

**ВУЗ: УРФУ****План проекта № 03 от 01.08.2016****01 Код предварительного предложения**

Код предварительного предложения	SP-2016-1-UrFU-03
----------------------------------	-------------------

**02 Инициаторы проекта****02.1 Наименование университета**

Наименование университета	Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»
---------------------------	--

**02.2 Стратегические академические единицы (далее САЕ) - инициаторы проекта**

САЕ
Школа естественных наук и математики

**03 Название, предметная область и тип проекта****03.1 Название проекта**

Название проекта	Перспективные магнитные материалы с многоуровневой иерархической структурой для новых технологий энергетики, электроники и спинтроники
------------------	--

**03.2 Ключевая идея (слоган) проекта**

Ключевая идея (слоган) проекта	Магнетизм - притяжение идей и технологий: от фундаментальной науки к созданию высоких нанотехнологий постоянных магнитов, магнитных сенсоров и магнитной памяти
--------------------------------	---

**03.3 Предметная область проекта****03.3.1 Предметная область проекта по классификации Scopus**

Предметная область
2503.Ceramics and Composites
2504.Electronic, Optical and Magnetic Materials
2506.Metals and Alloys
2508.Surfaces, Coatings and Films

**03.3.2 Предметная область проекта по предметным категориям Web of Science Core Collection**

Предметная область
Materials Science, Coatings & Films
Materials Science, Composites
Materials Science, Multidisciplinary
Nanoscience & Nanotechnology

**03.4 Тип проекта**

Приоритет	Тип проекта	Организация - партнер	Ссылка на код предварительного предложения партнера
01	Научно-исследовательский проект с привлечением к руководству ведущих иностранных и российских ученых и совместно с перспективными научными организациями	Институт физики металлов имени М.Н. Михеева Уральского отделения РАН	
04	Научно-исследовательский проект с привлечением к руководству ведущих иностранных и российских ученых, работающих в зарубежных университетах, входящих в TOP-100 одного из предметных (отраслевых) рейтингов ARWU, THE, QS	Университет Глазго (Великобритания)	
04	Научно-исследовательский проект с привлечением к руководству ведущих иностранных и российских ученых, работающих в зарубежных университетах, входящих в TOP-100 одного из предметных (отраслевых) рейтингов ARWU, THE, QS	Университет Токио (Япония)	
04	Научно-исследовательский проект с привлечением к руководству ведущих иностранных и российских ученых, работающих в зарубежных университетах, входящих в TOP-100 одного из предметных (отраслевых) рейтингов ARWU, THE, QS	Университет Дарема (Великобритания)	
01	Научно-исследовательский проект с привлечением к руководству ведущих иностранных и российских ученых и совместно с перспективными научными организациями	Открытый университет Японии (Япония)	
01	Научно-исследовательский проект с привлечением к руководству ведущих иностранных и российских ученых и совместно с перспективными научными организациями	Институт физики конденсированного состояния и материаловедения Дрездена (Германия)	
01	Научно-исследовательский проект с привлечением к руководству ведущих иностранных и российских ученых и совместно с перспективными научными организациями	Испанский национальный совет по научным исследованиям (Испания)	
01	Научно-исследовательский проект с привлечением к руководству ведущих иностранных и российских ученых и совместно с перспективными научными организациями	Исследовательская лаборатория SPINTEC (Франция)	
02	Научно-исследовательский проект совместно с российскими и международными высокотехнологичными организациями	АО "Научно-производственное объединение автоматик" (Россия)	
03	Научно-исследовательский с привлечением к руководству ведущих иностранных и российских ученых и совместно с ведущими университетами Российской Федерации - участниками программы повышения конкурентоспособности вузов среди ведущих мировых научно-образовательных центров	Сибирский федеральный университет	
03	Научно-исследовательский с привлечением к руководству ведущих иностранных и российских ученых и совместно с ведущими университетами Российской Федерации - участниками программы повышения конкурентоспособности вузов среди ведущих мировых научно-образовательных центров	Балтийский федеральный университет имени Иммануила Канта	
02	Научно-исследовательский проект совместно с российскими и международными высокотехнологичными организациями	Федеральное государственное унитарное предприятие "Уральский электромашиностроительный завод"	

**03.5 Глобальная научно-технологическая задача (вызов) на решение которой ориентирован проект**

Глобальная научно-технологическая задача (вызов) на решение которой ориентирован проект	Разработка передовых технологий получения новых функциональных магнитных материалов с управляемой многоуровневой структурой, обладающих широким комплексом физических свойств, наличие которых предопределяет возможность реализации прорывных решений в развитии ключевых областей мирового научно-технического прогресса: энергетики, включая ее важнейшую компоненту – электроэнергетику, и электроники, включая ее новейшую ветвь – спинтронику, а также современной элементной базы информатики.
---	---

**03.6 Ключевые слова проекта**

Ключевое слово
магнетизм
спиновые и магнитные структуры
обменное взаимодействие
магнитная анизотропия
магнитострикция
магнитотвердые и магнитомягкие материалы
магниторезистивные материалы
магнитокалорические материалы
магнитострикционные материалы

материалы спинтроники
хиральные магнетики
мультиферроики
магнитная сенсорика
наноспинтроника
наноструктуры
наночастицы
нанокомпозиты
гигантское магнитосопротивление
гигантский магнитный импеданс
туннельное магнитосопротивление
магнитная память

### 03.7 Связь проекта с приоритетными направлениями развития науки, технологий и техники в Российской Федерации

<b>Приоритетные направления развития</b>
Индустрия наносистем
Информационно-телекоммуникационные системы
Энергоэффективность, энергосбережение, ядерная энергетика

### 03.8 Связь проекта с перечнем критических технологий Российской Федерации

<b>Строка</b>
Нано-, био-, информационные, когнитивные технологии
Технологии наноприборов и микросистемной техники
Технологии получения и обработки функциональных наноматериалов

### 04 Сроки реализации проекта

Предполагаемая дата начала проекта (квартал.гггг)	1.2017
Предполагаемая дата окончания проекта (квартал.гггг)	4.2021
Общий срок реализации проекта (мес.)	60

### 05 Общий объем финансирования за все время проекта

№	Финансовые средства	(млн. руб.)	(%)
1	Субсидия проекта повышения конкурентоспособности вузов (за все время проекта) (млн.руб)	400,000	57,97
2	Софинансирование проекта университетом (за все время проекта) (млн.руб)	260,000	37,68
3	Софинансирование проекта партнерами (за все время проекта) (млн.руб)	30,000	4,35
Итого:		690,000	100,00

### 06 Научный руководитель проекта

Фамилия	Устинов
Имя	Владимир
Отчество	Васильевич
Год рождения	1949
ID Scopus	7201607964
Ученая степень	Доктор наук
Ученое звание	Профессор
Индекс Хирша	16
Трудовые отношения сотрудника с университетом	Совместительство
E-mail	ustinov@imp.uran.ru
Телефон	+73433740230

### 07 Научное содержание проекта

#### 07.1 Цель, задачи и ожидаемый результат проекта

№	Цель	Задача	Ожидаемый результат	Комментарий
1	Создание национального научно-технического центра с мировым уровнем компетенций в области магнетизма и функциональных магнитных материалов, реализация на его основе крупных ориентированных проектов по прорывным направлениям в энергетике, электронике и спинтронике.	Разработка материалов спинтроники на основе хиральных магнитных структур	Методики синтеза, получение и структурная аттестация многослойных наноструктур с регулируемой магнитной структурой.	Содержание работ: синтез многослойных плёнок с неколлинеарной магнитной структурой; получение латерально-ограниченных микрообъектов магнетиков с хиральным магнитным порядком методом литографии; изучение квантовых электронных состояний и механизмов формирования спиновых токов; обобщение концепции оптической хиральности на случай хиральных гелимагнетиков; исследование магнитных/магнитоакустических резонансных свойств и особенностей вихревой динамики тонких пленок хирального гелимагнетика CrNb <sub>3</sub> S <sub>6</sub> .
2	Создание национального научно-технического центра с мировым уровнем компетенций в области магнетизма и функциональных магнитных материалов, реализация на его основе крупных ориентированных проектов по прорывным направлениям в энергетике, электронике и спинтронике.	Разработка материалов спинтроники на основе хиральных магнитных структур	Результаты теоретического анализа оптической хиральности.	Содержание работ: синтез многослойных плёнок с неколлинеарной магнитной структурой; получение латерально-ограниченных микрообъектов магнетиков с хиральным магнитным порядком методом литографии; изучение квантовых электронных состояний и механизмов формирования спиновых токов; обобщение концепции оптической хиральности на случай хиральных гелимагнетиков; исследование магнитных/магнитоакустических резонансных свойств и особенностей вихревой динамики тонких пленок хирального гелимагнетика CrNb <sub>3</sub> S <sub>6</sub> .
3	Создание национального научно-технического центра с мировым уровнем компетенций в области магнетизма и функциональных магнитных материалов, реализация на его основе крупных ориентированных проектов по прорывным направлениям в энергетике, электронике и спинтронике.	Разработка материалов спинтроники на основе хиральных магнитных структур	Температурные зависимости физических свойств многослойных наноструктур.	Содержание работ: синтез многослойных плёнок с неколлинеарной магнитной структурой; получение латерально-ограниченных микрообъектов магнетиков с хиральным магнитным порядком методом литографии; изучение квантовых электронных состояний и механизмов формирования спиновых токов; обобщение концепции оптической хиральности на случай хиральных гелимагнетиков; исследование магнитных/магнитоакустических резонансных свойств и особенностей вихревой динамики тонких пленок хирального гелимагнетика CrNb <sub>3</sub> S <sub>6</sub> .
4	Создание национального научно-технического центра с мировым уровнем компетенций в области магнетизма и функциональных магнитных материалов, реализация на его основе крупных ориентированных проектов по прорывным направлениям в энергетике, электронике и спинтронике.	Разработка материалов спинтроники на основе хиральных магнитных структур	Основные положения теорий спиновой и релаксационной динамики в гелимагнетиках.	Содержание работ: синтез многослойных плёнок с неколлинеарной магнитной структурой; получение латерально-ограниченных микрообъектов магнетиков с хиральным магнитным порядком методом литографии; изучение квантовых электронных состояний и механизмов формирования спиновых токов; обобщение концепции оптической хиральности на случай хиральных гелимагнетиков; исследование магнитных/магнитоакустических резонансных свойств и особенностей вихревой динамики тонких пленок хирального гелимагнетика CrNb <sub>3</sub> S <sub>6</sub> .
5	Создание национального научно-технического центра с мировым уровнем компетенций в области магнетизма и функциональных магнитных материалов, реализация на его основе крупных ориентированных проектов по прорывным направлениям в энергетике, электронике и спинтронике.	Разработка материалов спинтроники на основе хиральных магнитных структур	Магнитооптические свойства обменно-связанных сверхрешёток.	Содержание работ: синтез многослойных плёнок с неколлинеарной магнитной структурой; получение латерально-ограниченных микрообъектов магнетиков с хиральным магнитным порядком методом литографии; изучение квантовых электронных состояний и механизмов формирования спиновых токов; обобщение концепции оптической хиральности на случай хиральных гелимагнетиков; исследование магнитных/магнитоакустических резонансных свойств и особенностей вихревой динамики тонких пленок хирального гелимагнетика CrNb <sub>3</sub> S <sub>6</sub> .
5				



21	Создание национального научно-технического центра с мировым уровнем компетенций в области магнетизма и функциональных магнитных материалов, реализация на его основе крупных ориентированных проектов по прорывным направлениям в энергетике, электронике и спинтронике.	Разработка сенсорных материалов на основе плёночных магнитных наноструктур.	Результаты исследования свойств магнитоупругих наноструктур с туннельным магнитосопротивлением.	Типы разрабатываемых материалов: среды и прототипы магнитоупругих сенсоров на эффектах гигантского и туннельного магнитосопротивления; среды для термочувствительных сенсоров на основе ферромагнитных структур; среды и прототипы магнитоимпедансных сенсоров на гибких подложках; среды и прототипы сенсоров упругой деформации на основе эластомагнитоэлектрического эффекта; среды и прототипы сенсоров на основе композиционных мультиферроиков.
22	Создание национального научно-технического центра с мировым уровнем компетенций в области магнетизма и функциональных магнитных материалов, реализация на его основе крупных ориентированных проектов по прорывным направлениям в энергетике, электронике и спинтронике.	Разработка сенсорных материалов на основе плёночных магнитных наноструктур.	Результаты исследования динамических магнитных и резистивных свойств плёночных наноструктур на полимерных подложках.	Типы разрабатываемых материалов: среды и прототипы магнитоупругих сенсоров на эффектах гигантского и туннельного магнитосопротивления; среды для термочувствительных сенсоров на основе ферромагнитных структур; среды и прототипы магнитоимпедансных сенсоров на гибких подложках; среды и прототипы сенсоров упругой деформации на основе эластомагнитоэлектрического эффекта; среды и прототипы сенсоров на основе композиционных мультиферроиков.
23	Создание национального научно-технического центра с мировым уровнем компетенций в области магнетизма и функциональных магнитных материалов, реализация на его основе крупных ориентированных проектов по прорывным направлениям в энергетике, электронике и спинтронике.	Разработка сенсорных материалов на основе плёночных магнитных наноструктур.	Методики применения литографического метода для изготовления планарных микрообъектов из магнитоупругих наноструктур различного типа.	Типы разрабатываемых материалов: среды и прототипы магнитоупругих сенсоров на эффектах гигантского и туннельного магнитосопротивления; среды для термочувствительных сенсоров на основе ферромагнитных структур; среды и прототипы магнитоимпедансных сенсоров на гибких подложках; среды и прототипы сенсоров упругой деформации на основе эластомагнитоэлектрического эффекта; среды и прототипы сенсоров на основе композиционных мультиферроиков.
24	Создание национального научно-технического центра с мировым уровнем компетенций в области магнетизма и функциональных магнитных материалов, реализация на его основе крупных ориентированных проектов по прорывным направлениям в энергетике, электронике и спинтронике.	Разработка сенсорных материалов на основе плёночных магнитных наноструктур.	Методы получения и результаты исследования композиционных слоистых плёнок с магнитоэлектрическим эффектом.	Типы разрабатываемых материалов: среды и прототипы магнитоупругих сенсоров на эффектах гигантского и туннельного магнитосопротивления; среды для термочувствительных сенсоров на основе ферромагнитных структур; среды и прототипы магнитоимпедансных сенсоров на гибких подложках; среды и прототипы сенсоров упругой деформации на основе эластомагнитоэлектрического эффекта; среды и прототипы сенсоров на основе композиционных мультиферроиков.
4	Создание национального научно-технического центра с мировым уровнем компетенций в области магнетизма и функциональных магнитных материалов, реализация на его основе крупных ориентированных проектов по прорывным направлениям в энергетике, электронике и спинтронике.	Разработка функциональных композитных материалов на основе магнитных микро- и наночастиц.	Методы синтеза микро- и наночастиц различных магнитных материалов.	Содержание работ: синтез, тестирование, и исследование магнитных гелей с нано-микроразмерными частицами для механических и биомедицинских приложений; исследование взаимодействия магнитно-анизотропных частиц с биологическими объектами при наличии переменного магнитного поля с целью развития методов терапии онкологических заболеваний.
26	Создание национального научно-технического центра с мировым уровнем компетенций в области магнетизма и функциональных магнитных материалов, реализация на его основе крупных ориентированных проектов по прорывным направлениям в энергетике, электронике и спинтронике.	Разработка функциональных композитных материалов на основе магнитных микро- и наночастиц.	Результаты теоретического и экспериментального исследования закономерностей выделения тепла анизотропными магнитными наночастицами в биологических средах.	Содержание работ: синтез, тестирование, и исследование магнитных гелей с нано-микроразмерными частицами для механических и биомедицинских приложений; исследование взаимодействия магнитно-анизотропных частиц с биологическими объектами при наличии переменного магнитного поля с целью развития методов терапии онкологических заболеваний.
27	Создание национального научно-технического центра с мировым уровнем компетенций в области магнетизма и функциональных магнитных материалов, реализация на его основе крупных ориентированных проектов по прорывным направлениям в энергетике, электронике и спинтронике.	Разработка функциональных композитных материалов на основе магнитных микро- и наночастиц.	Результаты исследования магнитных и механических свойств магнитоупругих гелей.	Содержание работ: синтез, тестирование, и исследование магнитных гелей с нано-микроразмерными частицами для механических и биомедицинских приложений; исследование взаимодействия магнитно-анизотропных частиц с биологическими объектами при наличии переменного магнитного поля с целью развития методов терапии онкологических заболеваний.
28	Создание национального научно-технического центра с мировым уровнем компетенций в области магнетизма и функциональных магнитных материалов, реализация на его основе крупных ориентированных проектов по прорывным направлениям в энергетике, электронике и спинтронике.	Разработка функциональных композитных материалов на основе магнитных микро- и наночастиц.	Научные основы методик использования магнитных частиц для терапии онкологических заболеваний.	Содержание работ: синтез, тестирование, и исследование магнитных гелей с нано-микроразмерными частицами для механических и биомедицинских приложений; исследование взаимодействия магнитно-анизотропных частиц с биологическими объектами при наличии переменного магнитного поля с целью развития методов терапии онкологических заболеваний.

### 07.2 Описание проекта

Описание проекта	<p>Проект ориентирован на создание физических основ технологий получения перспективных магнитных материалов и элементов, которые востребованы в высокотехнологичных отраслях экономики и носит комплексный характер. Он включает наиболее актуальные направления материалообразования магнитных сред и соответствует общемировым тенденциям развития данной сферы на расширение спектра функциональных свойств материалов и изделий из них, применение нанотехнологий и композиционных технологий, комбинированное использование фундаментальных свойств носителей магнитного момента. Это определяет общность стратегии и объединяет физико-технологические подходы к решению исследовательских задач по четырём основным направлениям.</p> <p>Создание функциональных магнитных наноструктур на основе хиральных гелимагнетиков. Будет проведён поиск подходов, позволяющих получать гелимагнитные наноструктуры с эффектами гигантского и туннельного магнитосопротивления, исследовать и оптимизировать их свойства. Прямое использование нелинейного магнитного порядка в таких структурах перспективно для создания высокочувствительных сенсоров и энергозависимой оперативной магнитной памяти MRAM. Будут рассмотрены физические проблемы и аспекты практического использования хиральных структур в микроволновом и оптическом диапазонах электромагнитного излучения, а также разработаны основы магнитоакустики гелимагнетиков.</p> <p>Создание магнитных материалов для электротехнических устройств, с расширенным температурным диапазоном эксплуатации. Будут разработаны композиции и технологии получения магнитотвёрдых и магнитомягких материалов, обладающих стабильностью свойств при повышенных температурах. Они перспективны для внутренних генераторов самолетов, систем мотор-колеса для гибридных автомобилей и электромобилей, ячеек Фарадея и других магнитных систем управления высокоэнергетическими пучками. Будут получены эффективные магнитокалорические материалы, решающие задачу отвода тепла от мощных энергетических систем.</p> <p>Создание многофункциональных магнитогетерогенных плёночных сред. В их число входят: магнитоупругие микроэлементы варьируемого дизайна и магнитоэлектрические среды на основе естественных и синтетических антиферромагнетиков; термочувствительные магнитные вентили на основе ферромагнитного аморфного сплава Gd-Co; плёнки с магнитоэлектрическим эффектом, содержащие полимерные и металлические элементы; магнитоимпедансные сенсоры на гибких подложках, адаптированные для детектирования магнитных наночастиц; среды для детектирования механических деформаций.</p> <p>Создание магнито-полимерных композитных материалов. Экспериментально и теоретически будут исследованы: особенности формирования упорядоченных структур и фазовых переходов в ансамблях магнитных частиц; процессы механического и термического воздействия наночастиц на биологические объекты (культуры клеток, ткани); магнитные, механические и магнитомеханические свойства магнитных композитов на основе магнитных частиц и полимерных гелей. В композитах будут использованы магнитные порошки материалов с широким набором магнитных свойств.</p>
------------------	--

### 07.3 Подходы к реализации проекта

Подходы к реализации проекта	<p>Комплексный характер проекта предопределяет наличие широкого круга научных подходов и технологий, которые будут использованы при реализации проекта. Среди них: 1) создание хиральной симметрии в слоистых наноструктурах, путём включения в их состав слоёв из 3-d металлов и редкоземельных магнетиков со спиральной магнитной структурой; симметричный анализ уравнений Максвелла с учетом материальных уравнений среды при исследовании оптической хиральности в хиральных магнетиках; анализ динамики магнитного момента и вихревых магнитных неоднородностей в тонких плёнках типа CrNb<sub>3</sub>S<sub>6</sub>; решение задачи распространения акустических волн в среде с пространственно-неоднородным магнитным упорядочением;</p> <p>2) вариация составов и условий термической обработки дисперсионно-твёрдых сплавов Sn(Co,Cu,Zr)<sub>7</sub>3 и сплавов типа (Sm,Zr)(Fe,Co)-Ti со структурой ThMn12 для высокотемпературных постоянных магнитов; поиск способов снижения магнитного гистерезиса в композиционных магнитомягких материалах на основе Fe и обменно-связанных нанокристаллических магнитомягких сплавах типа Fe-Co-B-Cu с добавками тугоплавких металлов (Hf, W, Mo, Zr, Nb) для высокотемпературных приложений; варьирование составов сплавов на основе фазы Лаваса MgCu<sub>2</sub> для высокотемпературных приложений магнитокалорических материалов;</p> <p>3) получение методом магнетронного распыления магнитных металлических сверхрешеток, спиновых клапанов, спин-туннельных и других магнитогетерогенных функциональных плёночных сред с прецизионно регулируемыми структурными параметрами; толщинная оптимизация магнитоэлектрических свойств наноструктур; использование ферромагнитных слоистых составляющих типа системы Gd-Co с сильными температурными зависимостями намагниченности и коэрцитивной силы для термочувствительных спиновых клапанов; применение гибких подложек для повышения функциональности плёночных магнитоимпедансных сенсоров; комбинирование методов магнетронного распыления и центрифугирования для получения композиционных полимер/металл с магнитоэлектрическим эффектом; использование эффекта анизотропии магнитосопротивления для регистрации упругой деформации;</p> <p>4) использование в качестве магнитного наполнителя композитных гелей магнитомягких микропорошков магнетита, суперпарамагнитных нанопорошков магнетита, магнитотвёрдых микропорошков на основе кобальтового феррита и порошков упорядоченного сплава на основе Fe-Pd; синтез гелей для магнитоупругих композитов и суспензий наночастиц, ориентированных на использование как в медико-биологических приложениях, так и в механических устройствах и датчиках; проведение биологических экспериментов с использованием магнитных наночастиц на культурах раковых и нервных клеток; применение для теоретического анализа свойств композитов микромеханики магнитных нано-и микроразмерных частиц, современных методов статистической физики, а также методов компьютерного моделирования.</p> <p>Для выполнения проекта будет использовано современное технологическое и исследовательское оборудование центров коллективного пользования УрФУ и ИФМ УрО РАН.</p>
------------------------------	--

### 07.4 Обоснование необходимости привлечения партнеров и кооперации с ними

--	--

Обоснование необходимости привлечения партнеров и кооперации с ними	<p>Важным организационным принципом реализации данного проекта является широкая научно-техническая кооперация. Генеральным партнером Уральского федерального университета (УрФУ) при решении задач проекта является Институт физики металлов УрО РАН (ИФМ). Это крупнейший академический институт Уральского региона, обладающий высококвалифицированными кадрами, современным исследовательским оборудованием и ведущий активные исследования в сфере магнетизма и магнитных материалов. Между УрФУ и ИФМ существуют устойчивые взаимовыгодные связи, которые включают: участие ведущих учёных ИФМ в подготовке студентов по направлению «Физика» со специализацией в области физики магнитных явлений; использование площадки ИФМ как базы для научной работы студентов и выполнения ими квалификационных работ; приоритетное оказание взаимных измерительных услуг через центры коллективного пользования; совместное выполнение больших научно-технических проектов. Крупным шагом на пути укрепления разностороннего сотрудничества УрФУ и ИФМ явилось создание в июле 2016 г. совместной Лаборатории магнетизма и магнитных наноструктур под руководством академика В.В. Устинова, директора ИФМ. Планируется, что в рамках данной лаборатории будут реализовываться единые планы научной работы и подготовки высококвалифицированных научных кадров, и в том числе будут решаться исследовательские задачи, поставленные в данном проекте.</p> <p>Представленный проект носит характер ориентированного научного исследования и предполагает получение прототипов магнитных материалов различного типа, испытание и оценку технико-экономических перспектив которых целесообразно проводить в условиях реального высокотехнологического производства. В этой связи к выполнению проекта привлекаются ведущие предприятия Уральского региона АО «НПО Автоматики» и ФГУП «Уральский электромашиностроительный завод». Между указанными предприятиями и УрФУ существуют тесные научно-технические связи, в рамках которых был выполнен ряд разработок, принятых к производству. Данный проект открывает путь к кардинальному расширению сотрудничества вузовско-академической науки и производства. В число партнеров, привлекаемых для выполнения проекта, также входят ВУЗы, участвующие в Программе «5-100»: Балтийский федеральный университет имени Иммануила Канта и Сибирский Федеральный университет. Между УрФУ и указанными университетами существуют устойчивые связи по подготовке специалистов и проведению совместных исследований в области магнитных материалов, в том числе в рамках договоров о сотрудничестве. Их участие в проекте послужит эффективным стимулом для наращивания этой деятельности.</p> <p>Среди партнеров по проекту важная роль отводится учёным ряда ведущих мировых центров по магнетизму и магнитным материалам, к которым относятся Durham University, University of Tokio, Grenoble Alpes University, University of Glasgow, Open University of Japan, Institute of Materials Science of Madrid, Leibniz Institute for Solid State and Materials Research. Таким образом, предопределяется современный мировой уровень в постановке и путях решения задач проекта.</p>
---	---

#### 07.5 Имеющийся у университета опыт, научно-исследовательские и технологические наработки (заделы)

Имеющийся у университета опыт, научно-исследовательские и технологические наработки (заделы)	<p>Уральский федеральный университет (до 2011 г. Уральский государственный университет) имеет богатый опыт проведения научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ в области магнетизма и магнитных наноматериалов. В его основе лежат традиции Уральской школы магнитологов, которые в настоящее время культивируются в специализированных подразделениях УрФУ, к которым относятся кафедра магнетизма и магнитных наноматериалов и отдел магнетизма твёрдых тел, а также на кафедрах физики конденсированного состояния, теоретической физики и математической физики. В коллективах этих подразделений опыт старшего поколения, представленного 10 докторами наук, успешно сочетается с динамизмом молодых учёных (более 10 молодых кандидатов наук) и аспирантов (более 20 человек). В распоряжении исполнителей проекта находится современное технологическое, аналитическое и специализированное исследовательское оборудование, локализованное в центрах коллективного пользования УрФУ «Современные нанотехнологии» (<a href="http://nanocenter.urfu.ru">http://nanocenter.urfu.ru</a>) и Института физики металлов УрО РАН «Испытательный центр нанотехнологий и перспективных материалов» (<a href="http://imp.uran.ru">http://imp.uran.ru</a>). За последние 3 года коллектив, представляющий данный проект, выполнил и продолжает выполнять 5 бюджетных научных тем, более 10 проектов по грантам РФФИ, крупные проекты в рамках постановления Правительства РФ №218 на тему: "Создание высокотехнологического производства датчиковой аппаратуры и измерительных систем на основе магнитоувствительных наноструктур и электронного парамагнитного резонанса" и в рамках ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2014—2020 годы» на тему: «Разработка базовой линейки отечественных интеллектуальных сенсоров давления с целью импортозамещения при построении высокотехнологических систем управления и автоматизации». Ряд указанных работ выполнен при участии Института физики металлов УрО РАН – генерального партнёра по данному проекту. Именно тесное сотрудничество коллективов УрФУ и ИФМ в решении исследовательских задач в области материаловедения магнитных материалов является основным конкурентным преимуществом данного проекта и залогом успешного решения поставленных в нём задач.</p>
--	--

#### 07.6 Достижение глобального лидерства (превосходства), как один из результатов реализации проекта

Достижение глобального лидерства (превосходства), как один из результатов реализации проекта	<p>Объединение в одном проекте теоретических, экспериментальных, технологических задач и опытно-конструкторских работ, охватывающих широкий круг современных магнитных материалов, представляющих интерес как для фундаментальных исследований, так и практических приложений, указывает на возможность достижения совместными усилиями УрФУ и ИФМ УрО РАН лидерства в России и выхода на мировой уровень по направлению «Магнетизм» и по разработке перспективных магнитных материалов. Отдельные типы ГМР наноструктур и магнитоувствительных сред на основе аннизотропии магнитосопротивления, полученных исполнителями, в настоящее время уже используются на двух высокотехнологических предприятиях РФ для создания новых сенсорных устройств. В разработке перспективных функциональных материалов участвует Институт материаловедения г. Мадрида в лице профессора Мануэля Базкеа, которой одновременно является научным руководителем лаборатории магнитной сенсорики УрФУ. Работы в области физики и технических перспектив телимагнетиков ведутся в тесном сотрудничестве с учеными университетами Японии и Великобритании, Португалии, входящих в число лидеров мировых рейтингов. Разработки в сфере постоянных магнитов и нанокристаллических магнитных материалов востребованы промышленными предприятиями г. Екатеринбург. Всё это указывает на высокий стартовый уровень проекта. Развитие начатых исследований и расширение круга перспективных задач в области физики и техники магнитных материалов, предусмотренные данным проектом, представляют собой реальную основу для выхода на мировой научно-технический уровень в выбранной отрасли.</p>
--	--

#### 08 Актуальность и новизна проекта.

##### 08.1 Значимость, востребованность и научная новизна проекта

Значимость, востребованность и научная новизна проекта	<p>Магнитные среды относятся к числу материалов с уникальными полифункциональными применениями практически во всех высокотехнологичных областях современной экономики. Многообразие физических взаимодействий в магнетиках – обменных и магнитоэлектрических, спин-спиновых и спин-орбитальных – предопределяют сложную многоуровневую структуру магнитных материалов, включая элементы атомного масштаба, наноструктурные, микромагнитные, мезоскопические и макромагнитные субструктуры и объекты. Всё это определяет безусловную востребованность исследований иерархически-сложных магнитных структур и высокую актуальность проекта «Перспективные магнитные материалы с многоуровневой иерархической структурой для новых технологий энергетики, электроники и спинтроники». Разработка новых материалов с многоуровневой структурой, в том числе магнитных материалов, является общемировой тенденцией. Наглядными примерами тому являются проект «MultiScale Materials Science for Energy and Environment», объединяющий ведущие исследовательские организации Франции (CNRS) и США (MIT) или проект «Center for Hierarchical Materials Design», реализуемый Национальным институтом стандартов и технологий США (NIST) с участием ведущих национальных университетов. Исследования и разработки по предлагаемому проекту напрямую отражают глобальную научную повестку, являясь составной частью научно-технического направления «Разработка новых продвинутых функциональных материалов», а также косвенным образом способствуют решению научно-технических задач, стоящих в рамках направлений «Разработка новых технологий в сфере современного производства», «Развитие и удешевление робототехники и автономного транспорта», «Развитие спутниковых и воздушнокосмических систем», «Разработка интеллектуальных систем обработки информации и работы со сверхбольшими массивами данных», «Персональная медицина и биодатчики». Данный проект предполагает исследования по четырём конкретным направлениям современного материаловедения магнитных материалов: материалы спинтроники на основе хиральных магнитных структур; магнитные материалы для электротехнических устройств, с расширенным температурным диапазоном эксплуатации; многофункциональные магнитогетерогенные плёночные среды для магнитноэлектроники; магнито-полимерные композитные материалы. По каждому из них коллектив исполнителей обладает высокими компетенциями, мировой уровень которых апробирован в сотрудничестве с ведущими зарубежными магнитологами. Отличительными чертами данных исследований является комплексный характер, реализуемый в тесной взаимосвязи экспериментальной и теоретической составляющих, широкая кооперация с российскими и зарубежными учёными, ориентация на высокотехнологичное производство.</p>
--	---

##### 08.2 Значимость и востребованность проекта в технологиях.

Значимость и востребованность проекта в технологиях.	<p>Современное состояние отрасли магнитных материалов характеризуется существенным расширением сферы их применения в изделиях силовой энергетики, электроники, спинтроники и др. Это основано на придании специальных свойств традиционным магнитным и магнитотвёрдым материалам, повышающем их эффективность в экстремальных условиях, на создании однородных и композиционных сред с выраженными мультифизическими свойствами, способствующем развитию сенсорной техники и smart-устройств, на прямом практическом использовании фундаментальных свойств элементарных носителей магнетизма, определяющем становление новой высокотехнологичной отрасли – спинтроники. Одним из основных путей достижения прогресса в данной сфере является создание магнитных сред с многоуровневой иерархической структурой, которое требует фундаментальных и практически ориентированных высокотехнологичных исследований, на которые нацелен данный проект.</p> <p>Главным обобщающим результатом данного проекта должно стать установление научно-обоснованных эффективных способов управления функциональными характеристиками магнитных и магнитоувствительных материалов, активно используемых или планируемых к использованию в промышленных разработках. К таким материалам относятся: хиральные магнетики, перспективные для создания энергонезависимой оперативной памяти MRAM; магнитотвёрдые, магнитомягкие и магнитокалорические материалы с особыми функциональными свойствами для новых высокоэффективных энергосберегающих и экологически безопасных технических устройств, включая электродвигатели, магнитные холодильные системы, недорогие магниты – источники магнитного поля; плёночные среды с эффектами гигантского магнитосопротивления, туннельного магнитосопротивления, аннизотропии магнитосопротивления, гигантского магнитного импеданса и др. для сенсоров физических величин; материалы на основе магнитных частей для полимерных композитов с особыми механическими свойствами и магнитных жидкостей для биомедицины. Широкий спектр разрабатываемых материалов обеспечивает высокую вероятность прорывных решений по выбранным направлениям практического приложения результатов проекта.</p>
--	--

#### 09 Ближайшие аналоги проекта (до 2-х проектов)

##### 09.1 Ближайший аналогичный проект (конкурент) №1

###### 09.1.1 Название, описание, ведущая организация аналогичного проекта (конкурента) № 1

Название, описание, ведущая организация аналогичного проекта (конкурента) № 1	<p>Проект «Лаборатория сверхбыстрой динамики ферромагнетиков» реализуется в рамках гранта Правительства Российской Федерации, выделенного на конкурсной основе для государственной поддержки научных исследований, проводимых под руководством ведущих ученых в российских образовательных учреждениях высшего профессионального образования (постановление Правительства РФ №220). Ведущей организацией является ФГБОУ ВПО «Московский государственный технический университет радиотехники, электроники и автоматики». Цель проекта состоит в получении новых фундаментальных знаний в области сверхбыстрого управления сегнетоэлектрическими и ферромагнитными свойствами функциональных материалов (сегнетоэлектриков и ферромагнетиков). В его задачи, в частности, входит поиск новых материалов, в которых наблюдается значительное влияние электромагнитного излучения (света) на ферромагнитные и сегнетоэлектрические свойства, а также поиск более эффективных методов управления ферромагнитными и сегнетоэлектрическими свойствами наноматериалов, развитие новых методов сверхбыстрого (фемтосекундного) контроля ферромагнитных и сегнетоэлектрических параметров функциональных материалов.</p> <p>Указанный проект стелуется с проектом, заявляемом в данном конкурсе, в части исследования сред с магнитным и зарядовым порядком и поиске способов управления состоянием этих подсистем, например, с помощью светового излучения. Представляемый проект имеет более комплексный характер и ориентирован на значительно более широкий круг функциональных магнитоупорядоченных материалов.</p>
---	---

###### 09.1.2 Список ведущих ученых аналогичного проекта (конкурента) № 1

Список ведущих ученых аналогичного проекта (конкурента) № 1	<p>Руководитель проекта А.В. Кимель, Университет Радбаут, г.Наймеген (Radboud Universiteit Nijmegen), Нидерланды. В число участников проекта входят академики РАН А.С.Сигов, проф. Е.Д.Мишина.</p>
---	--

##### 09.2 Ближайший аналогичный проект (конкурент) №2

###### 09.2.1 Название, описание, ведущая организация аналогичного проекта (конкурента) № 2

Название, описание, ведущая организация аналогичного проекта (конкурента) № 2	<p>Проект «Разработка комплексной промышленной технологии получения магнитотвёрдых магнитных материалов, постоянных магнитов и магнитных систем с температурой эксплуатации до минус 180 С на основе сплавов отечественных редкоземельных металлов и их соединений для приборов и устройств специального и гражданского назначения» реализуется в рамках постановления Правительства Российской Федерации №218 "О мерах государственной поддержки развития кооперации российских высших учебных заведений и организаций, реализующих комплексные проекты по созданию высокотехнологического производства". Проект выполняется в кооперации ОАО «Научно-производственное объединение «Магнетон» и ФГАОВ «Национальный исследовательский технологический университет «МИСИС». Он рассчитан на 2016-2018 гг. и предусматривает разработку магнитотвёрдых материалов, постоянных магнитов и магнитных систем с минимальной рабочей температурой до минус 180°С с высокими характеристиками в области низких температур для приборов и комплексов, используемых в условиях Крайнего Севера и Арктики. Объем финансирования составляет 340 млн.руб.</p> <p>Данная работа, носит ориентированный характер и направлена на решение конкретной научно-технологической задачи – создание производства низкотемпературных постоянных магнитов. В заявляемом проекте также предусмотрены поиск новых и совершенствование известных магнитотвёрдых материалов. Однако планируемые исследования ориентированы на низкотемпературное применение постоянных магнитов и реланго только часть из комплекса задач, поставленных в проекте.</p>
---	---

## 09.2.2 Список ведущих ученых аналогичного проекта (конкурента) № 2

Список ведущих ученых аналогичного проекта (конкурента) № 2	Руководитель работ Кутепов А.В., ПАО НПО "Магнетон", НИТУ «МИСИС». В число участников проекта входят: Васильев Б.А., Панова Н.С.
---	--

## 10 Связь проекта с САЕ

## 10.1 Связь проекта с научной деятельностью САЕ

№	САЕ	Комментарий
1	Школа естественных наук и математики	САЕ «Школа естественных наук и математики» (ШЕНиМ) ставит своей целью обеспечение значительного повышения академической и научной репутации УрФУ в международном сообществе, подтвержденном позициями университета в предметных рейтингах «Физика» (в первых 100 университетах к 2020 г. по версии QS World University Rankings - Дорожная карта УрФУ), «Химия» (в первых 100 университетах к 2020 г. по версии QS World University Rankings - Дорожная карта УрФУ), а также «Материаловедение» (в 10-и лучших университетах стран БРИКС к 2020 г.) и «Математика» за счет достижения мирового уровня выпускников - исследователей в области естественных наук, математики и компьютерных наук, а также научно-исследовательской деятельности УрФУ по ключевым направлениям в областях материаловедения; биотехнологии для медицины, агробизнеса и экологии; математики и компьютерных наук. В научную повестку ШЕНиМ входит исследование и разработка новых продвинутых функциональных материалов: магнитных материалов; материалов для энергетики; наноструктурированных материалов; полупроводниковых материалов для оптоэлектроники; материалов для биологии и медицины. Исследования по теме представляемого проекта «Перспективные магнитные материалы с многоуровневой иерархической структурой для новых технологий энергетики, электроники и спинтроники» являются прямой реализацией указанного направления деятельности САЕ. Успешное выполнение проекта усилит приток научных инвестиций, углубит вузовско-академическое сотрудничество, повысит научный авторитет ШЕНиМ на международной арене, ускорит продвижение перспективных научно-технологических разработок в производство.

## 10.2 Связь проекта с образовательной деятельностью САЕ.

САЕ	Комментарий
Школа естественных наук и математики	<p>Главными составляющими образовательной повести ШЕНиМ являются:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- развитие существующего задела по качеству подготовки специалистов в сфере естественных наук и математики, способных работать в ведущих российских и зарубежных университетах, научных центрах и наукоемких предприятиях реального сектора экономики;</li> <li>- интеграция учебного процесса с исследованиями на базе расширения учебно-научной кооперации с ведущими партнерами из сферы науки, образования и бизнеса;</li> <li>- разработка и реализация междисциплинарных учебных и исследовательских проектов при подготовке магистрантов и аспирантов;</li> <li>- рост доли магистрантов и аспирантов в составе обучающихся в САЕ ШЕНиМ.</li> </ul> <p>Тематика исследований, запланированных по проекту, ориентирована на актуальные области физики и физического материаловедения. Полученные результаты будут использованы при разработке образовательных дисциплин материаловедческого профиля со специализацией по магнитным материалам, дисциплин теоретического цикла, нацеленных на моделирование функциональных свойств магнитных сред, послужат основой для создания новой образовательной программы магистратуры по физике магнитных материалов.</p> <p>Коллектив представляемого проекта сформирован с целью достижения оптимального баланса между маститыми учёными и молодыми исследователями, к числу которых относятся молодые специалисты, аспиранты и студенты. Конкретная исследовательская деятельность последних под руководством опытных научных сотрудников является важнейшей составляющей в подготовке квалифицированных специалистов, способных эффективно работать в научной и производственной сферах как в России, та и за рубежом.</p> <p>Всё указывает на тесную связь проектной научной деятельности с образовательным процессом в САЕ ШЕНиМ.</p>

## 11 Показатели результативности проекта. Связь задач, результатов и показателей

## 11.1 Показатели результативности проекта

## 11.1.1 Позиция в отраслевых (предметных) рейтингах (ARWU, THE, QS), достижению которых способствует проект.

№	Рейтинг	2017 план	2018 план	2019 план	2020 план	2021 план
1	Позиция в отраслевом (предметном) рейтинге THE - рейтинг университетов мира Таймс - Физические науки	-	-	100	50	50
2	Позиция в отраслевом (предметном) рейтинге QS - всемирный рейтинг университетов - Физика и астрономия	-	200	150	100	75-100
3	ARWU в области Естественных наук и Математики - 2015	-	-	-	125-150	100-125
4	ARWU по Физике - 2015	-	-	-	125-150	100-125

## 11.1.2 Показатели результативности проекта (кроме рейтингов)

№	Показатель	2017 план	2018 план	2019 план	2020 план	2021 план	ИТОГО
1	Число публикаций в журналах 1-го квартала (в предметной области(ях), по данным Journal Citation Reports), Web of Science Core Collection	5,	10,	15,	20,	25,	75,000
2	Число публикаций в TOP-10 % журналов (по величине SNIP), индексиремых в базе данных Scopus, в соответствующей предметной области	5,	10,	15,	20,	25,	75,000
3	Число патентов, зарегистрированных за рубежом	0,	0,	1,	2,	1,	4,000
4	Число патентов, зарегистрированных в России	2,	3,	4,	5,	5,	19,000

## 11.1.3 Показатели результативности проекта (финансовые)

№	Показатель	2017 план, (%)	2018 план, (%)	2019 план, (%)	2020 план, (%)	ИТОГО, (%)
1	Отношение объема финансирования (университета и партнеров) к объему средств субсидии, выделяемой на реализацию проекта	40,00	31,25	50,00	175,00	52,50

## 11.2 Состав и определения ключевых показателей эффективности проекта (KPI) (справочная информация)

Код	Формулировка	Описание
1	Создание методик синтеза и аттестации многослойных наноструктур	Показатель технологической обеспеченности исследований сверхрешёток с магнитной хиральностью
2	Разработка системного подхода к описанию оптической хиральности	Показатель эффективности использования симметричного анализа уравнений Максвелла для изучения оптической хиральности
3	Получение температурного описания свойств наноструктур	Показатель обнаружения хиральных магнитных состояний в тонких пленках на основе редкоземельных магнетиков
4	Описание спиновой и решёточной динамики гелимагнетиков	Показатель построения теории спинового резонанса и магнитоупругих волн для гелимагнетиков
5	Аттестация обменно-связанных сверхрешёток по магнитооптическим свойствам	Показатель обнаружения в магнитных сверхрешётках свойств метаматериалов
6	Получение латерально-ограниченных микрообъектов с гелиоподобной магнитной структурой	Показатель применимости метода литографии для получения столбчатых микрообъектов с признаками магнитной хиральности
7	Теоретическое исследование квазиатипических свойств гелимагнетиков	Показатель применимости различных теоретических моделей для описания свойств гелимагнетиков
8	Оптимизация функциональных свойств наноструктур	Показатель установления связей между композиционно-структурным состоянием и функциональными свойствами наноструктур
9	Механизмы гистерезиса дисперсионно-твердеющих сплавов Sm(Co,Cu,Zr)7.3	Показатель установления причин температурной аномалии магнитного гистерезиса в сплавах Sm(Co,Cu,Zr)7.3
10	Технология получения магнитотвёрдых материалов с пониженным содержанием дорогих компонент	Показатель реализации принципа удешевления магнитотвёрдых материалов массового применения
11	Аттестация магнитотвёрдых материалов со структурой ThMn12	Показатель применимости технологий быстрой закалки и отжига для получения магнитотвёрдой фазы типа ThMn12 в сплавах Sm-Zr-Fe-Co-Ti
12	Аттестация нанокристаллических магнитомягких сплавов на основе Fe и Co	Показатель реализации повышенной термостабильности магнитных свойств быстрозакаленных лент сплава (FeCo)HfWMoZrBCu
13	Получение и аттестация порошковых магнитомягких материалов	Показатель эффективности технологии получения магнитомягких материалов на основе частиц железа
14	Получение магнитокалорических материалов со структурой типа MgCu2	Показатель достижения высокого магнитокалорического эффекта в материалах на основе фаз Лавеса со структурой типа MgCu2
15	Получение композиционных магнитотвёрдых материалов с специального назначения	Показатель улучшения свойств магнитотвёрдых композитов для многооборотных двигателей
16	Получение опытных образцы магнитотвёрдых и магнитомягких материалов	Показатель успешной реализации разработанных методик получения магнитных материалов, работоспособных при повышенных температурах
17	Методики получения плёночных магниточувствительных сред различного типа	Показатель эффективности разработанных методик для получения магниточувствительных сред различного типа
18	Аттестация термочувствительных спиновых клапанов	Показатель создания термочувствительного спинового клапана с использованием ферромагнетика типа Gd-Co
19	Аттестация магниточувствительных наноструктур с гигантским магнитосопротивлением	Показатель оптимизации функциональных свойств наноструктур с гигантским магнитосопротивлением
20	Аттестация эластомагниторезистивных сред	Показатель установления оптимального соотношения магнитоотрицательности, анизотропии магнитосопротивления и однонаправленной анизотропии в средах с эластомагниторезистивным эффектом

21	Аттестация магниточувствительных наноструктур с туннельным магнитосопротивлением	Показатель оптимизации функциональных свойств сред с туннельным магнитосопротивлением
22	Аттестация магнитоимпедансных свойств наноструктур на полимерных подложках	Показатель оптимизации функциональных свойств сред с гигантским магнитным импедансом
23	Методики получения планарных микрообъектов из магнитоувствительных наноструктур различного типа	Показатель применимости методик для изготовления прототипов ГМР и ТМР микросенсоров
24	Способы получения композиционных плёнок с магнитоэлектрическим эффектом	Показатель эффективности сочетания полимерных и металлических слоёв в плёночных средах с магнитоэлектрическим эффектом
25	Методы синтеза микро- и наночастиц магнитных материалов	Показатель эффективности применяемых методик для получения магнитных частиц с регулируемыми свойствами
26	Характеристика тепловыделения магнитных наночастиц	Показатель применимости разработанных подходов для описания тепловыделения магнитных частиц при динамическом перемагничивании
27	Аттестация магнитоуполненных гелей	Показатель эффективности разработанных методик варьирования магнитомеханических свойств магнитоуполненных гелей
28	Основы терапии онкологических заболеваний с использованием магнитных частиц	Показатель эффективности разработанной методики в экспериментах на биологических объектах

### 11.3 Сводная таблица собственных задач, результатов и показателей реализации проекта

№	Задача	Ожидаемый результат	Показатель реализации (КРП)
1	Разработка материалов спинтроники на основе хиральных магнитных структур	Методики синтеза, получение и структурная аттестация многослойных наноструктур с регулируемой магнитной структурой.	1
2	Разработка материалов спинтроники на основе хиральных магнитных структур	Результаты теоретического анализа оптической хиральности.	2
3	Разработка материалов спинтроники на основе хиральных магнитных структур	Температурные зависимости физических свойств многослойных наноструктур.	3
4	Разработка материалов спинтроники на основе хиральных магнитных структур	Основные положения теорий спиновой и релаксационной динамики в гелимагнетиках.	4
5	Разработка материалов спинтроники на основе хиральных магнитных структур	Магнитооптические свойства обменно-связанных сверхрешёток.	5
6	Разработка материалов спинтроники на основе хиральных магнитных структур	Дизайн латерально-ограниченных микрообъектов с гелиоподобной магнитной структурой.	6
7	Разработка материалов спинтроники на основе хиральных магнитных структур	Результаты теоретического исследования квазистатистических свойств гелимагнетиков.	7
8	Разработка материалов спинтроники на основе хиральных магнитных структур	Результаты оптимизации функциональных свойств наноструктур различного типа.	8
9	Разработка магнитных материалов для устройств преобразования энергии, применяющихся при повышенных температурах и обладающих высокими эксплуатационными характеристиками.	Результаты исследования магнитного гистерезиса дисперсионно-твердеющих сплавов Sm(Co,Cu,Zr)7.3.	9
10	Разработка магнитных материалов для устройств преобразования энергии, применяющихся при повышенных температурах и обладающих высокими эксплуатационными характеристиками.	Физические принципы и технология получения эффективных магнитотвёрдых материалов с пониженным содержанием дорогих компонентов.	10
11	Разработка магнитных материалов для устройств преобразования энергии, применяющихся при повышенных температурах и обладающих высокими эксплуатационными характеристиками.	Методика получения и результаты исследования свойств магнитотвёрдых материалов со структурой ThMn12.	11
12	Разработка магнитных материалов для устройств преобразования энергии, применяющихся при повышенных температурах и обладающих высокими эксплуатационными характеристиками.	Технология получения и результаты исследования свойств нанокристаллических магнитомягких сплавов на основе Fe и Co.	12
13	Разработка магнитных материалов для устройств преобразования энергии, применяющихся при повышенных температурах и обладающих высокими эксплуатационными характеристиками.	Технология получения и результаты исследования свойств порошковых магнитомягких материалов.	13
14	Разработка магнитных материалов для устройств преобразования энергии, применяющихся при повышенных температурах и обладающих высокими эксплуатационными характеристиками.	Материалы с большим магнитокалорическим эффектом со структурой типа MgCu2.	14
15	Разработка магнитных материалов для устройств преобразования энергии, применяющихся при повышенных температурах и обладающих высокими эксплуатационными характеристиками.	Результаты поисковых исследований композиционных магнитотвёрдых материалов для высокооборотных электродвигателей.	15
16	Разработка магнитных материалов для устройств преобразования энергии, применяющихся при повышенных температурах и обладающих высокими эксплуатационными характеристиками.	Опытные образцы магнитотвёрдых и магнитомягких материалов по оптимизированной технологии.	16
17	Разработка сенсорных материалов на основе плёночных магнитных наноструктур.	Технология получения плёночных магнитоувствительных сред	17
18	Разработка сенсорных материалов на основе плёночных магнитных наноструктур.	Физические принципы, реализация и результаты исследования термочувствительных спиновых клапанов.	18
19	Разработка сенсорных материалов на основе плёночных магнитных наноструктур.	Результаты исследования свойств магнитоувствительных наноструктур с гигантским магнитосопротивлением.	19
20	Разработка сенсорных материалов на основе плёночных магнитных наноструктур.	Результаты экспериментального исследования и численного моделирования эластомагниторезистивных сред.	20
21	Разработка сенсорных материалов на основе плёночных магнитных наноструктур.	Результаты исследования свойств магнитоувствительных наноструктур с туннельным магнитосопротивлением.	21
22	Разработка сенсорных материалов на основе плёночных магнитных наноструктур.	Результаты исследования динамических магнитных и резистивных свойств плёночных наноструктур на полимерных подложках.	22
23	Разработка сенсорных материалов на основе плёночных магнитных наноструктур.	Методики применения литографического метода для изготовления планарных микрообъектов из магнитоувствительных наноструктур различного типа.	23
24	Разработка сенсорных материалов на основе плёночных магнитных наноструктур.	Методы получения и результаты исследования композиционных слоистых плёнок с магнитоэлектрическим эффектом.	24
25	Разработка функциональных композитных материалов на основе магнитных микро- и наночастиц.	Методы синтеза микро- и наночастиц различных магнитных материалов.	25
26	Разработка функциональных композитных материалов на основе магнитных микро- и наночастиц.	Результаты теоретического и экспериментального исследования закономерностей выделения тепла анизотропными магнитными наночастицами в биологических средах.	26
27	Разработка функциональных композитных материалов на основе магнитных микро- и наночастиц.	Результаты исследования магнитных и механических свойств магнитоуполненных гелей.	27
28	Разработка функциональных композитных материалов на основе магнитных микро- и наночастиц.	Научные основы методик использования магнитных частиц для терапии онкологических заболеваний.	28

## 12 Партнеры проекта (информация по всем партнерам)

### 12.1 Общая информация по всем партнерам

№	Официальное наименование партнера	Официальный сайт Партнера	Профиль Партнера	Описание Партнера	Вклад Партнера в проект и значимость такого вклада для успешной реализации проекта

1	Институт физики металлов имени М.Н. Михеева Уральского отделения РАН	<a href="http://www.imp.uran.ru">http://www.imp.uran.ru</a>	научное учреждение	<p>Институт физики металлов является признанным лидером в стране, а по таким направлениям, как магнетизм и материаловедение - и в мире. В ИФМ работали всемирно известные ученые С.В. Вонсовский, Ю.А. Изюмов, М.Н. Михеев. Сейчас ИФМ является самым большим академическим институтом в Уральском федеральном округе. За всю историю в ИФМ изданы 157 монографий, получены свидетельства на 540 изобретений, опубликованы 8902 научные статьи в журналах системы Web of Science (WoS) и 11424 в РИНЦ с индексами Хирша 65, подготовлены 163 доктора и 775 кандидата наук. Суммарная цитируемость статей сотрудников составила 50531 в WoS и 58899 в РИНЦ, средняя цитируемость на статью 5,86 в WoS и 5,14 в РИНЦ. Ежегодно ИФМ публикует более 300 статей. Штатная численность ИФМ - 744 человека, из них 331 – научные сотрудники. В ИФМ работают 3 академика и 6 членов-корреспондентов РАН, 84 доктора и 195 кандидатов наук. За последние 7 лет 16 научных сотрудников имеют цитируемость более 1000, у 105 сотрудников цитируемость более 100.</p> <p>В проекте будет задействовано подразделение УрФУ и ИФМ «Совместная лаборатория магнетизма и магнитных наноструктур», созданная 23.06.2016 совместным приказом ректора УрФУ и директора ИФМ при поддержке МОН РФ и ФАНО России. Научный руководитель – академик РАН В.В. Устинов. С 01.07.2016 созданы структурные подразделения совместной лаборатории: отдел магнетизма и магнитных материалов Института естественных наук УрФУ (заведующий - д.ф.-м.н. В.О. Васильковский) и отдел магнетизма и наноспинтроники в ИФМ (заведующий – чл.-корр. РАН Н.В. Мушников). Сотрудниками совместной лаборатории являются 1 академик РАН, 2 члена-корреспондента РАН, 5 докторов и 10 кандидатов наук, 7 молодых научных сотрудников без степени.</p> <p>ИФМ проводит исследования на мировом уровне и является безусловным лидером в РФ по ряду направлений. В среднем в год ИФМ участвует в 6 международных проектах, публикуется порядка 130 статей в высокорейтинговых зарубежных (включая журналы издательства Nature) и отечественных журналах.</p>	<p>Преимуществом ИФМ является наличие всех современных технологических процессов получения наногетероструктур спинтроники и большой практический опыт. Сотрудники ИФМ являются признанными в мире специалистами по разработке магнитных материалов, включая редкоземельные постоянные магниты, аморфные и нанокристаллические магнитомягкие материалы. На мировом уровне признана компетенция ИФМ по организации исследований на прорывных направлениях развития науки. В распоряжение коллектива исполнителей ИФМ предоставит уникальные ресурсы: чистые помещения площадью 244 м2 (по классу чистоты 7 ISO). В проекте будет задействовано технологическое оборудование для вакуумной плавки сплавов, разливки на вращающееся колесо, газофазного синтеза нанопорошков. В проекте будет использован Центр коллективного пользования (ЦКП) уникальным оборудованием "Испытательный центр нанотехнологий и перспективных материалов" (<a href="http://www.imp.uran.ru/?q=ru/about_ckp">http://www.imp.uran.ru/?q=ru/about_ckp</a>).</p>
2	АО "Научно-производственное объединение автоматики" (Россия)	<a href="http://www.nproa.ru">http://www.nproa.ru</a>	промышленное предприятие / корпорация	<p>Научно-производственное объединение автоматики имени академика Н.А. Семихатова - одно из крупнейших предприятий России в области разработки и изготовления систем управления и радиоэлектронной аппаратуры для ракетно - космической техники, а также системы управления для автоматизации технологических процессов в различных отраслях промышленности.</p> <p>Сегодня предприятие разрабатывает и производит: автоматизированные системы управления технологическими процессами; системы управления для автоматизации объектов энергетики; системы управления для автоматизации объектов горнодобывающей промышленности; системы управления и аппаратуры для автоматизации транспорта; системы управления и аппаратуры для строительства и ЖКХ; аппаратура связи, телемеханики; датчики, микросборки и электрорадиокомпоненты.</p> <p>Предприятие обеспечивает полный цикл создания продукции: от разработки идеи до изготовления и сервисного обслуживания изделия.</p>	<p>Уральский федеральный университет и НПО Автоматики связывают несколько успешно выполненных проектов по совместной разработке датчиковой аппаратуры магнитных полей на основе гигантского магнитосопротивления, малогабаритный ЭИП спектрометр и др. При выполнении проекта планируется привлечение фотолитографического оборудования для получения из пленок с магнитным смещением готовых датчиков. Привлекаемые специалисты и, в частности, инженеры конструкторского бюро НПО Автоматики имеют богатый опыт по внедрению научных разработок в производство.</p>
3	Сибирский федеральный университет	<a href="http://www.sfu-kras.ru">http://www.sfu-kras.ru</a>	образовательное учреждение	<p>Миссией университета являются создание передовой образовательной, научно-исследовательской и инновационной инфраструктуры, продвижение новых знаний и технологий для решения задач социально-экономического развития Сибирского федерального округа, а также формирование кадрового потенциала – конкурентоспособных специалистов по приоритетным направлениям развития Сибири и Российской Федерации, соответствующих современным интеллектуальным требованиям и отвечающих мировым стандартам.</p>	<p>Научные сотрудники и преподаватели Сибирского федерального университета имеют значительный научный задел по синтезу и исследованию пленочных магнитных сред, магнитомягких материалов. Развиваемые Красноярской и уральской школами подходы по оценке межчастичных взаимодействий в гетерогенных магнитных средах позволят разработать новые модели процессов технического намагничивания разрабатываемых магнитных материалов. Такой симбиоз позволит повысить степень кооперации федеральных университетов.</p>
4	Балтийский федеральный университет имени Иммануила Канта	<a href="https://www.kantiana.ru">https://www.kantiana.ru</a>	образовательное учреждение	<p>Балтийский федеральный университет им. И. Канта – крупнейший образовательный, научный, культурный, просветительский центр самого западного региона России. В настоящее время в университете реализуется более 300 образовательных программ среднего, высшего, дополнительного и послевузовского профессионального образования. Работает 2 тысячи сотрудников, 780 преподавателей, обучается 7800 студентов, магистрантов, аспирантов, интернов и ординаторов.</p> <p>Коллектив лаборатории новых магнитных материалов Балтийского федерального университета представляет собой молодежный энергичный коллектив, ведущий исследования в области динамики движения доменных границ в нано- и микроструктурах, изучают магнитолазменные эффекты, сплавы Гейслера (микропровода и пленки); двухфазные магнитные провода, наночастицы и др.</p>	<p>Планируется привлечение аспирантов и научных сотрудников лаборатории новых магнитных материалов к синтезу и исследованию пленочных микро- и наноструктур и их возможному применению в качестве сред для магнитной памяти MRAM. Взаимодействие научных групп двух федеральных университетов повысит научную мобильность молодых исследователей и позволит получить результаты более высокого уровня.</p>
5	Университет Глазго (Великобритания)	<a href="http://www.gla.ac.uk">http://www.gla.ac.uk</a>	образовательное учреждение	<p>Университет Глазго занимает 70 место в предметном рейтинге THE физические науки, 101-150 место в предметном рейтинге ARWU в области Естественных наук и Математики, 151-200 место в предметном рейтинге QS World University в области естественных наук, 101-150 место QS World University Rankings в области физики и астрономии.</p>	<p>Научная группа материаловедения и физики конденсированного состояния Университета Глазго имеет огромный опыт теоретических и экспериментальных исследований в области магнетизма наноструктур и взаимодействия электромагнитных волн с веществом, в частности хиральными магнетиками. Профессор Р. Стэмис является специалистом мирового уровня по высокочастотной динамике ферромагнитных систем и их поведению вдали от термодинамического равновесия. Привлечение специалистов мирового уровня гарантирует постановку актуальных задач и правильный выбор направления исследований.</p>
6	Университет Токио (Япония)	<a href="http://www.u-tokyo.ac.jp/en/">http://www.u-tokyo.ac.jp/en/</a>	образовательное учреждение	<p>Токийский университет занимает 34 место в предметном рейтинге THE физические науки, 32 место в предметном рейтинге THE в области инженерии, 9 место ARWU в области естественных наук и математики, 17 место QS World University Rankings в области наук о материалах, 76-100 место в рейтинге ARWU в области Инженерия/Технологии и Информатики, 8 место в QS World University Rankings в области физик и астрономии</p>	



					Представитель Токийского университета Юсуке Като является признанным специалистом в изучении динамики вихрей в сверхпроводниках, использовано методов Монте-Карло для изучения фазовых переходов в магнетиках. В настоящее время ведет совместно с учеными УрФУ исследования по изучению температурных фазовых переходов в хиральных гелимагнетиках. Привлечение специалистов мирового уровня из университетов, входящих в топ-100 как общих так и предметных рейтингов, способствует не только постановке актуальных задач и правильному выбору направления исследований, но и обеспечит узнаваемость коллектива УрФУ в мире и повышению цитируемости последнего.
7	Открытый университет Японии (Япония)	<a href="http://www.ouj.ac.jp/eng/">http://www.ouj.ac.jp/eng/</a>	образовательное учреждение	Открытый университет Японии представляет собой аккредитованное высшее учебное заведение для всех жителей Японии. Университет использует средства массовой информации для новых и эффективных путей удовлетворения потребностей в образовании. Цель Открытого университета Японии заключается в обеспечении широкого круга людей возможностью получения высшего образования. Университет является одним из крупнейших учебных заведений в Японии. На сегодняшний день более 1 400 000 человек учится в Университете; с более чем 84 000 из них получили диплом. Используя преимущества наземного и спутникового цифрового вещания, Университет разрабатывает эффективные лекции с использованием ярких визуальных эффектов в формате высокой четкости. Содержание лекций разрабатывается экспертами в своей области.	Преподавательский и научно-исследовательский состав Открытого университета Японии состоит из специалистов в различных областях науки. Профессор Джунширо Кишине является специалистом в области теории конденсированного состояния, магнетизма и спинтроники, теории сильно коррелированных электронных систем. Текущие исследования профессора Кишины посвящены изучению хиральности в природе и теории сильно-коррелированных электронных систем. УрФУ имеет положительный опыт сотрудничества и совместные публикации в журналах, входящих в первый квартал журналов по физике и материаловедению по версии WoS, с Университетом. Опыт производства видеолекций и материалов к ним, имеющийся у сотрудников Открытого университета Японии будет использован для создания открытого университета на базе УрФУ.
8	Исследовательская лаборатория SPINTEC (Франция)	<a href="http://www.spintec.fr">http://www.spintec.fr</a>	научное учреждение	Научно-исследовательская лаборатория SPINTEC является одной из ведущих университетов Гренобль-1, занимающего 75-100 место в области естественных наук по версии ARWU. Лаборатория представляет собой проектно-ориентированную организацию физиков и инженеров из академической и производственной сфер. Лаборатория была создана в 2002 году и быстро расширяется. Состав лаборатории в настоящее время составляет 70 человек, из которых 28 постоянных сотрудников и около 40 аспирантов, докторантов и исследователей из других стран. SPINTEC объединяет исследователей, имеющих опыт как в области фундаментальной физики (теоретическая физика и моделирование, новые материалы и др.) так и в области аппаратно-ориентированных технологий (САПР и проектирование схем, технологии интеграции и функциональное тестирование). Синергия этих дополнительных компетенций вывела SPINTEC на передний край исследований в области спинтроники. Выполняемые в настоящее время проекты варьируются от MRAM до радиочастотных устройств, энергонезависимых логических схем, магнитные датчики и биоприменений наноматематизма.	Лаборатория SPINTEC является одним из мировых лидеров в области спинтроники. В рамках проекта предполагается тесное сотрудничество с Бернаром Дени, являющимся высококвалифицированным специалистом в области спинтроники. Его работы неоднократно публиковались в журналах издательства Nature. Совместные работы с лабораторией SPINTEC значительно повысят качество научных исследований, выполняемых в УрФУ.
9	Институт физики конденсированного состояния и материаловедения Дрездена (Германия)	<a href="http://www.ifw-dresden.de">http://www.ifw-dresden.de</a>	научное учреждение	Институт твердого тела и материаловедения Дрездена является научно-исследовательским институтом и членом Ассоциации Лейбница. Область научных исследований - разработка и использование новых материалов. Деятельность сочетает в себе научные исследования в области физики, химии и материаловедения с технологическим развитием новых материалов и изделий. Программа исследований фокусируется на функциональных материалах, которые удерживают ключевые позиции во многих областях применения: сверхпроводящих и магнитных материалах, тонких пленочных системах и наноструктурах, а также кристаллических и аморфных материалах. Миссия Института заключается в продвижении молодых ученых и обучении технического персонала промышленных предприятий, и выполнение исследований в интересах последних. Институт имеет обширную экспериментальную базу.	Уральский федеральный университет сотрудничает с двумя научными группами Института твердого тела и материаловедения Дрездена. В настоящее время совместно с группой Р. Шефера ведутся исследования доменных структур и процессов намагничивания и перемагничивания синтетических в УрФУ широкого спектра тонких магнитных пленок и быстрозакаленных магнитомягких легт. С группой Т. Вудкоа ведутся исследования условий синтеза , магнитных свойств и временных эффектов как в классических, так и новых (Sm <sub>5</sub> Fe <sub>17</sub> ) магнитотвердых материалах. Опыт и навыки ведущих европейских коллективов в своих областях будет использован в реализации проекта. Возможно проведение высокопольных исследований свойств магнитных материалов на оборудовании Института.
10	Испанский национальный совет по научным исследованиям (Испания)	<a href="http://www.csic.es/home">http://www.csic.es/home</a>	научно-исследовательский консорциум	Национальный исследовательский совет Испании (CSIC) является крупнейшим государственным учреждением, занимающимся научными исследованиями в Испании. Основной задачей CSIC является разработка и развитие научных исследований, которые будут содействовать обеспечению научно-технического прогресса. В соответствии с Уставом, миссия CSIC состоит в том, чтобы способствовать, координировать, развивать и продвигать научно-технических исследований, междисциплинарной природы, для того, чтобы способствовать распространению знаний и экономического, социального и культурного развития, а также для подготовки персонал и консультировать государственные и частные организации по этому вопросу.	Партнерство Национального исследовательского совета Испании позволит выбрать конкурентоспособные направления и методы выполнения исследований. Лабораторию магнитной сенсорики УрФУ возглавляет профессор Мануэль Базкез, являющийся профессором-исследователем Национальный исследовательский совет Испании. Такое сотрудничество уже привело к увеличению как количества совместных публикаций, так и повышению их качества. Дальнейшее сотрудничество в рамках проекта будет способствовать привлечению молодых российских и зарубежных исследователей в УрФУ.
11	Университет Дарема (Великобритания)	<a href="https://www.dur.ac.uk">https://www.dur.ac.uk</a>	образовательное учреждение	Даремский университет занимает 83 место в рейтинге THE физические науки, 51-75 место в рейтинге ARWU в области естественных наук и математики, 51-100 место в рейтинге QS World University Rankings в области физики и астрономии	Университет Дарема имеет уникальный набор компетенций в области физики конденсированного состояния. Область научных интересов профессора Дэла Аткинсона - процессы намагничивания, наноматематизм, импульсная магнитометрия полностью попадают в направление исследований настоящего проекта. Имеющийся опыт профессора Аткинсона может быть передан сотрудникам УрФУ. Часть измерений магнитных свойств высокоанизотропных магнетиков может быть выполнена в Центре физики материалов Университета Дарема.

12	Федеральное государственное унитарное предприятие "Уральский электромеханический завод"	http://www.uemz.ru/	промышленное предприятие / корпорация	Федеральное государственное унитарное предприятие "Уральский электромеханический завод" (ФГУП УЭМЗ) входит в состав Государственной корпорации по атомной энергии "Росатом" и является крупным многопрофильным предприятием. Основная деятельность связана с выполнением государственного оборонного заказа, обеспечивающего реализацию Военной программы Госкорпорации "Росатом". ФГУП УЭМЗ является базовым приборным предприятием Госкорпорации "Росатом". Диверсифицируя свою деятельность, предприятие выпускает широкий спектр гражданской продукции: низковольтные комплектные устройства, технические средства АСУ ТП, средства связи, электронную аппаратуру. Завод хорошо известен как поставщик электротехнического оборудования для атомных станций и предприятий топливно-энергетического комплекса. Изделия гражданского производства создаются на основе собственных разработок и отличаются современным внешним видом, оригинальными схемно-конструктивными решениями, качественной элементной базой, удобством эксплуатации. Эксклюзивной продукцией являются высокоэнергетические постоянные магниты на основе редкоземельных соединений. Производство магнитов ФГУП УЭМЗ рассчитано на выпуск опытных и мелкосерийных партий до 1,5 тонн в год. Ориентировано на изготовление высокоэнергетических магнитов на основе редкоземельных элементов самария и неодима методом порошковой металлургии. Предприятие первым в России начало использовать низкокислородную технологию производства, что позволило получать постоянные магниты на основе Nd-Fe-B с рекордным для России уровнем магнитных свойств. В 2008 году рамках ГК № 02.513.11.3397 в сотрудничестве с УрФУ и ИФМ УрО РАН была разработана технология получения постоянных магнитов с максимальным энергетическим произведением 50 МГс Э, что соответствует параметрам лучших магнитов, производимых в мире. Сегодня, благодаря техническому перевооружению, постоянные магниты с такими параметрами серийно выпускаются на предприятии.	В случае поддержки проекта ФГУП УЭМЗ будет за счет собственных средств оказывать техническое содействие коллективу исполнителей в его успешной реализации. Будет задействовано технологическое оборудование для получения постоянных магнитов методом порошковой металлургии по низкокислородной технологии. Это позволит установить применимость разрабатываемых в проекте новых составов и новых технологических режимов для их использования на стандартном оборудовании предприятия, а также повысить уровень свойств опытных образцов постоянных магнитов, полученных в рамках проекта. Для изучения микроструктуры постоянных магнитов будет использовано современное аналитическое оборудование предприятия-партнера. На этапе завершения проекта будет выполнен анализ необходимости проведения опытно-конструкторских работ для организации производства высокотемпературных постоянных магнитов на мощностях ФГУП УЭМЗ.
----	---	---------------------	---------------------------------------	---	---

## 12.2 Ведущий представитель Партнера

№	Официальное наименование партнера	Фамилия	Имя	Отчество	ID Scopus	Ученая степень	Ученое звание	Индекс Хирша	E-mail	Телефон	Комментарии
1	Институт физики металлов имени М.Н. Микеева Уральского отделения РАН	Устинов	Владимир	Васильевич	7201607964	Доктор наук	Профессор	16	ustinov@mp.uran.ru	+73433740230	
2	Университет Дарема (Великобритания)	Atkinson	Del		7202372319	Doctor of Philosophy	Профессор	17	deLatkinson@durham.ac.uk	+4401913343592	
3	Исследовательская лаборатория SPINTEC (Франция)	Dieny	Bernard		7005208439	Doctor of Philosophy	Профессор	48	bernard.dieny@cea.fr	+330438783870	
4	Университет Токио (Япония)	Kato	Yusuke		55587615700	Doctor of Philosophy	Профессор	16	yusuke@phys.c.u-tokyo.ac.jp	+81354546534	
5	Открытый университет Японии (Япония)	Kishine	Junichiro		55880923900	Doctor of Philosophy	Доцент	11	kishine@ouj.ac.jp	+81903412-3633	
6	Институт физики конденсированного состояния и материаловедения Дрездена (Германия)	Schaefer	Rudolf		7202413036	Doctor of Philosophy	Профессор	29	r.schaefer@ifw-dresden.de	+493514659223	
7	Университет Глазго (Великобритания)	Stamps	Robert		7004916869	Doctor of Philosophy	Профессор	30	robert.stamps@glasgow.ac.uk	+4401413304707	
8	Испанский национальный совет по научным исследованиям (Испания)	Vazquez	Manuel		7401539793	Doctor of Philosophy	Профессор	57	mvazquez@icmm.csic.es	+34913349051	
9	Федеральное государственное унитарное предприятие "Уральский электромеханический завод"	Ваткин	Вадим	Петрович	6602681497	Кандидат наук	Без звания	5	neomag@nmg.ura.ru	+73433690118	
10	АО "Научно-производственное объединение автоматики" (Россия)	Трапезников	Михаил	Борисович		Кандидат наук	Доцент		market@npoa.ru	+73432637647	

## 13 Коллектив проекта

## 13.1 Общее количество сотрудников проекта

№	Сотрудники проекта	Кол-во (чел)
1	Аспиранты	30
2	АУП	5
3	НПП	30
4	Ординаторы	0
5	Прочие	5
6	Студенты	25
Итого:		95

## 13.2 Общее описание состава участников проекта и их ролей при его реализации

Общее описание состава участников проекта и их ролей при его реализации	<p>По проекту предусмотрены исследования и разработки перспективных магнитных материалов в рамках четырех наиболее актуальных направлений. В соответствии с этим коллектив исполнителей включает четыре тематических проектных группы. Они базируются на определенных структурных подразделениях САЕ «Школа естественных наук и математики» УрФУ и генерального партнера по проекту - ИФМ УрО РАН, возглавляются авторитетными учеными и включают в свой состав преподавателей, научных сотрудников, аспирантов и студентов.</p> <p>Проектная группа по теме «Разработка материалов спинтроники на основе хиральных магнитных структур»: руководитель - академик В.В. Устинов; ведущие исполнители - проф. А.С. Овчинников, в.н.с. М.А. Миялев; базовыми подразделениями - кафедра теоретической физики УрФУ, отдел наноспинтроники ИФМ.</p> <p>Проектная группа по теме «Разработка магнитных материалов для устройств преобразования энергии, применяющихся при повышенных температурах и обладающих высокими эксплуатационными характеристиками»: руководитель - член-корреспондент РАН Н.В. Мушников; ведущие исполнители - проф. Н.В. Кудреватых, проф. Н.В. Баранов; базовыми подразделениями - кафедра магнетизма и магнитных наноматериалов УрФУ, отдел магнетизма твердых тел УрФУ, отдел магнитных материалов ИФМ.</p> <p>Проектная группа по теме «Разработка сенсорных материалов на основе пленочных магнитных наноструктур»: руководитель - проф. В.О. Васковский; ведущие исполнители - проф. Г.В. Курляндская, в.н.с. М.А. Миялев, с.н.с. А.В. Свалов; базовые подразделения - кафедра магнетизма и магнитных наноматериалов УрФУ, отдел магнетизма твердых тел УрФУ, отдел наноспинтроники ИФМ.</p> <p>Проектная группа по теме «Разработка функциональных композитных материалов на основе магнитных микро- и наночастиц»: руководитель - проф. А.Ю. Зубарев; ведущие соисполнители - проф. А.О. Иванов, проф. А.П. Сафронов, г.н.с. А.Е. Ермаков; базовыми подразделениями - кафедра математической физики УрФУ, кафедра высокомолекулярных соединений УрФУ, отдел магнитных материалов ИФМ.</p>
---	---

## 13.3 Научный коллектив проекта - ключевые сотрудники (3-5 ключевых сотрудников)

№	Фамилия	Имя	Отчество	Год рождения	ID Scopus	Роль сотрудника в проекте	Ученая степень	Ученое звание	Индекс Хирша	Наиболее значимые публикации - не более трех (название, издание, год публикации)	Сведения о наиболее значимых реализованных НИР и НИОКР (название, срок выполнения, объем финансирования - не более 3-х проектов)	Описание ключевого вклада и объема занятости сотрудника в проекте	Трудовые отношения сотрудника с университетом (основное место работы, совместитель, договор ГИХ, иное)	Комментарии

1	Овчинников Александр Сергеевич	1971	7102289562	Ведущий исследователь	Доктор наук	Доцент	12	Chiral magnetic soliton lattice on a chiral helimagnet, Physical Review Letters, 2012 Magnetic phase transitions in optical spectrum of magnetic semiconductor CuO, Journal of Magnetism and Magnetic Materials, 1998 Theory of spin current in chiral helimagnets, Physical Review B - Condensed Matter and Materials Physics, 2008	Российско-японский научный проект "Хиральность и магнетизм: от синтеза материалов к теоретически предсказанной функциональности", 2014-2015, 5 млн. руб.	Ведущий исполнитель проектной группы 0,5 ставки ведущего научного сотрудника	Основное место работы
2	Зубарев Андрей Юрьевич	1957	35563661900	Ведущий исследователь	Доктор наук	Профессор	17	Rheological properties of dense ferrofluids. Effect of chain-like aggregates, Journal of Magnetism and Magnetic Materials, 2002 Effect of chainlike aggregates on dynamical properties of magnetic liquids, Physical Review E - Statistical Physics, Plasmas, Fluids, and Related Interdisciplinary Topics, 2000 Towards a theory of dynamical properties of polydisperse magnetic fluids: Effect of chain-like aggregates, Physica A: Statistical Mechanics and its Applications, 2005	Механика плотных суспензий с жидкой и полимерной матрицей, 2013-2016, 4 млн. руб. Полярные и анизотропные мягкие материалы нового поколения, 2014-2016, 3 млн. руб. Матричнодисперсные материалы для инженерии биологических тканей, 2014-2016, 3 млн. руб.	Руководитель проектной группы 0,5 ставки ведущего научного сотрудника	Основное место работы
3	Мушников Николай Варфоломеевич	1959	7005357959	Ведущий исследователь	Доктор наук	Доцент	15	Magnetic properties of the 5f itinerant electron metamagnet UCoAl under high pressure, Physical Review B - Condensed Matter and Materials Physics, 1999 Hydrogen reaction kinetics of Mg-based alloys synthesized by mechanical milling, Journal of alloys and compounds, 2006 Magnetic and magnetoelastic properties of amorphous and crystalline TbFe <sub>2</sub> Ni <sub>x</sub> hydrides, Philosophical Magazine B: Physics of Condensed Matter; Statistical Mechanics, Electronic, Optical and Magnetic Properties, 1993	Влияние внешних воздействий на магнитные фазовые переходы в редкоземельных интерметаллидах, 2015-2017, 12 млн. руб. Магнитные, магнитоэластические, магнитотермические и магнитотранспортные свойства сплавов и соединений на основе 4f- и 3d-переходных металлов с конкурирующими взаимодействиями, 2015-2017, 3,9 млн. руб. Нанокристаллические ферромагнитные материалы: структура и функциональные свойства, 2012-2014, 9,9 млн. руб.	Руководитель проектной группы 0,5 ставки ведущего научного сотрудника	Совместительство
4	Куряцкая Галина Владимировна	1961	7004350808	Ведущий исследователь	Доктор наук	Доцент	24	Giant-magnetoimpedance-based sensitive element as a model for biosensors, Applied Physics Letters, 2003 Magnetic Dynabeads® detection by sensitive element based on giant magnetoimpedance, Biosensors and Bioelectronics, 2005 Very large magnetoimpedance effect in FeCoNi ferromagnetic tubes with high order magnetic anisotropy, Journal of Applied Physics, 2001	Исследование локальных и интегральных магнитных свойств композиционных систем нового типа - частично покрытых магнитно-двухфазных микропроводов, 2015, 0,3 млн. руб.	Ведущий исполнитель проектной группы 0,5 ставки ведущего научного сотрудника	Основное место работы
5	Баранов Николай Викторович	1950	7006207265	Ведущий исследователь	Доктор наук	Доцент	17	Field-induced ferrimagnetic state in a molecule-based magnet consisting of a CoII ion and a bis(nitroxide) radical, Journal of the American Chemical Society, 2007 Electrical resistivity and magnetic phase transitions in modified FeRh compounds, Journal of Alloys and Compounds, 1995 Magnetic phase transitions in Gd <sub>3</sub> Co, Journal of Alloys and Compounds, 1993	Магнетизм кристаллических, аморфных и наноструктурированных систем на основе редкоземельных металлов и сплавов группы железа, 2012-2014, 12 млн. руб. Магнитная структура, магнитные фазовые переходы и магнитный гистерезис в слоистых системах на основе халькогенидов переходных металлов, 2013-2015, 2 млн. руб. Квазидвумерные системы на основе дихалькогенидов переходных металлов: кристаллическая структура, фазовые преобразования и физические свойства, 2012-2014, 2 млн. руб.	Ведущий исполнитель проектной группы 0,5 ставки ведущего научного сотрудника	Совместительство

13.4 Административный коллектив проекта - ключевые сотрудники (2-3 ключевых сотрудника)

№	Фамилия	Имя	Отчество	Год рождения	ID Scopus	Роль сотрудника в проекте	Ученая степень	Ученое звание	Индекс Хирша	Наиболее значимые публикации - не более трех (название, издание, год публикации)	Сведения о наиболее значимых реализованных НИР и НИОКР (название, срок выполнения, объем финансирования - не более 3-х проектов)	Описание ключевого вклада и объема занятости сотрудника в проекте	Трудовые отношения сотрудника с университетом (основное место работы, совместитель, договор ГПХ, иное)	Комментарии

1	Васьковский	Владимир	Олегович	1949	6603710704	Директор	Доктор наук	Профессор	9	Very large magnetoimpedance effect in FeCoNi ferrromagnetic tubes with high order magnetic anisotropy, Journal of Applied Physics, 2001 Frequency dependence of giant magnetoimpedance effect in CuBe/CofeNi plated wire with different types of magnetic anisotropy, Journal of Applied Physics, 2000 Magnetoimpedance effect in CofeNi plated wire with ac field annealing destabilized domain structure, Journal of Applied Physics, 1998	Создание высокотехнологического производства датчиковой аппаратуры и измерительных систем на основе магнитоустойчивых наноструктур и электронного парамагнитного резонанса, 2013-2015, 190 млн. руб. Магнетизм кристаллических, аморфных и наноструктурированных систем на основе редкоземельных металлов и сплавов группы железа, 2012-2014, 12 млн. руб. Одноразовая магнитная анизотропия в пленочных ферро/ ферримагнитных структурах, 2013-2015, 3 млн. руб.	Руководитель проектной группы, директор 0,5 ставки - ведущий научный сотрудник	Основное место работы
2	Семкин	Михаил	Александрович	1991	56811520800	Администратор		Без звания	0	Temperature dependence of the propagation vector in Ni <sub>3</sub> -xCo <sub>x</sub> V <sub>2</sub> O <sub>8</sub> with x=0.1 and 0.5, Journal of Magnetism and Magnetic Materials, 2016	Исполнитель, администратор 0,5 ставки - младший научный сотрудник	Основное место работы	

### 13.5 Ведущий администратор проекта

Фамилия	Волегов
Имя	Алексей
Отчество	Сергеевич
Год рождения	1986
Id Scopus	36550906800
Роль сотрудника в проекте	Администратор
Ученая степень	Кандидат наук
Индекс Хирша	4
Трудовые отношения	Основное место работы
Основные реализованные проекты	
E-mail	alexey.volegov@urfu.ru
Телефон	+7(343)2616823

### 13.6 Ответственный проректор университета

Фамилия	Кружаев
Имя	Владимир
Отчество	Венедиктович
Год рождения	1951
E-mail	v.v.kruzaev@urfu.ru
Телефон	+7(343)375-48-90

### 13.7 Руководитель(и) САЕ

Фамилия	Имя	Отчество	Год рождения	Id Scopus	Роль сотрудника в проекте	САЕ	Ученая степень	Индекс Хирша	Трудовые отношения	Основные реализованные проекты	E-mail	Телефон
Германенко	Александр	Викторович	1961	7004209644	Администратор	Школа естественных наук и математики	Доктор наук	12	Основное место работы		alexander.germanenko@urfu.ru	+7(343)261-74-18

### 14 Инфраструктура, материально-технические и информационные ресурсы проекта (структура затрат)

#### 14.1 Общее описание основных привлекаемых ресурсов и их использование, в т.ч. условий их использования.

Общее описание основных привлекаемых ресурсов и их использование, в т.ч. условий их использования.	Для выполнения проекта в первую очередь будут привлечены материально-технические ресурсы Уральского федерального университета – заявителя проекта. Они включают: специализированные лабораторные помещения площадью около 2000 кв.м., современное научно-технологическое оборудование в основном зарубежного производства; аналитическое оборудование для определения композиционного состава и структурно-фазового состояния материалов; а также прецизионные измерительные установки для изучения магнитных, электрических и других физических свойств магнитных наноматериалов. Генеральным партнёром по данному проекту является Институт физики, который обладает самой крупной науко-ориентированной материально-технической базой в Уральском регионе. В рамках данного проекта, её планируется использовать на условиях аренды. Это, в частности, относится к оборудованию для получения плёночных наногетероструктур, а также уникальному литографическому комплексу, локализованному в специализированных чистых помещениях. Собственная материально-техническая база УрФУ и привлекаемые ресурсы генерального партнёра в целом отвечают целям, поставленным в данном проекте. Однако эта база может быть дополнена при его реализации, в частности, за счёт приобретения технологического оборудования последнего поколения для получения магнитных наноматериалов.
--	--

#### 14.2 Основные задействованные помещения (здания, сооружения, лаборатории и т.п.)

№	Помещения	Адрес	Владелец	Форма использования (договор)	Площадь (кв.м.)	Затраты на использование всего по проекту (млн руб.)
1	Помещения кафедры магнетизма и магнитных наноматериалов, отдела магнетизма твердых тел, кафедры теоретической физики, кафедры физики конденсированного состояния	г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 48	Уральский федеральный университет	На правах собственности	1500,	22,000
2	Помещения кафедры математической физики	г. Екатеринбург, ул. Тургенева, 4	Уральский федеральный университет	На правах собственности	200,	6,000
Итого:					1700,	28,000

#### 14.3 Основное задействованное оборудование (установки, комплексы, сети, суперкомпьютеры и т.п.)

№	Оборудование	Адрес установки	Владелец	Форма использования (договор)	Предназначение	Затраты на использование всего по проекту (млн руб.)
1	Установка магнетронного напыления пленок ORION 8 UHV	г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 48, к. 276 а	Уральский федеральный университет	На правах собственности	Получение однородных, многослойных и объемно-гетерогенных пленок металлических, диэлектрических и композиционных, в том числе магнитных, материалов в диапазоне толщин 5-1000 нм.	,250
2	Модернизированные установки ионного высокочастотного распыления УРМ3-013 и УРМ3-014	г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 48, к. 276 б	Уральский федеральный университет	На правах собственности	Получение и термообработки однородных и многослойных металлических, диэлектрических и композиционных пленок в диапазоне толщин 5-1000 нм.	,500
3	Установка для получения быстрозакаленных сплавов по методике спиннингования	г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 48, к. 012	Уральский федеральный университет	На правах собственности	Получение образцов металлических сплавов в форме лент или флейсков путем закалки струи жидкого металла (расплава) на поверхности быстровращающегося массивного металлического барабана	,890

4	Рентгеновский флуоресцентный спектрометр на полном отражении Rigaku Nanohunter	г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 48, к. 284	Уральский федеральный университет	На правах собственности	Неразрушающий элементный анализ тонких поверхностных слоёв твёрдых материалов; Неразрушающий элементный анализ порошков и керамик Анализ профиля состава тонких плёнок по толщине; Элементный анализ высушенных растворов (разрушающий анализ)	,200
5	Магнитоизмерительный комплекс Quantum Design MPMS-XL-7 EC с первичным преобразователем на основе сквида	г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 48, к. 277	Уральский федеральный университет	На правах собственности	Проведение в автоматическом режиме в широких диапазонах температур и магнитных полей на различных объектах следующих измерений: зависимостей намагниченности от напряжённости магнитного поля; температурных зависимостей намагниченности в постоянном магнитном поле; комплексной магнитной восприимчивости в переменном магнитном поле; электро- и магнитосопротивления и коэффициента Холла на постоянном и переменном токе.	5,000
6	Вибрационный магнитометр 7407 VSM	г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 48, к. 285	Уральский федеральный университет	На правах собственности	Проведение в автоматическом режиме в широких диапазонах температур и магнитных полей на различных объектах следующих измерений: зависимостей намагниченности от напряжённости магнитного поля; температурных зависимостей намагниченности в постоянном магнитном поле; электро- и магнитосопротивления и коэффициента Холла на постоянном и переменном токе.	1,000
7	Установка для измерения электромагнитных параметров магнитомягких материалов УКМП 0,05-100	г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 48, к. 376	Уральский федеральный университет	На правах собственности	Измерение магнитных и электрических характеристик магнитопроводов из магнитомягких материалов	,050
8	Магнитооптический Керр-микроскоп	г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 48, к. 373	Уральский федеральный университет	На правах собственности	Наблюдение магнитной доменной структуры с использованием полярного, меридионального и экваториального эффектов Керра, а также для автоматического измерения магнитооптических петель гистерезиса	1,000
9	Автоматизированная установка для измерения магнитокалорического эффекта «MagEqMMS»	г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 48, к. 375 а	Уральский федеральный университет	На правах собственности	Измерение прямым методом адабатического изменения температуры, индуцируемого изменением магнитного поля, а также теплоемкости в различных магнитных полях	,500
10	Измеритель свойств постоянных магнитов Ретраграф-L	г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 48, к. 273	Уральский федеральный университет	На правах собственности	Измерение магнитных гистерезисных характеристик магнитотвердых материалов в диапазоне температур 20 - 200 °С в замкнутой магнитной цепи	,200
11	Порошковый дифрактометр Bruker D8 Advance	г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 48, к. 106	Уральский федеральный университет	На правах собственности	Измерение дифрактограмм порошковых образцов в широком температурном диапазоне, фазовый и структурный анализ, изучение структурных фазовых превращений	3,000
12	Просвечивающий электронный микроскоп JEOL JEM 2100	г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 48, к. 137	Уральский федеральный университет	На правах собственности	Проведение структурного, фазового, химического анализа тонких и ультратонких образцов.	2,000
13	Сканирующий электронный микроскоп Carl Zeiss AURIGA CrossBeam	г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 48, к. 124	Уральский федеральный университет	На правах собственности	Исследование морфологии, химических и структурных свойств материалов с нанометровым пространственным разрешением.	1,500
14	Установка, предназначенная для измерения физических свойств материалов PPMS DynaCool 9	г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 48, к. 169	Уральский федеральный университет	На правах собственности	Исследование магнитных, электрических, тепловых, транспортных свойств твердых тел и жидкостей в широких диапазонах магнитных полей и температур.	3,000
15	Линейка литографического оборудования, размещенного в комплексе чистых помещений с классами чистоты ИСО 7 и ИСО 9 и площадью 243 м2	г. Екатеринбург, ул. Комсомольская, 34	Институт физики металлов УрО РАН	Аренда	Синтез магнитных наноструктур	6,000
Итого:						25,090

## 14.4 Основные задействованные информационные ресурсы (ПО, базы данных, библиотеки и т.п.)

№	Информационные ресурсы	Владелец	Форма использования (договор)	Предназначение	Затраты на использование всего по проекту (млн руб.)
1	Web of Science	Thomson Reuters	Подписка	Поисковая платформа по реферативным базам данных публикаций в научных журналах и патентов.	1,000
2	Scopus	Elsevier	Подписка	Крупнейшая поисковая платформа по реферативным базам данных публикаций в научных журналах.	1,000
Итого:					2,000

## 14.5 Прочие ресурсы

№	Прочие ресурсы	Владелец	Форма использования (договор)	Предназначение	Затраты на использование всего по проекту (млн руб.)
1	Нет	-	-	-	,000
Итого:					,000

## 15 Финансовая модель проекта

## 15.1 Доходы проекта

№	Доходы проекта	2017	2018	2019	2020	2021	ИТОГО
1	Софинансирование партнеров (млн. руб)	,000	5,000	5,000	10,000	10,000	30,000
2	Софинансирование университета (млн. руб)	40,000	45,000	45,000	60,000	70,000	260,000
3	Средства субсидии (млн. руб)	100,000	160,000	100,000	40,000	,000	400,000
Итого:		140,000	210,000	150,000	110,000	80,000	690,000

## 15.2 Расходы проекта

№	Расходы проекта	2017	2018	2019	2020	2021	ИТОГО
1	Оборудование (млн. руб)	50,000	120,000	60,000	20,000	20,000	270,000
2	Текущие затраты (млн. руб)	90,000	90,000	90,000	90,000	60,000	420,000
Итого:		140,000	210,000	150,000	110,000	80,000	690,000

## 16 Календарный план реализации проекта

## 16.1 Календарный план реализации проекта - результаты

№	Задача	Ожидаемый результат	Комментарий	2017 1-е полугодие	2017 2-е полугодие	2018	2019	2020	2021
1	Разработка материалов спинтроники на основе хиральных магнитных структур	Методика синтеза, получение и структурная аттестация многолинейных наноструктур с регулируемой магнитной структурой.	В рамках методов прецизионного магнетронного распыления и молекулярно-лучевой эпитаксии будут отработаны основные технологические приёмы синтеза сверхрешёток, характеризующихся магнитной хиральностью, в том числе содержащих нанослои редкоземельных металлов, получены опытные образцы указанных наноструктур для проведения последующих исследований и оптимизации функциональных свойств. Для аттестации образцов будут использованы методы просвечивающей электронной микроскопии и рентгеноструктурного анализа.	II квартал	-	-	-	-	-
2	Разработка материалов спинтроники на основе хиральных магнитных структур	Результаты теоретического анализа оптической хиральности.	В рамках симметричного анализа уравнений Максвелла в среде обобщить понятия оптической хиральности на случай хирального гелимагнетика, установить условия сохранения этой величины.	-	IV квартал	-	-	-	-
3				-	-	II квартал	-	-	-

	Разработка материалов спирирони на основе хиральных магнитных структур	Температурные зависимости физических свойств многослойных наноструктур.	Будут определены температурные зависимости электросопротивления наноструктур различного типа, выявлено наличие и установлены температурные области существования хиральных магнитных состояний в тонких пленках и на основе редкоземельных магнетиков.									
4	Разработка материалов спирирони на основе хиральных магнитных структур	Основные положения теорий спиновой и решёточной динамики в гелимагнетиках.	На примере тонких плёнок $\text{CrNb}_3\text{S}_6$ будет построена теория спинового резонанса в рамках модели конечномерной солитонной решетки и учета особенностей доменной структуры, наблюдяемой в этом соединении. Теоретически будет исследован спектр связанных магнитоупругих волн в солитонной решетке моноаксиального гелимагнетика.						IV квартал	-	-	-
5	Разработка материалов спирирони на основе хиральных магнитных структур	Магнитооптические свойства обменно-связанных сверхрешёток.	Будут выявлены особенности магнитооптических свойств магнитных сверхрешёток и оценён их потенциал, как метаматериалов.						II квартал	-	-	-
6	Разработка материалов спирирони на основе хиральных магнитных структур	Длительные латерально-ограниченные микрообъекты с гелимоподобной магнитной структурой.	С использованием методов литографии будут разработаны способы получения столбчатых микрообъектов, позволяющих для исследования эффекта туннельского магнитосопротивления (TMC) в наноструктурах с неколлинеарным упорядочением намагниченностей отдельных ферромагнитных слоев, включая туннельные наноструктуры со слоями из хиральных магнетиков.						IV квартал	-	-	-
7	Разработка материалов спирирони на основе хиральных магнитных структур	Результаты теоретического исследования квантостатистических свойств гелимагнетиков.	С помощью РГ-подхода Костерлица будет проанализирована возможность перехода Березинского-Костерлица-Тауэсса для XY-модели с внутрислоевым взаимодействием Дзюллианского-Мория. Рассмотрение этой задачи будет проводиться с помощью метода функциональной реформ-группы в рамках модели Покровского-Талапова.						II квартал	-	-	II квартал
8	Разработка материалов спирирони на основе хиральных магнитных структур	Результаты оптимизации функциональных свойств наноструктур различного типа.	Будут исследованы изменения магнитных, электрических, магнито-транспортных свойств наноструктур и приготовленных латерально-ограниченных микрообъектов в зависимости от используемых в них типов магнитных и немагнитных материалов, а также от технологических параметров их приготовления.						IV квартал	-	-	IV квартал
9	Разработка магнитных материалов для устройств преобразования энергии, применяющихся при повышенных температурах и обладающих высокими эксплуатационными характеристиками.	Результаты исследования магнитного спинового дисперсионно-твердеющих сплавов $\text{Sm}(\text{Co,Cu,Zr})_{7.3}$ .	Будет установлен механизм немонотонного температурного изменения коэрцитивной силы дисперсионно-твердеющих сплавов $\text{Sm}(\text{Co,Cu,Zr})_{7.3}$ и выполнена оптимизация их состава и микроструктуры для получения высоких значений коэрцитивной силы и поля анизотропии при повышенных температурах.	II квартал	-	-	-	-	-	-	-	-
10	Разработка магнитных материалов для устройств преобразования энергии, применяющихся при повышенных температурах и обладающих высокими эксплуатационными характеристиками.	Физические принципы и технология получения эффективных магнитотвёрдых материалов с пониженным содержанием дорогих компонент.	Будут исследованы возможности получения магнитотвёрдых материалов повышенной жаропрочности не содержащих (или с низким содержанием) редкоземельных металлов для массового применения в электротехнике.					IV квартал	-	-	-	-
11	Разработка магнитных материалов для устройств преобразования энергии, применяющихся при повышенных температурах и обладающих высокими эксплуатационными характеристиками.	Методика получения и результаты исследования свойств магнитотвёрдых материалов со структурой $\text{TmMn}_2$ .	Будет отработана методика получения быстрозакаленных лент сплава $\text{Sm-Zr-Fe-Co-Ti}$ , выполнена оптимизация условий для получения высокоанизотропной фазы типа $\text{TbMn}_2$ , изучены температурные зависимости констант анизотропии, намагниченности и коэрцитивной силы, проведён сравнительный анализ использования фаз типа $\text{TbMn}_2$ и $\text{NdFe}_4\text{B}$ в постоянных магнитах, работающих при температурах до $200-250^\circ\text{C}$ .						II квартал	-	-	-
12	Разработка магнитных материалов для устройств преобразования энергии, применяющихся при повышенных температурах и обладающих высокими эксплуатационными характеристиками.	Технология получения и результаты исследования свойств нанокристаллических магнитных сплавов на основе Fe и Co.	Будет отработана методика получения быстрозакаленных лент сплава $(\text{FeCo})_{\text{NiW}}\text{MoZrBCu}$ , изучено влияние термомеханической обработки на коэрцитивную силу, магнитную проницаемость, исследована термическая стабильность свойств быстрозакаленных лент при повышенных температурах.						IV квартал	-	-	-
13	Разработка магнитных материалов для устройств преобразования энергии, применяющихся при повышенных температурах и обладающих высокими эксплуатационными характеристиками.	Технология получения и результаты исследования свойств порошковых магнитотвёрдых материалов.	Будут отработаны методики нанесения изолирующих покрытий на частицы железа, прямого и гидротермического пресования полученных порошков и их спекания для получения плотности изделий не ниже $7.3 \text{ г/см}^3$ , исследованы динамические магнитные свойства полученных образцов.						II квартал	-	-	-
14	Разработка магнитных материалов для устройств преобразования энергии, применяющихся при повышенных температурах и обладающих высокими эксплуатационными характеристиками.	Материалы с большим магнитокалориметрическим эффектом со структурой типа $\text{MgCu}_2$ .	Будет выполнен синтез фаз Лавеса со структурой типа $\text{MgCu}_2$ , в которых температура магнитного упорядочения изменяется от 0 до $500^\circ\text{C}$ и по данным магнитных измерений определено температурное изменение энтропии. Будет дана оценка применимости магнитокалориметрического эффекта для теплопередающих устройств при повышенных температурах.						IV квартал	-	-	-
15	Разработка магнитных материалов для устройств преобразования энергии, применяющихся при повышенных температурах и обладающих высокими эксплуатационными характеристиками.	Результаты поисковых исследований композиционных магнитотвёрдых материалов для высокооборотных электродвигателей.	Будут выполнены поиск составов и способов реализации высококоэрцитивного состояния магнитных наполнителей для магнитотвёрдых материалов с высокими магнитной жаропрочностью, термостойкостью и удельным электросопротивлением.						II квартал	-	-	II квартал
16	Разработка магнитных материалов для устройств преобразования энергии, применяющихся при повышенных температурах и обладающих высокими эксплуатационными характеристиками.	Опытные образцы магнитотвёрдых и магнитоточных материалов по оптимизированной технологии.	Будут изготовлены опытные образцы постоянных магнитов из дисперсионно-твердеющих сплавов $\text{Sm}(\text{Co,Cu,Zr})_{7.3}$ , работоспособных при температурах до $500^\circ\text{C}$ , нанокристаллических сплавов с высокой термической стабильностью и температурой функционирования до $500^\circ\text{C}$ , порошковой композиционной материала с индукцией насыщения $2 \text{ Тл}$ и низкими потерями на вихревые токи при частотах до $50 \text{ кГц}$ . Будет выполнен анализ воспроизводимости свойств материалов и внесены коррективы в соответствующие технологические процессы.						IV квартал	-	-	IV квартал
17	Разработка сенсорных материалов на основе плёночных магнитных наноструктур.	Технология получения плёночных магниточувствительных сред	На основе методов прецизионного магнетронного распыления и молекулярно-лучевой эпитаксии будут отработаны способы получения многокомпонентных магниточувствительных наноматериалов на основе 3-d металлов и сплавов, немагнитных металлов, редкоземельных металлов и диэлектриков; магнитные металлические сверхрешетки и спиновые слои с гигантским магнитосопротивлением, спи-туннельные наноструктуры с диэлектрическим слоем из $\text{MgO}$ .	II квартал	-	-	-	-	-	-	-	-
18	Разработка сенсорных материалов на основе плёночных магнитных наноструктур.	Физические принципы, реализация и результаты исследования термочувствительных спиновых клапанов.	Будет выполнен экспериментальный поиск многослойных наноструктур типа «спиновой клапан», которые обнаруживают четкое температурное изменение электросопротивления в зависимости от температуры окружающей среды и внешнего магнитного поля. Для реализации указанного сочетания свойств в составе наноструктур будет использован аморфный ферритмагнетик типа $\text{Gd-Co}$ с композиционно регулируемой температурной зависимостью коэрцитивной силы.					IV квартал	-	-	-	-
19	Разработка сенсорных материалов на основе плёночных магнитных наноструктур.	Результаты исследования свойств магниточувствительных наноструктур с гигантским магнитосопротивлением.	Будут установлены новые закономерности формирования структурных, магнитных, электрических, магнитотранспортных свойств магниточувствительных наноструктур в зависимости от используемых в них типов материалов, толщины слоев, а также от технологических параметров их приготовления. Это позволит оптимизировать функциональные характеристики магниточувствительных сред на основе гигантского магнитосопротивления для применения в конкретных устройствах магнитной сенсорики.						II квартал	-	-	-
20	Разработка сенсорных материалов на основе плёночных магнитных наноструктур.	Результаты экспериментального исследования и численного моделирования эластомагнеторезистивных сред.	Будут найдены композиционные и структурные параметры многослойных магнитных плёнок, эффективно сочетающихся в себе магнито-эластичные, анизотропно магнитосопротивления и однонаправленную анизотропию. Методами натурального эксперимента и численного моделирования будет выполнена оптимизация функциональных свойств таких сред и определены перспективы их использования в первичных преобразователях упругой деформации.						IV квартал	-	-	-
21	Разработка сенсорных материалов на основе плёночных магнитных наноструктур.	Результаты исследования свойств магниточувствительных наноструктур с туннельным магнитосопротивлением.	Пути варьирования композиционных и структурных параметров многослойных плёнок будут оптимизированы функциональные свойства магнито-резистивных сред с туннельным магнитосопротивлением для применения в устройствах магнитоэлектроники.						II квартал	-	-	-
22	Разработка сенсорных материалов на основе плёночных магнитных наноструктур.	Результаты исследования динамических магнитных и резистивных свойств плёночных наноструктур на полимерных подложках.	Будут получены и исследованы магнитные статические свойства и магнитный импеданс многослойных плёночных структур на основе пермаллоев с прослойками меди или титана, осаждённых на гибкие подложки. Будет выполнена оптимизация толщин параметров указанных наноструктур по величине гигантского магнитного импеданса и его чувствительности к магнитному полю, проведена адаптация таких сред для регистрации магнитных частиц.						IV квартал	-	-	-
23	Разработка сенсорных материалов на основе плёночных магнитных наноструктур.	Методики применения литографического метода для изготовления планарных микрообъектов из магниточувствительных наноструктур различного типа.	Будут отработаны методы изготовления плёночных элементов пригодных для изучения спиновых эффектов, возникающих при протекании тока вдоль и поперек слоев, а также моделей GMR и TMR микросенсоров.						II квартал	-	-	II квартал
24	Разработка сенсорных материалов на основе плёночных магнитных наноструктур.	Методы получения и результаты исследования композиционных слоистых плёнок с магнитоэлектрическим эффектом.	На основе методов магнетронного распыления, лазерной абляции и с применением спинкоутера будет разработана комплексная технология получения композиционных плёнок, которые включают металлические и полимерные слои, обладающие магнитоэлектрическим и пьезоэлектрическим эффектами соответственно. Будет выполнено исследование магнитных и электрических свойств отдельных слоёв и многослойных структур в целом и дана оценка перспективам применения их в сенсорной технике.						IV квартал	-	-	IV квартал
25	Разработка функциональных композиционных материалов на основе магнитных микро- и наночастиц.	Методы синтеза микро- и наночастиц различных магнитных материалов.	Будут апробированы и оптимизированы физические и химические методы получения металлических и диэлектрических магнитных частиц с регулируемым размерами характеристиками. Будут выработаны эффективные способы их агрегирования.	II квартал	-	-	-	-	II квартал	-	-	-
26	Разработка функциональных композиционных материалов на основе магнитных микро- и наночастиц.	Результаты теоретического и экспериментального исследования закономерностей выделения тепла анизотропными магнитными наночастицами в биологических средах.	Будут выполнены модельные и натурные эксперименты, направленные на создание методик регулирования тепловыделения в ансамблях магнитных наночастиц под воздействием переменного магнитного поля.					IV квартал	IV квартал	-	-	-
27	Разработка функциональных композиционных материалов на основе магнитных микро- и наночастиц.	Результаты исследования магнитных и механических свойств магнитополюзных гелей.	Пути варьирования размерных и магнитных характеристик частиц, а также реологических свойств полимерных матриц будут определены основные способы управления механическими свойствами магнитополюзных гелей.						II квартал	-	-	II квартал

28	Разработка функциональных композитных материалов на основе магнитных микро- и наночастиц.	Научные основы методик использования магнитных частиц для терапии онкологических заболеваний.	На реальных биологических объектах будет определено влияние переменного магнитного поля на состояние клеточных структур, содержащих магнитные частицы.	-	-	-	IV квартал	IV квартал	IV квартал
----	---	---	--	---	---	---	------------	------------	------------

## 16.2 Календарный план реализации проекта - KPI

№	Задача	KPI	Комментарий	2017 1-ое полугодие	2017 2-е полугодие	2018	2019	2020	2021
1	Разработка материалов спинтроники на основе хиральных магнитных структур	1	Показатель технологической обеспеченности исследований сверхрешёток с магнитной хиральностью	+	-	-	-	-	-
2	Разработка материалов спинтроники на основе хиральных магнитных структур	2	Показатель эффективности использования симметричного анализа уравнений Максвелла для изучения оптической хиральности	-	+	-	-	-	-
3	Разработка материалов спинтроники на основе хиральных магнитных структур	3	Показатель обнаружения хиральных магнитных состояний в тонких пленках на основе редкоземельных магнетиков	-	-	+	-	-	-
4	Разработка материалов спинтроники на основе хиральных магнитных структур	4	Показатель построения теории спинового резонанса и магнитоупругих волн для гелимагнетиков	-	-	+	-	-	-
5	Разработка материалов спинтроники на основе хиральных магнитных структур	5	Показатель обнаружения в магнитных сверхрешётках свойств метаматериалов	-	-	-	+	-	-
6	Разработка материалов спинтроники на основе хиральных магнитных структур	6	Показатель применимости метода литографии для получения столбчатых микрообъектов с признаками магнитной хиральности	-	-	-	+	-	-
7	Разработка материалов спинтроники на основе хиральных магнитных структур	7	Показатель применимости различных теоретических моделей для описания свойств гелимагнетиков	-	-	-	-	+	+
8	Разработка материалов спинтроники на основе хиральных магнитных структур	8	Показатель установления связей между композиционно-структурным состоянием и функциональными свойствами наноструктур	-	-	-	-	+	+
9	Разработка магнитных материалов для устройств преобразования энергии, применяющихся при повышенных температурах и обладающих высокими эксплуатационными характеристиками.	9	Показатель установления причин температурной аномалии магнитного гистерезиса в сплавах Sm(Co,Cu,Zr) <sub>7.3</sub>	+	-	-	-	-	-
10	Разработка магнитных материалов для устройств преобразования энергии, применяющихся при повышенных температурах и обладающих высокими эксплуатационными характеристиками.	10	Показатель реализации принципа удешевления магнитотвёрдых материалов массового применения	-	+	-	-	-	-
11	Разработка магнитных материалов для устройств преобразования энергии, применяющихся при повышенных температурах и обладающих высокими эксплуатационными характеристиками.	11	Показатель применимости технологий быстрой закалки и отжига для получения магнитотвёрдой фазы типа ThMn12 в сплавах Sm-Zr-Fe-Co-Ti	-	-	+	-	-	-
12	Разработка магнитных материалов для устройств преобразования энергии, применяющихся при повышенных температурах и обладающих высокими эксплуатационными характеристиками.	12	Показатель реализации повышенной термостабильности магнитных свойств быстрозакаленных лент сплава (FeCo)HfWMoZrBCu	-	-	+	-	-	-
13	Разработка магнитных материалов для устройств преобразования энергии, применяющихся при повышенных температурах и обладающих высокими эксплуатационными характеристиками.	13	Показатель эффективности технологии получения магнитомягких материалов на основе частиц железа	-	-	-	+	-	-
14	Разработка магнитных материалов для устройств преобразования энергии, применяющихся при повышенных температурах и обладающих высокими эксплуатационными характеристиками.	14	Показатель достижения высокого магнитокалорического эффекта в материалах на основе фаз Лавеса со структурой типа MgCu2	-	-	-	+	-	-
15	Разработка магнитных материалов для устройств преобразования энергии, применяющихся при повышенных температурах и обладающих высокими эксплуатационными характеристиками.	15	Показатель улучшения свойств магнитотвёрдых композитов для многооборотных двигателей	-	-	-	-	+	+
16	Разработка магнитных материалов для устройств преобразования энергии, применяющихся при повышенных температурах и обладающих высокими эксплуатационными характеристиками.	16	Показатель успешной реализации разработанных методик получения магнитных материалов, работоспособных при повышенных температурах	-	-	-	-	+	+
17	Разработка сенсорных материалов на основе плёночных магнитных наноструктур.	17	Показатель эффективности разработанных методик для получения магниточувствительных сред различного типа	+	-	-	-	-	-
18	Разработка сенсорных материалов на основе плёночных магнитных наноструктур.	18	Показатель создания термочувствительного спинового клапана с использованием ферримагнетика типа Gd-Co	-	+	-	-	-	-
19	Разработка сенсорных материалов на основе плёночных магнитных наноструктур.	19	Показатель оптимизации функциональных свойств наноструктур с гигантским магнитосопротивлением	-	-	+	-	-	-
20	Разработка сенсорных материалов на основе плёночных магнитных наноструктур.	20	Показатель установления оптимального соотношения магнитострикции, анизотропии магнитосопротивления и однонаправленной анизотропии в средах с эластомагниторезистивным эффектом	-	-	+	-	-	-
21	Разработка сенсорных материалов на основе плёночных магнитных наноструктур.	21	Показатель оптимизации функциональных свойств сред с туннельным магнитосопротивлением	-	-	-	+	-	-
22	Разработка сенсорных материалов на основе плёночных магнитных наноструктур.	22	Показатель оптимизации функциональных свойств сред с гигантским магнитным импедансом	-	-	-	+	-	-
23	Разработка сенсорных материалов на основе плёночных магнитных наноструктур.	23	Показатель применимости методик для изготовления прототипов ГМР и ТМР микросенсоров	-	-	-	-	+	+
24	Разработка сенсорных материалов на основе плёночных магнитных наноструктур.	24	Показатель эффективности сочетания полимерных и металлических слоёв в плёночных средах с магнитоэлектрическим эффектом	-	-	-	-	+	+
25	Разработка функциональных композитных материалов на основе магнитных микро- и наночастиц.	25	Показатель эффективности применяемых методик для получения магнитных частиц с регулируемыми свойствами	+	-	+	-	-	-
26	Разработка функциональных композитных материалов на основе магнитных микро- и наночастиц.	26	Показатель применимости разработанных подходов для описания тепловыделения магнитных частиц при динамическом перемещении	-	+	+	-	-	-
27	Разработка функциональных композитных материалов на основе магнитных микро- и наночастиц.	27	Показатель эффективности разработанных методик варьирования магнетомеханических свойств магнитоуполненных гелей	-	-	-	+	+	+
28	Разработка функциональных композитных материалов на основе магнитных микро- и наночастиц.	28	Показатель эффективности разработанной методики в экспериментах на биологических объектах	-	-	-	+	+	+