

Федеральное агентство научных организаций  
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
**Пермский федеральный исследовательский центр  
Уральского отделения  
Российской академии наук**

Принято на заседании  
Объединённого учёного совета  
ПФИЦ УрО РАН  
Протокол № 6/18  
28 сентября 2018 г.



**УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ДИСЦИПЛИНЫ**  
**«Физика вязкоупругих магнитных материалов»**  
(наименование дисциплины по учебному плану)

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

Направление 01.06.01 «Математика и механика»  
(код и наименование)

Профиль программы аспирантуры 01.02.04 Механика деформируемого твердого тела

Квалификация выпускника: Исследователь. Преподаватель-исследователь

Форма обучения: Очная

Курс: 1 Семестр(ы): 1, 2

**Трудоёмкость:**

Кредитов по рабочему учебному плану: 3 ЗЕ  
Часов по рабочему учебному плану: 108 ч

**Виды контроля:**

Экзамен: - нет      Зачёт: 2      Курсовой проект: - нет      Курсовая работа: - нет

**Рабочая программа дисциплины Физика вязкоупругих магнитных материалов разработана на основании:**

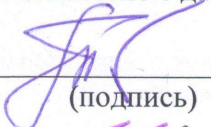
- федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 01.06.01 «Математика и механика (уровень подготовки кадров высшей квалификации)», утверждённого приказом № 866 Министерства образования и науки Российской Федерации 30 июля 2014 г.;
- компетентностной модели выпускника ООП по направлению подготовки 01.06.01 «Математика и механика» (уровень подготовки кадров высшей квалификации) и программы аспирантуры «Механика деформируемого твёрдого тела», утверждённой 28 сентября 2018 г.;
- базового учебного плана очной формы обучения по направлению подготовки 01.06.01 «Математика и механика» (уровень подготовки кадров высшей квалификации) и программы аспирантуры «Механика деформируемого твёрдого тела», утверждённой 28 сентября 2018 г.

**Рабочая программа согласована с рабочими программами дисциплин**

1. Соотношения на поверхностях разрыва
2. Параллельные вычисления в механике сплошных сред

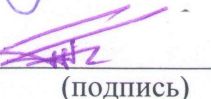
участвующей в формировании компетенций совместно с данной дисциплиной.

Разработчик д.ф.-м.н., профессор  
(учёная степень, звание)

  
(подпись)

Райхер Ю.Л.  
(инициалы, фамилия)

Рецензент: к.ф.-м.н., доцент  
(учёная степень, звание)

  
(подпись)

Иванов А.С.  
(инициалы, фамилия)

## 1. Общие положения

### 1.1. Цель учебной дисциплины

Дисциплина «Физика вязкоупругих магнитных материалов» является частью подготовки научно-педагогических кадров высшей квалификации. Курс предназначен для формирования системы знаний и основных понятий по современным быстро развивающимся разделам механики смарт-материалов (феррогели, мягкие магнитные эластомеры). Отличительной особенностью этих композиционных сред является возможность эффективно управлять их свойствами в бесконтактном режиме посредством приложения внешнего магнитного поля. Настоящий курс является междисциплинарным, он опирается на понятия и концепции как механики деформируемого твёрдого тела, так и физики магнитных явлений в конденсированном веществе.

В процессе изучения данной дисциплины аспирант расширяет и углубляет следующие компетенции:

- ПК-1 (способность проводить научные исследования в области механики деформируемого твёрдого тела);
- ПК-2 (способность получать численные и аналитические решения краевых задач для прогноза поведения деформируемых твёрдых тел различной природы при разнообразных физических воздействиях);
- ПК-3 (способность анализировать и формулировать связи между структурой материалов, характером внешних воздействий и процессами деформирования и разрушения);
- ПК-5 (способность планировать, проводить и интерпретировать экспериментальные данные по изучению деформирования, повреждения и разрушения материалов).

В результате изучения дисциплины обучающийся должен

#### **знать**

- общие физико-химические свойства смарт-материалов;
- общие принципы решения исследовательских и практических задач, связанных с использованием композиционных сред, в том числе в междисциплинарных областях.

#### **уметь**

- ставить задачу и планировать последовательность работ при изучении динамики вязкоупругих магнитных материалов;
- планировать проведение экспериментов, анализировать и интерпретировать экспериментальные данные.

#### **владеть**

- методами формализации задач и анализа имеющейся информации (результатов механических и физических экспериментов);
- практическими навыками и знаниями использования результатов современных исследований в данной области.

**1.2. Задачами** учебной дисциплины являются овладение методами и приёмами постановки и решения теоретических задач магнитомеханики этих существенно многомасштабных систем, а также изучение:

- основных проблем магнитомеханики мягких магнитных эластомеров, адекватных качественных формулировок и физически обоснованных соотношений, описывающих поведение этих систем при совместном воздействии механических нагрузок и внешних однородных и неоднородных магнитных полей;
- направлений исследования мягких магнитных эластомеров, разрабатываемых в настоящее время в мировой науке;
- современных экспериментов в этой области, достоверно обнаруженных эффектов, которые открывают уникальные возможности для практического использования мягких магнитных эластомеров;

### 1.3. Предметами освоения дисциплины являются:

- магнитомеханика смарт-материалов;
- феррогели;
- мягкие магнитные эластомеры;
- магнитные резины;
- основные понятия и определения основных разделов механики деформируемого твердого тела;
- физико-механические основы и физические механизмы, ответственные за поведение вязкоупругих магнитных материалов;
- подходы и методы построения моделей поведения вязкоупругих магнитных материалов.

### 1.4. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Физика вязкоупругих магнитных материалов» Б1.В.ДВ3.1 входит в Блок 1 и относится к циклу дисциплин по выбору вариативной части Модуля 1 образовательной программы по направлению подготовки: 01.06.01 – «Математика и механика», направленность 01.02.04 – «Механика деформируемого твёрдого тела».

#### Связь с предшествующими дисциплинами

Курс предполагает наличие у аспирантов знаний по высшей математике, уравнениям математической физики, вариационному исчислению, общей физике в объёме программы высшего профессионального образования.

#### Связь с последующими дисциплинами

Знания и навыки, полученные аспирантом при изучении данного курса, необходимы при работе над диссертацией и при её написании по специальности 01.02.04 – Механика деформируемого твёрдого тела.

## 2. Требования к результатам освоения учебной дисциплины

Учебная дисциплина обеспечивает формирование части компетенций ПК-1, ПК-2, ПК-3, ПК-5.

### 2.1. Дисциплинарная карта компетенции ПК-1

<b>Код ПК-1</b>	<b>Формулировка компетенции</b>
	Способность проводить научные исследования в области механики деформируемого твёрдого тела
<b>Код ПК-1. Б1.В.ДВ3.1</b>	<b>Формулировка дисциплинарной части компетенции</b>
	Способность проведения теоретических исследований в области феноменологической теории, охватывающей как магнитовязкость феррожидкостей (дисперсий однодоменных частиц ферромагнетика) на основе линейно-вязких сред, так и феррожидкостей с вязкоупругим носителем (среды Максвелла и Джеффриса).

### Требования к компонентному составу части компетенции

Перечень компонентов	Виды учебной работы	Средства оценки
<p><b>В результате освоения компетенции аспирант:</b>  <b>Знает:</b>            - методологию, конкретные методы и приемы научно-исследовательской работы в области механики деформируемого твёрдого тела (основные современные теории процессов деформирования и разрушения, взаимодействия структуры материала и внешних полей различной природы и интенсивности, методы описания процессов деформирования, фазовых и структурно-кинетических переходов в материале) (З ПК-1);</p>	Лекции, самостоятельная работа аспирантов по изучению теоретического материала	Устный опрос для текущего и промежуточного контроля.
<p><b>Умеет:</b>            - ставить задачу и применять современные методы (численные, аналитические, экспериментальные) для решения задач в области механики деформируемого твёрдого тела с учётом эволюции структуры материала и внешних воздействий различной природы и интенсивности (У ПК-1).</p>	Самостоятельная работа аспирантов, подготовка отчета, ведение текущей научно-исследовательской работы	Выполнение индивидуального плана аспирантов в части публикаций и участия в конференциях

### 2.2. Дисциплинарная карта компетенции ПК-2

<b>Код ПК-2</b>	<b>Формулировка компетенции</b> Способность получать численные и аналитические решения краевых задач для прогноза поведения деформируемых твердых тел различной природы при разнообразных воздействиях
<b>Код ПК-2. Б1.В.ДВ3.1</b>	<b>Формулировка дисциплинарной части компетенции</b> Способность проводить оценки характерных параметров в задачах статики и динамики, связанных с определением внутреннего состояния и макроскопического формоизменения магнитореологических полимеров и феррогелей, и анализировать предполагаемые эффекты по порядку величины. Способность корректно формулировать указанные проблемы в терминах краевых задач; владение основными методами численного решения.

### Требования к компонентному составу части компетенции

Перечень компонентов	Виды учебной работы	Средства оценки
<p><b>В результате освоения компетенции аспирант:</b>  <b>Знает:</b>            - методологию, конкретные методы и приемы решения краевых задач, встречающихся при исследовании проблем</p>	Лекции, самостоятельная работа аспирантов, подготовка отчета, ведение текущей научно-	Вопросы для текущего и промежуточного контроля.

механики деформируемого твёрдого тела (3 ПК-2);	исследовательской работы	
--	-----------------------------	--

### 2.3. Дисциплинарная карта компетенции ПК-3

<b>Код ПК-3</b>	<b>Формулировка компетенции</b> Способность анализировать и формулировать связи между структурой материалов, характером внешних воздействий и процессами деформирования и разрушения
<b>Код ПК-3. Б1.В.ДВ3.1</b>	<b>Формулировка дисциплинарной части компетенции</b> Способность проведения теоретических исследований в области феноменологической теории, охватывающей: (1) магнитовязкость феррожидкостей (дисперсий однодоменных частиц ферромагнетика) на основе как линейно-вязких сред, так и систем с вязкоупругим носителем (среды Максвелла и Джеффриса), (2) магнитоупругость феррогелей (среда Кельвина) и (3) магнитомеханику магнитореологических полимеров (среды Муни-Ривлина и Джента).

#### Требования к компонентному составу части компетенции

Перечень компонентов	Виды учебной работы	Средства оценки
<b>В результате освоения компетенции аспирант:</b> <b>Знает:</b> - методологию, конкретные методы и приемы анализа связи между структурой материалов, характером внешних воздействий и процессами деформирования и разрушения (3 ПК-3);	Лекции, самостоятельная работа аспирантов, подготовка отчета, ведение текущей научно-исследовательской работы	Вопросы для текущего и промежуточного контроля.
<b>Умеет:</b> - ставить и решать задачу о связи между изменением структуры материала и особенностями процесса деформирования и разрушения (У ПК-3);	Лекции, самостоятельная работа аспирантов, подготовка отчета, ведение текущей научно-исследовательской работы	Выполнение индивидуального плана аспирантов в части публикаций и участия в конференциях

### 2.4. Дисциплинарная карта компетенции ПК-5

<b>Код ПК-5</b>	<b>Формулировка компетенции</b> Способность планировать, проводить и интерпретировать экспериментальные данные по изучению деформирования, повреждения и разрушения материалов
<b>Код ПК-5. Б1.В.ДВ3.1</b>	<b>Формулировка дисциплинарной части компетенции</b> Способность предлагать принципиальные схемы экспериментов по механике магнитореологических полимеров и феррогелей и способность интерпретировать данные магнитных и механических (реологических) тестов и испытаний, проводимых с этими средами.

### Требования к компонентному составу части компетенции

Перечень компонентов	Виды учебной работы	Средства оценки
<b>В результате освоения компетенции аспирант:</b> <b>Знает:</b> - современные методы, приёмы планирования эксперимента, обработки и интерпретации экспериментальных данных по изучению деформирования, повреждения и разрушения материалов (3 ПК-5);	Лекции, самостоятельная работа аспирантов, подготовка отчета, ведение текущей научно-исследовательской работы	Вопросы для текущего и промежуточного контроля.
<b>Умеет:</b> - планировать проведение экспериментов, анализировать и интерпретировать экспериментальные данные по изучению деформирования, повреждения и разрушения материалов (У ПК-5);	Лекции, самостоятельная работа аспирантов, подготовка отчёта, ведение текущей научно-исследовательской работы	Выполнение индивидуального плана аспирантов в части публикаций и участия в конференциях

### 3. Структура учебной дисциплины по видам и формам учебной работы

#### Объём и виды учебной работы

№ п.п.	Виды учебной работы	Трудоёмкость, ч		
		по семестрам		всего
1	2	3		4
		1й	2й	
1	<b>Аудиторная работа</b>	<b>14</b>	-	<b>14</b>
	- лекции (Л)	14	-	14
	- практические занятия (ПЗ)	-	-	-
	- участие в лабораторных семинарах (С)	<b>9</b>		9
2	<b>Контроль самостоятельной работы (КСР)</b>	-	-	-
3	<b>Самостоятельная работа (СР)</b>	<b>29</b>	<b>52</b>	<b>81</b>
	- изучение теоретического материала	29	52	81
4	<b>Итоговая аттестация по дисциплине: Зачёт</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>4</b>
5	<b>Трудоёмкость дисциплины, всего: в часах (ч) в зачётных единицах (ЗЕ)</b>	<b>54 1,5</b>	<b>54 1,5</b>	<b>108 3</b>

## 4. Содержание учебной дисциплины

### 4.1 Модульный тематический план

Тематический план по модулям учебной дисциплины

Но- мер учеб- ного мо- дуля	Номер раз- дела дисци- плины	Номер темы дисци- плины	Количество часов (очная форма обучения)							Трудоём- кость, ч / ЗЕ
			аудиторная работа					итого- вая ат- теста- ция	само- стоя- тель- ная ра- бота	
			всего	Л	ПЗ	С	КСР			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	1	Введение	1	1	-	-	-	-	-	1
		1	2	1	-	1	-	-	12	14
		2	3	2	-	2	-	-	11	14
		3	3	2	-	1	-	-	12	15
		4	3	2	-	1	-	-	12	15
		5	3	2	-	1	-	-	12	15
		6	4	2	-	2	-	-	11	15
		7	4	2	-	2	-	-	11	15
<b>Итого по модулю:</b>			<b>23</b>	<b>14</b>		<b>9</b>			<b>81</b>	<b>104</b>
<b>Итоговая аттестация</b>								<b>4</b>		<b>4</b>
<b>Всего:</b>			<b>23</b>	<b>14</b>				<b>4</b>	<b>81</b>	<b>108/3</b>

### 4.2 Содержание разделов и тем учебной дисциплины

#### Введение.

Л – 1 ч.

Организация учебного процесса. Основные понятия, термины и определения. Предмет и задачи дисциплины.

#### Раздел 1.

Л – 13 ч., С – 9 ч., СР – 81 ч.

Тема 1. Диполь-дипольное взаимодействие магнитных частиц, потенциальная энергия и межчастичные силы. Макроскопическая теория ферромагнетиков. Магнитомягкие и магнитожесткие материалы. Доменная структура.

Тема 2. Неоднородное взаимное намагничивание частиц. Постановка задачи. Случай линейного намагничивания: решение Джеффри, представление решения в виде рядов, расчёт межчастичных сил. Результаты численного расчёта для произвольного закона намагничивания.

Тема 3. Общая классификация магнитных нанокомпозитов: магнитные жидкости, магнитореологические суспензии, феррогели, мягкие магнитные эластомеры, магнитные резины. Качественные основы магнитомеханики эластомерных композитов и феррогелей, предсказание возможных эффектов. Мягкие магнитные эластомеры (ММЭ). Тензоры упругих напряжений и напряжений Максвелла.

Тема 4. Однокомпонентный континуум, вывод системы уравнений магнитоупругости для статического случая. Пондеромоторные силы в ММЭ в однородном поле. Поведение образца ММЭ в однородном поле: задачи о магнитоупругости сферы и эллипсоида.

Тема 5. Структурный подход, понятие о мезоскопическом (межчастичном) механизме дипольной магнитоупругости. Анализ дипольной магнитоупругости в образцах ММЭ с «газообразным» распределением частиц и при наличии сильных парных корреляций. Доказательство определяющего влияния ближнего пространственного порядка частиц на магнитоупругость.



Тема 6. Приближенный учёт мезоскопических эффектов в континуальной модели. Свойства ММЭ с высокой концентрацией наполнителя. Эффект индуцированной пластичности, внутреннее трение как его главная причина, структурная схема для описания индуцированной пластичности в адиабатическом приближении. Роль релаксационных явлений.

Тема 7. Постановки реометрических задач, зависимость комплексного модуля упругости ММЭ от частоты и поля.

#### 4.3 Перечень тем для проведения семинаров

Семинарское занятие как форма группового обучения применяется для коллективной проработки тем учебной дисциплины, усвоение которых определяет качество профессиональной подготовки, для обсуждения сложных разделов, наиболее трудных для индивидуального понимания и усвоения.

В частности, аспирантам предлагается подготовить рефераты на следующие темы:

Тема 1. Особенности отклика однодоменных и многодоменных частиц ферромагнетика на приложенное поле.

Тема 2. Методы решения уравнений в частных производных эллиптического типа. Граничные условия для магнитостатического потенциала. Аналогия между уравнением теплопроводности и задачей магнитостатики, соответствие физических величин.

Тема 3. Силы, действующие на ММЭ в неоднородном магнитном поле.

Тема 4. Электрострикционный аналог магнитодеформационного эффекта, приближение однородной деформации. Точное решение задачи о намагничивании сферы из ММЭ, оценка вклада неоднородной деформации в магнитодеформационный эффект.

Тема 5. Экспериментальное измерение магнестрикции: методы, материалы, материальные параметры, характерные диапазоны полей измерения, нагрузок, времён.

Тема 6. Структурные схемы макроскопической реологии: тела Кельвина, Томсона, комбинированные схемы.

Тема 7. Уравнения движения ММЭ в континуальном приближении. Учёт внутренней вязкости в тензоре напряжений и её зависимости от приложенного поля.

#### 4.4 Перечень тем лабораторных работ

Лабораторные работы не предусмотрены.

#### 4.5 Содержание самостоятельной работы аспирантов

Самостоятельная работа аспирантов заключается в чтении рекомендуемой литературы и в применении усвоенного аппарата при работе над диссертацией.

#### 4.6. Участие в научных мероприятиях различного уровня

№ п/п	Полное название мероприятия
1	Научный семинар Лаборатории кинетики анизотропных жидкостей, научный семинар ИМСС УрО РАН
2	Зимняя школа по механике сплошных сред, г. Пермь, ИМСС УрО РАН (каждые два года)
3	Всероссийская конференция молодых учёных «Математическое моделирование в естественных науках», г. Пермь, ПНИПУ (ежегодная)
4	Всероссийская конференция молодых учёных «Неравновесные процессы в сплошных средах», г. Пермь, ПГНИУ (ежегодная)
6	Участие в Российских и международных конференциях различного уровня
7	Участие в проектах РФФИ, РФФИ (индивидуально)

## **5. Методические указания по изучению дисциплины**

### **Аспирантам**

Изучение учебной дисциплины должно проводиться систематически. После изучения какого-либо раздела по учебнику или конспектным материалам рекомендуется по памяти воспроизвести основные термины, определения, понятия раздела. К выполнению практических заданий приступать после самостоятельной работы по изучению теоретических вопросов.

При самостоятельной научно-исследовательской работе проводить знакомство с основной и дополнительной литературой, включая справочные издания, зарубежные источники, конспект и т.д.; составлять аннотации к прочитанным литературным источникам; писать разделы глав научно-исследовательской работы; проводить самоконтроль освоения программного материала.

При подготовке к семинару проводить анализ литературных источников на заданную тему; кратко изложить их содержание, обобщив учебный материал. На семинаре после выступления докладчика, проанализировав факты, вести диалог с преподавателем и коллегами, доказательно рассуждать, выделять и формулировать проблемы, находить пути их решения.

Необходимо помнить, что результаты работы контролируются преподавателем и учитываются при аттестации.

### **Преподавателям**

Преподавателю необходимо систематически контролировать результаты самостоятельной работы и учитывать их при аттестации студента.

Преподавателю важно помнить, что организация семинара требует прекрасного владения материалом, быстрой реакции на содержание и форму подачи идей, умения распределить время студентов и организовать работу всего коллектива учебной группы, уделяя внимание каждому студенту, научить их использовать знания, полученные на лекциях, и материалы научных исследований.

Темы семинаров должны быть максимально приближены к реальным потребностям практики и условиям профессиональной деятельности. Обсуждение организовывать таким образом, чтобы аспиранты интенсивно общались между собой и с преподавателем через активизацию их мыслительной деятельности, пробуждение интереса к обсуждаемой проблеме.

При проведении аттестации студентов важно помнить, что систематичность, объективность, аргументированность – главные принципы, на которых основаны контроль и оценка знаний. Проверка, контроль и оценка знаний студента требуют учета его индивидуального стиля в осуществлении учебной деятельности. Знание критериев оценки знаний обязательно для преподавателя и студента.

## **6. Образовательные технологии, используемые для формирования компетенций**

Для успешного освоения дисциплины применяются различные образовательные технологии, которые обеспечивают достижение планируемых результатов согласно основной профессиональной образовательной программы.

В ходе аудиторной работы преподаватель ведет диалог с аспирантами, задает вопросы, нацеленные на активизацию процессов усвоения материала, а также на развитие логического мышления. Преподаватель заранее намечает список вопросов, стимулирующих ассоциативное мышление и установления связей с ранее освоенным материалом.

Проведение семинаров основывается на методе обучения, при котором наряду с направляющей ролью преподавателя аспирант ведет интенсивную самостоятельную работу. Основной целью семинарского занятия является углубление, закрепление и полное усвоение того материала, в котором лекция ориентировала студентов, на базе умения самостоятельной работы с литературой и другими источниками. Семинарские занятия проводятся как заранее

подготовленное совместное обсуждение выдвинутых вопросов с коллективным поиском ответов на них. Этот вид занятия учит выступать с сообщениями, учит точно и доказательно выражать свои мысли на языке конкретной науки, анализировать факты, вести диалог, дискуссию, укрепляет интерес студента к науке и научным исследованиям, учит связывать научно-теоретические положения с практической деятельностью и приучает к самообразованию.

## 7. Фонд оценочных средств

Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации и текущего контроля представлен в виде приложения к рабочей программе дисциплины.

## 8. Управление и контроль освоения компетенций

### 8.1 Текущий контроль освоения заданных дисциплинарных частей компетенций

Текущий и промежуточный контроль освоения дисциплинарных частей компетенций проводится в форме:

- устного опроса.

### 8.2 Рубежный и промежуточный контроль освоения заданных дисциплинарных частей компетенций

Рубежный и промежуточный контроль освоения дисциплинарных частей компетенций проводится в форме:

- устного опроса.

### 8.3 Итоговый контроль освоения заданных дисциплинарных частей компетенций

#### 1) Зачёт

Условия проставления зачёта по дисциплине:

- зачёт по дисциплине выставляется по итогам проведённого аттестационного испытания по билетам и контроля самостоятельной работы.

#### 2) Экзамен

Не предусмотрен.

### 8.4 Виды текущего, рубежного и итогового контроля освоения элементов и частей компетенций

Контролируемые результаты освоения дисциплины	Вид контроля			
	ТК	ПК	ЛР	Зачёт
<b>В результате освоения компетенции аспирант:</b> <b>Знает:</b>				
- методологию, конкретные методы и приемы научно-исследовательской работы в области механики деформируемого твёрдого тела (основные современные теории процессов деформирования и разрушения, взаимодействия структуры материала и внешних полей различной природы и интенсивности, методы описания процессов деформирования, фазовых и структурно-кинетических переходов в материале) <b>(3 ПК-1);</b>	+	+		

- методологию, конкретные методы и приемы решения краевых задач, встречающихся при исследовании проблем механики деформируемого твёрдого тела <b>(3 ПК-2);</b>	+	+		
- методологию, конкретные методы и приёмы анализа связи между структурой материалов, характером внешних воздействий и процессами деформирования и разрушения <b>(3 ПК-3);</b>	+	+		
- современные методы, приёмы планирования эксперимента, обработки и интерпретации экспериментальных данных по изучению деформирования, повреждения и разрушения материалов <b>(3 ПК-5);</b>	+	+		
<b>Умеет:</b>				
- ставить задачу и применять современные методы (численные, аналитические, экспериментальные) для решения задач в области механики деформируемого твёрдого тела с учётом эволюции структуры материала и внешних воздействий различной природы и интенсивности <b>(У ПК-1);</b>				+
- ставить и решать задачу о связи между изменением структуры материала и особенностями процесса деформирования и разрушения <b>(У ПК-3);</b>				+
- планировать проведение экспериментов, анализировать и интерпретировать экспериментальные данные по изучению деформирования, повреждения и разрушения материалов <b>(У ПК-5);</b>				+

ТК – текущий контроль в форме устного опроса по темам (контроль знаний по теме);

ПК – промежуточный контроль в форме устного опроса по модулю (контроль знаний по теме);

ЛР – выполнение лабораторных работ с подготовкой отчёта (оценка умений и навыков).

## 9. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### Перечень основной и дополнительной учебной литературы

№	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке
1	2	3
<b>1 Основная литература</b>		
1	Тамм И.Е. Основы теории электричества. М.: Физматлит, 2003, 616 с.	1
2	Топтыгин И.Н. Современная электродинамика. Теория электромагнитных явлений в веществе. Ижевск: Регулярная и хаотическая динамика, 2005, 848 с.	1
3	Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Электродинамика сплошных сред. М.: Физматлит, 2005, 656.	1
4	Можен Ж. Механика электромагнитных сплошных сред. М.: Мир, 1991, 560 с.	1
<b>2 Дополнительная литература</b>		
<b>2.1 Учебные и научные издания</b>		
1	Алексеев А.Г., Корнев А.Е. Магнитные эластомеры. М.: Химия, 1987. 238 с.	1
2	Райхер Ю.Л., Столбов О.В. Деформационное поведение эллипсоидального образца феррогеля в однородном магнитном поле // Прикладная механика и техническая физика. 2005. №3. С.434–443. <a href="https://link.springer.com/article/10.1007/s10808-005-0094-5">https://link.springer.com/article/10.1007/s10808-005-0094-5</a>	1
3	Райхер Ю.Л., Столбов О.В. Деформационное поведение эллипсоидального образца феррогеля в однородном магнитном поле // Вычислительная механика сплошных сред. 2009. Т. 2. №2. С.85–90. <a href="http://www2.icmm.ru/journal/vol_en.php?xml=XMLs/19996691_2009_2_2_unicode.xml#8">http://www2.icmm.ru/journal/vol_en.php?xml=XMLs/19996691_2009_2_2_unicode.xml#8</a>	2
4	Raikher Yu.L., Stolbov O.V., Balasoiu M. Modelling of magnetodipolarstriction in soft magnetic elastomers // Soft Matter. 2011. Vol. 7. P.8484–8487. <a href="https://www.researchgate.net/publication/227854819_Modelling_of_magnetodipolar_striction_in_soft_magnetic_elastomers">https://www.researchgate.net/publication/227854819_Modelling_of_magnetodipolar_striction_in_soft_magnetic_elastomers</a>	1
<b>2.2 Периодические издания</b>		
1	Журнал «Вычислительная механика сплошных сред» <a href="http://www2.icmm.ru/journal/cont.htm">http://www2.icmm.ru/journal/cont.htm</a>	
2	Журнал «Известия РАН. Механика твёрдого тела», <a href="http://mtt.ipmnet.ru/ru">http://mtt.ipmnet.ru/ru</a>	
3	Журнал «Известия РАН. Механика жидкости и газа» <a href="http://mzg.ipmnet.ru/ru">http://mzg.ipmnet.ru/ru</a>	
4	Вестник ПНИПУ. «Механика» журнал / Пермский национальный исследовательский политехнический университет; Под ред. А. А. Ташкинова. - Пермь: Изд-во ПНИПУ, с 2012 г. <a href="http://vestnik.pstu.ru/mechanics/about/inf/">http://vestnik.pstu.ru/mechanics/about/inf/</a>	
5	Вестник ПГНИУ. «Физика» журнал / Пермский государственный национальный исследовательский университет; Под ред. В. А. Дёмина. - Пермь: Изд-во ПГНИУ, с 2016 г. <a href="http://press.psu.ru/index.php/phys/index">http://press.psu.ru/index.php/phys/index</a>	

<b>2.3 Нормативно-технические издания</b>		
<b>2.4 Официальные издания</b>		
<b>2.5 Электронные информационно-образовательные ресурсы</b>		
1	Электронная библиотека диссертаций РГБ <a href="http://diss.rsl.ru">http://diss.rsl.ru</a>	
2	Научная электронная библиотека РИНЦ (Elibrary) <a href="http://elibrary.ru">http://elibrary.ru</a>	
3	Научная электронная библиотека ScienceDirect <a href="https://www.sciencedirect.com/">https://www.sciencedirect.com/</a>	
4	Научная электронная библиотека SpringerLink <a href="https://link.springer.com/">https://link.springer.com/</a>	
5	Научная электронная библиотека Elsevier <a href="https://www.elsevier.com">https://www.elsevier.com</a>	
6	Полнотекстовая мультидисциплинарная база данных диссертаций ProQuest Dissertations & Theses Global <a href="http://proquest.com/pqdtglobal/dissertations">http://proquest.com/pqdtglobal/dissertations</a>	
7	Университетская информационная система Россия <a href="https://uisrussia.msu.ru/">https://uisrussia.msu.ru/</a>	
8	Университетские библиотеки г. Перми <a href="http://biblioclub.ru/">http://biblioclub.ru/</a> <a href="http://pspu.ru/university/biblioteka/jelektronnye-resursy-biblioteki">http://pspu.ru/university/biblioteka/jelektronnye-resursy-biblioteki</a> <a href="https://perm.hse.ru/library/">https://perm.hse.ru/library/</a> <a href="http://biblioteki.perm.ru/main/index.html?id=34">http://biblioteki.perm.ru/main/index.html?id=34</a>	
9	Наукометрическая и реферативная база данных Scopus <a href="https://www.scopus.com">https://www.scopus.com</a>	
10	Электронная база данных Web of Science <a href="http://apps.webofknowledge.com">http://apps.webofknowledge.com</a>	
11	Национальная электронная библиотека <a href="https://нэб.рф/">https://нэб.рф/</a>	

### **10. Материально-техническое обеспечение, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине**

Специальные помещения и помещения для самостоятельной работы

№ п.п.	Помещения		
	Название	Принадлежность (кафедра)	Номер аудитории
1	2	3	4
1.	Лекционная мультимедийная аудитория	БОН	ауд.203
2.	Лекционная мультимедийная аудитория	ИМСС УрО РАН, корп. Б	ауд.233

