан, взамен предыдущих модификаций, новый коэрцитиметр для оценки механических свойств стальных изделий. По сравнению с предыдущими моделями прибор оснащен контроллером и интерфейсом для сбора, обработки и передачи информации. В приборе реализован оригинальный метод отстройки от влияния зазора на результаты измерений. Оснащение прибора первичным преобразователем большого сечения (20\*40 мм) позволило контролировать свойства поверхностных слоев изделий до глубин порядка 12 мм. Прибор внедрен на Кушвинском заводе прокатных валков (лаб. магнитного структурного анализа).

5. Оптимизация и передача в сферу производства технологий получения магниторезистивных наноструктур типа «спиновый клапан» и магнитных сенсорных элементов на их основе, пригодных для применения в измерительных системах и датчиковой аппаратуре

Разработана и оптимизирована магнетронная технология изготовления высокочувствительных спиновых клапанов на основе гигантского магниторезистивного (ГМР) эффекта. Определены допустимые технологические отклонения при использовании разработанной лабораторной технологии в промышленных условиях. Выявлены факторы, влияющие на гистерезисные характеристики спиновых клапанов. Исследованы температурная стабильность и влияние термомагнитной обработки на функциональные характеристики спиновых клапанов (на величину ГМР эффекта, магниторезистивную чувствительность и низкополевой магнитный гистерезис). Технология передана в НПО автоматики им. академика Н.А. Семихатова (лаб. электрических явлений).

6. Установка для магнитной дефектоскопии прямошовных электросварных труб диаметром (42,3-102) мм по всему периметру и толщине



Впервые разработан и изготовлен компактный, малогабаритный дефектоскопический комплекс, предназначенный для автоматизированного контроля качества прямошовных электросварных труб диаметром до 102 мм по всему объему в технологическом потоке их производства на трубоэлектросварочном стане ТЭСА 20-114 цеха ЛПЦ-8 ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат» (по специальному заказу ОАО «ММК»). Произведена замена морально устаревшей установки УМД-101 выпуска 2004 г. (разработка ИФМ УрО РАН), что позволило значительно снизить себестоимость выпускаемой продукции, поскольку ГОСТ 10705 допускает отмену гидроиспытаний, если имеется 100%-ный неразрушающий контроль, трубы по всему периметру. В настоящее время проводится накопление статистического материала, необходимого для метрологической аттестации комплекса. Промышленное внедрение установки проведено в 2015 году (лаборатории: дефектоскопии, углеродных наноматериалов).

#### 7. Установка для магнитного контроля насосно-компрессорных труб

Введена в промышленную эксплуатацию в ООО «Урай НПО-Сервис», г. Урай ОАО «Лукойл» (2013г.) компьютеризированная установка УМД-104М для магнитного контроля насосно-компрессорных труб (НКТ), бывших в эксплуатации. На основе анализа статистического материала по видам дефектов, встречающихся в НКТ, показана возможность проведения неразрушающего контроля с рабочим зазором датчик-труба, увеличенным до 7 мм. Такое увеличение зазора способствует значительному улучшению работы установки в условиях трубных баз нефтедобывающих компаний (отказы минимальные) (лаборатории: дефектоскопии, углеродных наноматериалов).

#### 8. Модернизированный прибор для измерения магнитной проницаемости аустенитных сталей (ИМПАС)

Разработан, взамен предыдущих модификаций, новый прибор для измерения магнитной проницаемости аустенитных сталей. По сравнению с предыдущими моделями прибор обладает более высокой чувствительностью (нижний порог измерения относительной магнитной проницаемости 1,001). Прибор внедрен на ОАО «УПП Вектор» (лаб. магнитного структурного анализа).

#### 9. Модернизированный прибор для контроля паяных соединений (ДПС-7)

Разработан взамен предыдущих модификаций новый прибор для контроля паяных соединений. Прибор ДПС-7 оснащен программным обеспечением для управления процессом измерения, сохранения информации и передачи ее на персональный компьютер. Получен патент РФ. Прибор внедрен на ООО «Электротяжмаш-Привод», г. Лысьва.

#### 10. Дефектоскопический комплекс для магнитной дефектоскопии прямошовных электросварных труб диаметром (42,3-102) мм по всему периметру и толщине стенки

Выполнены работы по промышленному внедрению компактного, малогабаритного дефектоскопического комплекса УМД-101МК, предназначенного для автоматизированного контроля качества прямошовных электросварных труб диаметром до 102 мм по всему объему в технологическом потоке их производства на трубоэлектросварочном



стане ТЭСА 20-114 цеха ЛПЦ-8 ОАО «Магнитогорский металлургический комбинат» (по специальному заказу ОАО «ММК»). В результате произведена замена морально устаревшей установки УМД-101 выпуска 2004 г. (разработка ИФМ УрО РАН), что позволило значительно снизить себестоимость выпускаемой продукции, поскольку ГОСТ 10705 допускает отмену гидроиспытаний, если имеется 100% неразрушающий контроль трубы по всему периметру. В настоящее время проводится накопление статистического материала, необходимого для метрологической аттестации комплекса. Промышленное внедрение установки проведено в 2015 г.

#### 11. Установка для магнитного контроля труб НКТ

Выполнена модернизация механической системы и введена в промышленную эксплуатацию (2015 г.) в ООО «Когалым НПО-Сервис» (г. Когалым) ОАО «Лукойл» компьютеризированная установка УМД-104М для магнитного контроля насосно-компрессорных труб, бывших в эксплуатации. В основе системы намагничивающие устройства, выполненные с применением армко-железа, а также магниторезистивные матричные преобразователи разработки ИФМ УрО РАН, работающие с увеличенным до 7 мм рабочим зазором датчик-труба, что способствует значительному повышению эффективности работы установки в условиях трубных баз нефтедобывающих компаний (отказы минимальные).

#### 12. Отработка условий автоматической сварки прочной стали в защитных газах

Исследовано влияние условий автоматической сварки прочной стали в защитных газах на качество и структуру сварного шва, изучены особенности одно- и двухдуговой сварки при различных вариантах разделки кромок (угла раскрытия кромок) на структуру, фазовый состав и свойства зоны термического влияния, а также аттестована структура, фазовый состав (включая примесные включения избыточных фаз) сварного шва и основной металлической матрицы свариваемых стальных плит. Показано, что применение автоматической сварки обеспечивает повышение производительности процесса, повышение однородности микроструктуры и уменьшение дефектности сварных соединений, совершенствование которых может быть достигнуто посредством многодуговой автоматической сварки в защитных газах. Даны рекомендации по применению режимов сварки. Работа выполнена для ООО «Шторм». (Разработка реализована на практике в 2015 г.).

#### 13. Аппаратно-программная система DIUS-1.15

Разработана мобильная универсальная аппаратно-программная система DIUS-1.15, предназначенная для реализации одно- и многопараметровых магнитных и вихретоковых методов диагностики состояния металлических изделий. В режиме магнитного контроля система позволяет с помощью локальных преобразователей измерять петли гистерезиса вещества и тела контролируемых объектов. В системе реализованы ранее разработанные и запатентованные способы отстройки от влияния состояния поверхности объектов контроля и возможных зазоров в измерительной цепи. Установлено, что в режиме вихретокового контроля возможно определение удельной электрической проводимости и наличия поверхностных дефектов в контролируемых объектах. Входящий в состав АПС DIUS-



1.15 малогабаритный персональный компьютер (ноутбук или планшет) позволяет полноценно выполнять обработку, запоминание и анализ полученной информации. По сравнению с зарубежными аналогами, АПС DIUS-1.15 отличается более низкой стоимостью, более широким кругом диагностируемых объектов и более высокой информативностью. (Разработка реализована на практике в 2015 г.).

Получены акты внедрения научно-технических результатов в практику:

1. Акт внедрения результатов по теме «Формирование субмикроструктурного состояния при термомеханической обработке низкоуглеродистых сталей и стальных композитов» на ФГУП ЦНИИ КМ «Прометей» от 09.10.2014.

2. Акт внедрения результатов по теме «Закономерности протекания фазовых и структурных превращений в низкоуглеродистых сталях и многослойных стальных композитах при термомеханической обработке» в Институте материаловедения и металлургии УрФУ от 06.10.2014.

3. Акт внедрения результатов по теме «Комплексные исследования структуры, свойств и термической стабильности объемных ультрамелкозернистых и наноструктурированных сплавов на основе меди, алюминия и титана» в ФГУП «РФЯЦ – ВНИИТФ им. академ. Е.И. Забабахина» от 31.10.2013.

4. Акт внедрения результатов по теме «Закономерности фазовых и структурных превращений в сплавах на основе железа и меди при интенсивных ударно-волновых и деформационных воздействиях» в МГТУ им. Н.Э. Баумана от 13.12.2013.

5. Акт внедрения результатов по теме «Процессы фрагментации, перемешивания и расплавления при формировании биметаллических соединений: титан – орторомбический алюминид титана и медь - тантал» в Институте материаловедения и металлургии УрФУ от 08.08.2013.

6. Акт приемки результатов работ по теме «Исследование свойств термообработанной стали 32X06, разработка и изготовление аппаратно-программной системы «СИМТЕСТ» для контроля качества термообработки прочностных свойств стальных изделий» на ОАО НПК «Уралвагонзавод» им. Ф.Э. Держинского от 17.12.2013.

Ниже приведен перечень наиболее значимых патентов:

1. Патент № 2582980, Винтовой имплантат для остеосинтеза шейки бедренной кости, Козлов В. А., Васильев В. Ю., Зверев Ф. Н., Волокитина Е. А. Дата приоритета: 11.03.2015, действует до 11.03.2018

2. Патент № 2406769, Способ изготовления аморфного магнитомягкого материала, Пудов В. И., Драгошанский Ю. Н., Филиппов Б. Н., Потапов А. П., Шулика В. В. Дата приоритета: 07.08.2014, действует до 07.08.2017

3. Патент № 2567736, Способ неразрушающего контроля качества пайки токоведущих соединений, Коган Л. Х., Ничипурук А. П. Розенфельд Е. В., Худяков Б. А. Зарегистрирован в Государственном реестре изобретений РФ 10.11.2015



4. Патент № 2571559, Способ изготовления внутрикостного стоматологического имплантата с углеродным нанопокрывтием, Рубштейн, А. П. Владимиров А. Б., Плотников С. А., Пушкарь С. С. Дата приоритета: 05.11.2014, действует до 05.11.2017

5. Патент № 2563077 «Способ изготовления фольги из магния» Каменецкий Б.И., Соколов А. Л., Волков А. Ю. Антонова О. В., Клюкин И. В. Дата приоритета: 29.07.2014, действует до 29.07.2017

6. Патент № 2572123 «Способ получения нанодисперсного ферромагнитного материала» Красильников В. Н., Гырдасова О. И., Дьячкова Т. В., Тютюник А. П., Марченков В. В. Дата приоритета: 25.03.2014, действует до 25.03.2017

7. Патент № 151211 «Резьбовой стержень для аппарата внешней фиксации при лечении повреждений задних отделов таза» Бердюгин К. А., Шлыков И. Л., Рунков А. В., Макарова Э. Б., Рубштейн А. П., Владимиров А. Б. Дата приоритета: 25.09.2014, действует до 25.09.2017

Кроме того, в 2013 году разработки сотрудников ИФМ УрО РАН были отмечены Дипломами Роспатента «100 лучших изобретений России»:

1. «Способ изготовления аморфного магнитного материала» (патент Российской Федерации № 2406769, авторы: В.И. Пудов, к.ф.м.н., Ю.Н. Драгошанский, д.ф.м.н., Б.Н. Филиппов, д.ф.м.н., А.П. Потапов, д.ф.м.н., В.В. Шулика, к.ф.м.н.);

2. «Способ изготовления биаксиально текстурированной подложки из бинарного сплава на основе никеля для эпитаксиального нанесения на нее буферного и высокотемпературного сверхпроводящего слоев для ленточных сверхпроводников» (патент Российской Федерации № 2451766, авторы: Д.П. Родионов, д.т.н., И.В. Гервасьева, д.ф.м.н., Ю.В. Хлебникова, к.т.н.).

## **ЭКСПЕРТНАЯ И ДОГОВОРНАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ОРГАНИЗАЦИИ**

### **Экспертная деятельность научных организаций**

#### **20. Подготовка нормативно-технических документов международного, межгосударственного и национального значения, в том числе стандартов, норм, правил, технических регламентов и иных регулирующих документов, утвержденных федеральными органами исполнительной власти, международными и межгосударственными органами**

Сотрудник института, Шлеенков А.С., является официальным представителем Института в ТК 357 Росстандарта РФ «Стальные и чугунные трубы и баллоны». (Адрес: 454139, Челябинск, ул. Новороссийская, 30, ОАО «РосНИТИ»). Шлеенков А.С. является официальным разработчиком ГОСТ Р 52079-2003 в части раздела «Неразрушающие методы контроля».



## **Выполнение научно-исследовательских работ и услуг в интересах других организаций**

### **21. Перечень наиболее значимых научно-исследовательских, опытно-конструкторских и технологических работ и услуг, выполненных по договорам за период с 2013 по 2015 год**

В период с 2013 по 2015 год в институте проводили работы по 151 договору с ответственными заказчиками. Работы с промышленными предприятиями включали разработку и поставку приборов и установок для неразрушающего контроля металлической продукции, совершенствование существующих и внедрение новых технологических процессов, использование современных методов анализа технических материалов. В этих же направлениях проводили работы с отраслевыми институтами.

Ниже приводятся наиболее значимые договоры, не вошедшие в списки п. 7 и п. 17 настоящей анкеты.

1. Изучение конструкционной прочности труб с дефектами КРН в условиях, максимально приближенных к трассовым. № 5/09 с ИМЕТ РАН им. А.А.Байкова. Сроки выполнения: 09.02.2009г. -31.10.2013г. Ответственный исполнитель: Сурков Ю.П. Лаборатория дефектоскопии.

2. Разработка компьютерной системы и нового программного обеспечения для обработки результатов магнитной дефектоскопии насосно-компрессорных труб, бывших в эксплуатации. № 17/13 с ООО "Сталл". Сроки выполнения: 13.05.2013г – 31.03.2014г. Ответственный исполнитель: Шлеенков А.С. Лаборатория дефектоскопии.

3. Разработка и изготовление вихретокового устройства ДПС-7, предназначенного для контроля пропаянности выводных концов стержней обмоток статора гидрогенераторов СВ 845/135-40 УХЛ; СВ 580/190024 ТВ4. № 16/14 с ООО "Электротяжмаш-Привод". Сроки выполнения: 29.05.2014 г. - 20.01.2015 г. Ответственный исполнитель: Коган Л.Х. Лаборатория магнитного структурного анализа.

4. Исследование эволюции структуры переходной зоны сварных соединений медь-титан, алюминий-тантал при интенсификации режима сварки. № 9/15 с ФГБОУ ВПО "Волгоградский государственный технический университет" Сроки выполнения: 30.03.2015 г.- 01.12.2015 г. Ответственный исполнитель: Гринберг Б.А. Лаборатория физики высоких давлений.

5. Коррозионные испытания под напряжением сталей 03X11N8M2Ф-ВД (ДИ52-ВД) и 02X11N10M2ДТЮФ-ИД (ЧС92-ИД). № 16/15 с ЗАО ""ТД Металлопрокат" Сроки выполнения: 10.04.2015 г. – 15.10.2015 г. Ответственный исполнитель: Макаров А.В. Лаборатория механических свойств.

6. Исследование структуры и механических свойств основного металла и сварных соединений высокопрочных сталей и алюминиевых сплавов, произведенных с применением



гидроабразивной резки, с целью разработки новой технологии изготовления сварных конструкций. № 27/15 АО Уральский завод транспортного машиностроения. Сроки выполнения: 20.05.2015г. – 30.10.2016г. Ответственный исполнитель: Табатчикова Т.И. Лаборатория физического металловедения.

7. Поставка ЗИП к установке УМД-104М для линии контроля НКТ в ООО "Когалым НПО-Сервис" и проведение регламентных работ. 26/15 ООО "СТАЛЛ" Сроки выполнения: 15.05.2015 г. – 01.09.2015 г. Ответственный исполнитель: Шлеенков А.С. Лаборатория дефектоскопии.

8. Напыление многослойных тонкопленочных наноструктур. 31/15 ФГБУ "НПК "Технологический центр МИЭТ". Сроки выполнения: 08.06.2015г. – 15.07.2015г. Ответственный исполнитель: Миляев М.А. Лаборатория электрических явлений.

9. Разработка метода нанесения алмазоподобного покрытия, имеющего прозрачность и твердость. Изготовление алмазоподобных покрытий на образцах, предоставляемых LGE. Тестирование и предоставление отчетности о соответствии техническим спецификациям. № 42/15 "ЛГ Электроникс Инк.". Сроки выполнения: 28.08.2015г. – 28.01.2016г. Ответственный исполнитель: Владимиров А.В. Лаборатория углеродных наноматериалов.

10. Разработка и изготовление аппаратно-програмной системы магнитной структурографии DIUS-1.15M. 47/15 Фонд Развития ТюмГНГУ. Сроки выполнения: 19.10.2015г.- 15.02.2016г. Ответственный исполнитель: Костин В.Н. Лаборатория комплексных методов и контроля.

**Другие показатели, свидетельствующие о лидирующем положении  
организации в соответствующем научном направлении  
(представляются по желанию организации в свободной форме)**

**22. Другие показатели, свидетельствующие о лидирующем положении организации  
в соответствующем научном направлении, а также информация, которую ор-  
ганизация хочет сообщить о себе дополнительно**

В соответствии со своим Уставом и Программой фундаментальных научных исследований государственных академий наук Институт ведет исследования по 5 научным направлениям. Все направления относятся к приоритетным направлениям развития науки, технологий и техники и соответствуют перечню критических технологий РФ.

По всем пяти научным направлениям (электронная структура и межэлектронные взаимодействия, магнетизм и магнитные материалы, физическое металловедение, радиационная физика твердого тела, физические основы диагностики сложных систем и изделий) ИФМ УрО РАН проводит исследования на мировом уровне и является лидером в России, а по первому из них – лидером в мировой науке. Цитируемость работ ведущих ученых ИФМ УрО РАН по этому направлению превышает 13 000 (за отчетный период - 3100).



Актуальность научных направлений Института одобрена Научно-координационным советом при Федеральном агентстве научных организаций (Протокол заседания НКС от 18 марта 2016 г.). Проект ИФМ УрО РАН «Магнетизм, спинтроника и технологии наноструктурирования металлических материалов» признан одним из актуальных направлений научно-технологического развития Российской Федерации. Ориентация исследований по магнетизму на изучение проблем наномагнетизма и спинтроники является устойчивой тенденцией современного развития мировой науки. Актуальность исследований в этом направлении определяется необходимостью наличия в России собственных передовых нанотехнологий как ключевого фактора суверенитета и безопасности государства. Подробнее ознакомиться с дорожной картой проекта, целями и задачами, ожидаемыми результатами реализации проекта и возможностями их практического использования в Российской Федерации можно ознакомиться на официальном сайте Института <http://www.imp.uran.ru/>

В ИФМ УрО РАН за 85-летнюю историю института сложились и действуют 8 признанных научных школ, которые получали поддержку грантами Президента РФ «Ведущие научные школы Российской Федерации». В частности, в период с 2013 по 2015 гг. по данной программе институт имел финансирование по гранту Президента Российской Федерации № НШ-1540.2014.2 «Электронная кинетика и спиновая динамика магнитных наноструктур. Спинтроника и нанотехнологии металлических, металлооксидных и органических материалов и систем» (руководитель В.В. Устинов, академик РАН).

В отчетном периоде институт организовал 10 международных и 8 российских конференций, в том числе 3 – молодежных, тематика которых охватывает все 5 научных направлений, по которым ведутся исследования. ИФМ является базовым по организации работы Научного совета РАН по радиационной физике твердого тела и секции «Неразрушающие физические методы контроля» Научного совета РАН по физике конденсированных сред. На базе ИФМ работают редколлегии основанных им академических журналов «Физика металлов и металловедение» и «Дефектоскопия», переиздаваемых на английском языке издательской группой «Pleiades Publishing» и распространяемых издательством «Springer». В период с 2013 по 2015 годы двое ученых награждены Медалью ордена «За заслуги перед Отечеством» II степени, Стипендию Президента Российской Федерации получали трое молодых ученых, двое стали Стипендиатами Национальной премии L'Oréal-UNESCO «Для женщин в науке», кроме того молодые ученые института были премированы Губернатором Свердловской области.

ИФМ УрО РАН активно участвует в фундаментальных и прикладных исследованиях, проводимых на конкурсной основе. Ежегодно в институте выполняются работы по грантам РФФИ (2013 г. – 59 (из них 11 молодежных); 2014 г. – 65 (из них 14 молодежных); 2015 г. – 59 (из них 13 молодежных)), грантам РНФ (2014 г. – 4 гранта; 2015 г. – 7). Наиболее значимые из них перечислены в п. 15 настоящей анкеты. В период 2013-2015 гг. институт принимал активное участие в выполнении конкурсных программ фундаментальных ис-



следований Президиума РАН (34 проект), Отделения физических наук РАН и Уральского отделения РАН (96 проектов). Исследовательская работа молодых ученых института была поддержана грантами Президента Российской Федерации:

МК-1048.2012.2 «Магнитопропускание и магнитоотражение электромагнитного излучения в нанодисперсных композитах и планарных структурах на основе магнитных полупроводников» (рук. А.В. Телегин, к.ф.м.н.)

МК-3443.2013.2 «Теоретическое исследование электронных и магнитных свойств низкоразмерных магнетиков» (рук. С.В. Стрельцов, к.ф.м.н.)

В отчетный период сотрудниками опубликовано 1 227 статей в рецензируемых журналах, 9 монографий, 12 коллективных монографий, 3 учебных пособия, в том числе 2 тома уникальной научно-образовательной серии «Физика конденсированных сред» для молодых ученых, аспирантов, магистров и студентов старших курсов по направлениям научных исследований, проводимых в институте. По итогам 2015 года (данные WoS): Индекс Хирша ИФМ УрО РАН - 71; проиндексировано публикаций - 9 361; всего цитат - 59 261; цитируемость на 1 статью - 6,3.

За отчетный период сотрудниками ИФМ было защищено 3 докторских и 23 кандидатских диссертаций.

В ИФМ совместно с Уральским федеральным университетом им. Б.Н. Ельцина (УрФУ) работает Научно-образовательный комплекс «Высшая академическая школа физики металлов УрФУ - ИФМ УрО РАН» в статусе совместного структурного подразделения УрФУ и ИФМ УрО РАН, включающий в себя 8 научно-образовательных центров (НОЦ), при этом ИФМ является базовым институтом для 4 институтов УрФУ. Институт имеет лицензию на право ведения образовательной деятельности по 6 специальностям.

Показатели Института по абсолютному большинству критериев превосходят средние показатели по референтной группе «Общая физика» публичного индикативного рейтинга научных организаций, подведомственных ФАНО России, по критерию публикационной активности исследователей за 2014 и 2015 годы.

ФИО руководителя В. В. Устинов

Подпись

Дата 22.05.2012

