



Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

**«Пермский национальный исследовательский
политехнический университет»**

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по науке и инновациям

В.Н. Коротаяев

» 201 7 г.



**Рабочая программа дисциплины
«Механика деформируемого твердого тела»**

Направление подготовки	01.06.01 Математика и механика
Направленность (профиль) программы аспирантуры	Механика деформирования и разрушения твердых тел
Научная специальность	01.02.04 Механика деформируемого твердого тела
Квалификация выпускника	Исследователь. Преподаватель-исследователь
Выпускающая(ие) кафедра(ы)	Механика композиционных материалов и конструкций (МКМК)
Форма обучения	Очная
Курс: 2,3	Семестр (ы): 4,5
Трудоёмкость:	
Кредитов по рабочему учебному плану:	4 ЗЕ
Часов по рабочему учебному плану:	144 ч
Виды контроля с указанием семестра:	
Экзамен: 5	Зачёт: 4

Пермь 2017 г.

Рабочая программа дисциплины «Механика деформируемого твердого тела» разработана на основании следующих нормативных документов:

- Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования, утвержденный приказом Министерства образования и науки Российской Федерации № 866 от «30» июля 2014 г. по направлению подготовки 01.06.01 – Математика и механика;
- Общая характеристика образовательной программы;
- Паспорт научной специальности 01.02.04 – Механика деформируемого твердого тела, разработанный экспертным советом Высшей аттестационной комиссии Министерства в связи с утверждением приказа Минобрнауки России от 25 февраля 2009 г. №59 «Об утверждении Номенклатуры научных специальностей, по которым присуждаются ученые степени» (редакция от 14 декабря 2015 года);
- Программа кандидатского минимума и паспорт научной специальности 01.02.04 – Механика деформируемого твердого тела.

Рабочая программа дисциплины заслушана и утверждена на заседании кафедры МКМК
Протокол от «17» мая 2017 г. № 15.

Зав. кафедрой д-р техн. наук, проф.

А.Н. Аношкин

Разработчик программы д-р физ.-мат. наук, проф.

В.Э. Вильдеман

Руководитель программы д-р физ.-мат. наук, проф.

В.Э. Вильдеман

Согласовано:

Председатель комиссии
по подготовке научных кадров
Совета по науке и инновациям

В.П. Первадчук

Начальник УПКВК

Л.А. Свисткова

1. Общие положения

1.1 **Цель учебной дисциплины** – формирование комплекса знаний, умений и навыков в области, изучающей закономерности процессов деформирования, повреждения и разрушения материалов различной природы, а также напряженно- деформированное состояние твердых тел из этих материалов, при механических, тепловых, радиационных, статических и динамических воздействиях в пассивных и активных, газовых и жидких средах и полях различной природы.

В процессе изучения данной дисциплины аспирант формирует следующие **компетенции**:

- способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий (ОПК-1);
- владение современными моделями деформируемых сред и навыками постановок краевых задач (ПК-2).

1.2 Задачи учебной дисциплины:

• **формирование знаний**

- изучение законов деформирования, повреждения и разрушения материалов;

• **формирование умений**

- формирование умения разработки методов постановки и методов решения краевых задач для прогноза поведения деформируемых твердых тел различной природы при разнообразных воздействиях;

• **формирование навыков**

- формирование навыков планирования, проведения и интерпретации экспериментальных данных по изучению деформирования, повреждения и разрушения материалов.

1.3 Предметом освоения дисциплины являются следующие объекты:

- модели механического поведения материалов;

- теория упругости, пластичности и ползучести;

- математические модели и численные методы анализа;

- экспериментальные методы исследования процессов деформирования, повреждения и разрушения материалов.

1.4 Место учебной дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина Б1.В.01 «Механика деформируемого твердого тела» является обязательной дисциплиной вариативной части цикла базового учебного плана.

Дисциплина используется при подготовке к сдаче кандидатского экзамена по специальности 01.02.04 «Механика деформируемого твердого тела» и выполнении научно-квалификационной работы (диссертации).

2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

В результате изучения дисциплины аспирант должен освоить части указанных в пункте 1.1 компетенций и демонстрировать следующие результаты:

Знать:

– модели механического поведения материалов;

– основные параметры напряженно-деформированного состояния;

– теории накопления повреждений, механика разрушения твердых тел и критерии прочности при сложных режимах нагружения.

Уметь:

- решать технологические проблемы деформирования и разрушения;
- предупреждать недопустимые деформации и трещины в конструкциях различного назначения.

Владеть:

- навыками анализа напряженно-деформированных состояний с использованием современных систем для испытания материалов (электромеханические, сервогидравлические, электродинамические испытательные системы);
- навыками выявления новых связей между структурой материалов, характером внешних воздействий и процессами деформирования и разрушения.

2.1 Дисциплинарная карта компетенции ОПК-1

Код ОПК-1	Формулировка компетенции
	способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий

Код ОПК-1	Формулировка дисциплинарной части компетенции
Б1.В.01	способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных экспериментальных методов исследования процессов деформирования, повреждения и разрушения материалов и информационно-коммуникационных технологий

Требования к компонентному составу части компетенции

Перечень компонентов	Виды учебной работы	Средства оценки
Знать: модели механического поведения материалов, основные параметры напряженно-деформированного состояния	<i>Лекции. Самостоятельная работа аспирантов.</i>	<i>Собеседование.</i>
Уметь: решать технологические проблемы деформирования и разрушения	<i>Практические занятия. Самостоятельная работа аспирантов.</i>	<i>Собеседование.</i>
Владеть: навыками анализа напряженно-деформированных состояний с использованием современных систем для испытания материалов (электромеханические, сервогидравлические, электродинамические испытательные системы)	<i>Самостоятельная работа аспирантов.</i>	<i>Собеседование.</i>

2.2 Дисциплинарная карта компетенции ПК-2

Код ПК-2	Формулировка компетенции
	способностью владения современными моделями деформируемых сред и навыками постановок краевых задач

Код ПК-2 Б1.В.01	Формулировка дисциплинарной части компетенции способностью владения современными моделями деформируемых сред и навыками постановок краевых задач для тел различной конфигурации и структуры при механических, электромагнитных, радиационных, тепловых и прочих воздействиях, в том числе применительно к объектам новой техники
------------------------	--

Требования к компонентному составу части компетенции

Перечень компонентов	Виды учебной работы	Средства оценки
Знать: теории накопления повреждений, механика разрушения твердых тел и критерии прочности при сложных режимах нагружения	<i>Лекции. Самостоятельная работа аспирантов.</i>	<i>Собеседование.</i>
Уметь: предупреждать недопустимые деформации и трещины в конструкциях различного назначения	<i>Практические занятия. Самостоятельная работа аспирантов.</i>	<i>Собеседование. Творческое задание</i>
Владеть: навыками выявления новых связей между структурой материалов, характером внешних воздействий и процессами деформирования и разрушения.	<i>Самостоятельная работа аспирантов.</i>	<i>Собеседование. Творческое задание</i>

3. Структура учебной дисциплины по видам и формам учебной работы

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 4 ЗЕ (1 ЗЕ = 36 час.).

Таблица 1

Объем и виды учебной работы

№ п.п.	Вид учебной работы	Трудоёмкость, ч	
		4 семестр	5 семестр
1	Аудиторная работа	12	
	В том числе:		
	Лекции (Л)	5	-
	Практические занятия (ПЗ)	-	6
2	Контроль самостоятельной работы (КСР)	1	-
	Самостоятельная работа (СР)	66	30
	Итоговая аттестация по дисциплине: Кандидатский экзамен	-	36
	Форма итогового контроля:	Зачет	Кандидатский экзамен

4. Содержание учебной дисциплины

4.1 Модульный тематический план

Таблица 2

Тематический план по модулям учебной дисциплины (4,5 семестр)

Номер раз-дела дисциплины	Номер темы дисциплины	Количество часов и виды занятий						Трудоём-ность, ч / ЗЕ
		аудиторная работа			КСР	Итоговый контроль	Самостоя-тельная работа	
		всего	Л	ПЗ				
1	1	2	2	-	-		-	2
	2	0	-	-	-		11	11
	3	0	-	-	1		-	1
Всего по разделу:		2	2	0	1		11	14
2	4	0	-	-	-		-	-
	5	0	-	-	-		11	11
	6	2	2	-	-		11	13
	7	0	-	-	-		11	11
	8	1	1	-	-		-	1
	9	0	-	-	-		11	11
	10	0	-	-	-		-	-
11	0	-	-	-		11	11	
Всего по разделу:		3	3	0	0	Зачет	55	58
3	12	2	-	2	-		-	2
	13	0	-	-	-		10	10
	14	2	-	2	-		-	2
	15	2	-	2	-		10	12
	16	0	-	-	-		-	0
	17	0	-	-	-		10	10
18	0	-	-	-		-	-	
Всего по разделу:		6	0	6	0	Экзамен	30	36
Промежуточная аттестация						36		36
Итого:		11	5	6	1	36	96	144/4

4.2. Содержание разделов и тем учебной дисциплины

4.2.1. Содержание разделов и тем учебной дисциплины (4 семестр)

Раздел 1. Основные понятия и исходные положения

(Л – 2, СР – 11)

Тема 1. Краткий исторический обзор развития. Основные проблемы и практические приложения МДТТ в машиностроении, строительстве, судо и авиастроении и др. отраслях.

Тема 2. Различные свойства твердых, жидких и газообразных сред. Описание структуры реальных тел на макро, мезо и микроуровнях. Феноменологическое описание модели сплошной среды.

Тема 3. Понятие о напряжениях, деформациях, перемещениях и их полях. Напряженное и деформированное состояние частицы тела. Лагранжев и Эйлеров способы описания движения и деформирование сплошной среды.

Раздел 2. 1. Механика и термодинамика сплошных сред

(Л – 3, СР – 55)

Тема 4. Понятие сплошного тела. Гипотеза сплошности. Физически и геометрически малый элемент.

Тема 5. Деформация элемента сплошной среды. Два способа описания деформации сплошного тела. Координаты Эйлера и координаты Лагранжа. Переход от Эйлерова описания к Лагранжеву и обратно.

Тема 6. Преобразование координат. Контравариантные векторы и тензоры. Метрический или фундаментальный тензор.

Тема 7. Декартовы тензоры. Законы преобразования компонент декартовых тензоров.

Тема 8. Сложение и умножение тензоров. Матрицы и действия над ними. Матричное представление вектора в трехмерном пространстве.

Тема 9. Скалярное произведение вектора на тензор второго ранга и тензора на вектор. Симметрия матриц и тензоров. Главные значения и главные направления симметричных тензоров второго ранга.

Тема 10. Вычисление тензора малых деформаций по заданному полю перемещений. Формулы Чезаро.

Тема 11. Дивергенция тензора. Теорема Остроградского для векторного и тензорного полей.

4.2.2. Содержание разделов и тем учебной дисциплины (5 семестр)

Раздел 3. Теории механического поведения материалов. Механика разрушения.

(ПЗ – 6, СР – 30)

Тема 12. Понятие сплошного тела. Гипотеза сплошности. Физически и геометрически малый элемент. Деформация элемента сплошной среды.

Тема 13. Упругое деформирование твердых тел. Упругий потенциал и энергия деформации. Линейно упругое тело Гука. Понятие об анизотропии упругого тела.

Тема 14. Плоское напряженное и плоское деформированное состояние. Плоская задача теории упругости. Теория тонких упругих пластин и оболочек.

Тема 15. Пластическое деформирование твердых тел. Предел текучести. Упрочнение. Остаточные деформации. Идеальная пластичность. Физические механизмы пластического течения. Деформационные теории пластичности.

Тема 16. Понятие о ползучести и релаксации. Кривые ползучести и релаксации. Простейшие модели линейно вязкоупругих сред: модель Максвелла, модель Фохта, модель Томсона.

Тема 17. Теории старения, течения, упрочнения и наследственности. Ползучесть при сложном напряженном состоянии. Определяющие соотношения.

Тема 18. Понятие о разрушении и прочности тел. Динамическое распространение трещин. Коэффициент интенсивности напряжений, методы его вычисления и оценки.

4.3. Перечень тем лабораторных работ

При изучении данной дисциплины лабораторные работы не предусмотрены.

4.4. Перечень тем практических занятий

Таблица 3

Темы практических занятий (из пункта 4.2.2)

№ п.п.	Номер темы дисциплины	Наименование темы практического занятия	Наименование оценочного средства	Представление оценочного средства
1	12	Понятие сплошного тела. Гипотеза сплошности. Два способа описания деформации сплошного тела.	Собеседование.	Вопросы по темам / разделам дисциплины.
2	13, 15	Упругое деформирование твердых тел. Пластическое деформирование твердых тел.	Собеседование.	Вопросы по темам / разделам дисциплины.
3	16	Понятие о ползучести и релаксации. Кривые ползучести и релаксации.	Собеседование.	Вопросы по темам / разделам дисциплины.

4.5. Перечень тем семинарских занятий

При изучении данной дисциплины семинарские занятия не предусмотрены.

4.6. Содержание самостоятельной работы аспирантов

Самостоятельная работа аспирантов заключается в теоретическом изучении конкретных вопросов.

Таблица 4

Темы самостоятельных заданий

№ п.п.	Номер темы дисциплины	Наименование темы самостоятельной работы	Наименование оценочного средства	Представление оценочного средства
1	2	Феноменологическое описание модели сплошной среды.	Собеседование	Вопросы по темам / разделам дисциплины
2	5	Переход от Эйлера описания к Лагранжу и обратно.	Собеседование	Вопросы по темам / разделам дисциплины
3	6	Контравариантные векторы и тензоры. Метрический или фундаментальный тензор.	Собеседование	Вопросы по темам / разделам дисциплины
4	13	Понятие об анизотропии упругого тела.	Собеседование	Вопросы по темам / разделам дисциплины
5	14	Теория тонких упругих пластин и оболочек.	Собеседование	Вопросы по темам / разделам дисциплины
6	15	Предел текучести. Упрочнение. Остаточные деформации. Идеальная пластичность.	Собеседование	Вопросы по темам / разделам дисциплины
7	16	Простейшие модели линейно вязкоупругих сред: модель Максвелла, модель Фохта, модель Томсона.	Собеседование	Вопросы по темам / разделам дисциплины
8	17	Ползучесть при сложном	Собеседование	Вопросы по темам /

		напряженном состоянии.		разделам дисциплины
9	18	Коэффициент интенсивности напряжений, методы его вычисления и оценки.	Собеседование	Вопросы по темам / разделам дисциплины

5. Методические указания для аспирантов по изучению дисциплины

При изучении дисциплины «Механика деформируемого твердого тела» аспирантам целесообразно выполнять следующие рекомендации:

1. Изучение учебной дисциплины должно вестись систематически;
2. После изучения какого-либо раздела по учебнику или конспектным материалам рекомендуется по памяти воспроизвести основные термины, определения, понятия раздела;
3. Вся тематика вопросов, изучаемых самостоятельно, задается преподавателем. Им же даются источники (в первую очередь вновь изданные в периодической научной литературе) для более детального понимания вопросов, озвученных на лекции;
4. К выполнению практических заданий приступать после самостоятельной работы по изучению теоретических вопросов.

6. Образовательные технологии, используемые для формирования компетенций

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

Проведение лекционных занятий по дисциплине основывается на активном методе обучения, при которой аспиранты не пассивные слушатели, а активные участники занятия, отвечающие на вопросы преподавателя. Вопросы преподавателя нацелены на активизацию процессов усвоения материала, а также на развитие логического мышления. Преподаватель заранее намечает список вопросов, стимулирующих ассоциативное мышление и установление связей с ранее освоенным материалом.

Проведение практических занятий основывается на интерактивном методе обучения, при котором аспиранты взаимодействуют не только с преподавателем, но и друг с другом. При этом доминирует активность аспирантов в процессе обучения. Место преподавателя в интерактивных занятиях сводится к направлению деятельности аспирантов на достижение целей занятия.

7. Фонд оценочных средств

Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации и текущего контроля по дисциплине «Механика деформируемого твердого тела» представлен в виде приложения к рабочей программе дисциплины.

8. Перечень учебно-методического и информационного обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

8.1. Карта обеспеченности дисциплины учебно-методической литературой

<p align="center">Б1.В.01 «Механика деформируемого твердого тела»</p> <p align="center"><i>(индекс и полное название дисциплины)</i></p>	<p align="center" style="border: 1px solid black; padding: 5px;">БЛОК 1</p> <p align="center"><i>(цикл дисциплины/блок)</i></p> <table style="width: 100%; margin-top: 10px;"> <tr> <td style="width: 20%; text-align: center; border: 1px solid black;"><input checked="" type="checkbox"/></td> <td style="width: 50%;">базовая часть цикла</td> <td style="width: 20%; text-align: center; border: 1px solid black;"><input checked="" type="checkbox"/></td> <td style="width: 10%;">обязательная</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center; border: 1px solid black;"><input type="checkbox"/></td> <td>вариативная часть цикла</td> <td style="text-align: center; border: 1px solid black;"><input type="checkbox"/></td> <td>по выбору аспиранта</td> </tr> </table>	<input checked="" type="checkbox"/>	базовая часть цикла	<input checked="" type="checkbox"/>	обязательная	<input type="checkbox"/>	вариативная часть цикла	<input type="checkbox"/>	по выбору аспиранта
<input checked="" type="checkbox"/>	базовая часть цикла	<input checked="" type="checkbox"/>	обязательная						
<input type="checkbox"/>	вариативная часть цикла	<input type="checkbox"/>	по выбору аспиранта						
<p align="center">01.06.01</p> <p align="center">01.02.04</p> <p align="center"><i>код направления / шифр научной специальности</i></p>	<p align="center">Математика и механика /</p> <p align="center">Механика деформирования и разрушения твердых тел</p> <p align="center"><i>(полные наименования направления подготовки / направленности программы)</i></p>								
<p align="center">2017</p> <p align="center"><i>(год утверждения учебного плана)</i></p>	<p align="center">Семестр(-ы): 4,5</p> <p align="right">Количество аспирантов: <u>5</u></p>								

Факультет *Аэрокосмический*

Кафедра *Механика композиционных материалов и конструкций (МКМК)*

*тел. 8(342)239-12-94; mkmk@pstu.ru
(контактная информация)*

8.2. Перечень основной и дополнительной учебной литературы

№	Библиографическое описание <i>(автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)</i>	Количество экземпляров в библиотеке+кафедре; местонахождение электронных изданий
1	2	3
1 Основная литература		
1	Экспериментальные исследования свойств материалов при сложных термомеханических воздействиях: коллективная монография / В. Э. Вильдеман [и др.] ; Под ред. В. Э. Вильдемана .— Москва : Физматлит, 2012 .— 203 с.	2
2	Механика материалов. Методы и средства экспериментальных исследований / В.Э. Вильдеман, А.В. [и др.]; под ред. В.Э. Вильдемана. – Пермь: Изд-во Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, 2011. – 165 с.	36+ЭБ
2 Дополнительная литература		
2.1 Учебные и научные издания		

№	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке+кафедре; местонахождение электронных изданий
1	2	3
1	Соппротивление материалов : учебное пособие для вузов / А. Г. Горшков, В. Н. Трошин, В. И. Шалашилин .— 2-е изд., испр .— Москва : Физматлит, 2005 .— 543 с.	8
2	Пластичность / А.А. Ильющин ; Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова .— Репр. воспроизв. изд. 1948 г .— М. : Логос, 2004 .— (Классический университетский учебник) . Ч. 1: Упруго-пластические деформации / Авт. предислов. Е.И. Шемякина [и др.] .— 2004 .— 376 с.	10
3	Экспериментальная механика / Б. В. Букеткин [и др.] ; Московский государственный технический университет им. Н. Э. Баумана; Под ред. Р. К. Вафина .— М. : Изд-во МГТУ, 2004 .— 135 с.	5
4	Лабораторный практикум по сопротивлению материалов : учебное пособие для вузов / А. С. Вольмир [и др.] .— Москва : Изд-во МАИ, 1997 .— 352 с.	4
2.2 Периодические издания		
1	Научно-технический журнал «Вестник ПНИПУ. Аэрокосмическая техника»	
2	Научно-технический журнал «Вестник ПНИПУ. Механика»	

8.3. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины

8.3.1. Лицензионные ресурсы¹

1. Электронная библиотека Пермского национального исследовательского политехнического университета [Электронный ресурс] : [полнотекстовая база данных электрон. док., издан. в Изд-ве ПНИПУ] / Перм. нац. исслед. политехн. ун-т, Науч. б-ка. — Пермь, 2016. — Режим доступа: <http://elib.pstu.ru>, свободный. — Загл. с экрана.

2. Электронно-библиотечная система Издательство «Лань» [Электронный ресурс] : [полнотекстовая база данных : электрон. версии кн., журн. по гуманит., обществ., естеств. и техн. наукам] / Электрон.-библ. система «Изд-ва «Лань». — Санкт-Петербург, 2010-2016. — Режим доступа: <http://e.lanbook.com>, по IP-адресам компьютер. сети Перм. нац. исслед. политехн. ун-та. — Загл. с экрана.

3. ProQuest Dissertations & Theses Global [Электронный ресурс] : [полнотекстовая база данных : дис. и дипломные работы на ин. яз. по всем отраслям знания] / ProQuest LLC.

¹ собственные или предоставляемые ПНИПУ по договору

– Ann Arbor, 2016. – Режим доступа: <http://search.proquest.com/pqdtglobal/dissertations>, по IP-адресам компьютер. сети Перм. нац. исслед. политехн. ун-та. – Загл. с экрана.

4. Электронная библиотека диссертаций РГБ [Электронный ресурс] : [полнотекстовая база данных : электрон. версии дис. и автореф. дис. по всем отраслям знания] / Электрон. б-ка дис. – Москва, 2003-2016. – Режим доступа: <http://diss.rsl.ru>, компьютер. сеть Науч. б-ки Перм. нац. исслед. политехн. ун-та. – Загл. с экрана.

5. Springer [Electronic resource : полнотекстовая база данных : электрон. журн., книги, изображения, протоколы исследований на англ. и нем. яз.] / Springer Science+Business Media. – Berlin [et al.] : Springer, 1830-2014. – Режим доступа: <http://link.springer.com/>. – Загл. с экрана.

6. Scopus [Electronic resource : реф.-библиограф. и наукометр. (библиометр.) база данных на англ. яз.] / Elsevier. – Amsterdam, 1960- . – Режим доступа: <http://www.scopus.com/>. – Загл. с экрана.

8.3.1.1. Информационные справочные системы

1. Справочная Правовая Система КонсультантПлюс [Электронный ресурс] : [полнотекстовая база данных правовой информ. : док., comment., кн., ст., обзоры и др.]. – Версия 4015.00.02, сетевая, 50 станций. – Москва, 1992–2016. – Режим доступа: Компьютер. сеть Науч. б-ки Перм. нац. исслед. политехн. ун-та. – Загл. с экрана.

2. Информационная система Техэксперт: Интранет [Электронный ресурс] : [полнотекстовая база данных правовой информ. : законодат. и норматив. док., comment., журн. и др.] / Кодекс. – Версия 6.3.2.22, сетевая, 50 рабочих мест. – Санкт-Петербург, 2009-2013. – Режим доступа: Компьютер. сеть Науч. б-ки Перм. нац. исслед. политехн. ун-та. – Загл. с экрана.

8.3.2. Открытые интернет-ресурсы

1. Высшая аттестационная комиссия (ВАК) – <http://vak.ed.gov.ru>

8.4. Перечень лицензионного программного обеспечения

№ п.п.	Вид учебного занятия	Наименование программного продукта	Пер. номер лицензии	Назначение программного продукта
1	Практическое	Windows XP Professional	42615552	Выполнение практического задания
2	Практическое	Microsoft Office 2007 Suites	42661567	Выполнение практического задания
3	Практическое	Console	8802K5538, 8801K5499	Выполнение практического задания
4	Практическое	Wave Matrix	8802K5538, 8801K5499	Выполнение практического задания
5	Практическое	Blue Hill	8801K5499	Выполнение практического задания

9. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

9.1. Специальные помещения и помещения для самостоятельной работы

Таблица 7

№ п.п.	Помещения			Площадь, м ²	Количество посадочных мест
	Название	Принадлежность (кафедра)	Номер аудитории		
1	2	3	4	5	6
1	Лаборатория механики перспективных конструкционных и функциональных материалов	ЦЭМ	104	72	15
2	Компьютерный класс и класс для самостоятельной работы	МКМК	403	90	25
3	Аудитория, оборудованная проектором и компьютером	МКМК	404	90	30

9.2. Основное учебное оборудование

Таблица 8

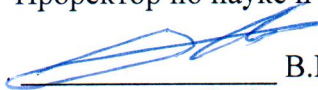
№ п.п.	Наименование и марка оборудования (стенда, макета, плаката, лабораторное оборудование)	Кол-во, ед.	Форма приобретения / владения (собственность, оперативное управление, аренда и т.п.)	Номер аудитории
1	2	3	4	5
1	Компьютер (в составе Intel(R) Core(TM)i3CPU@2.93ГГц, 3.6ГБ ОЗУ)	12	Оперативное управление	403
2	Система универсальная сервогидравлическая Instron 8850	1	Оперативное управление	104
3	Система универсальная сервогидравлическая Instron 8801	1	Оперативное управление	104
4	Проектор PanasonicPT-LB78V	1	Оперативное управление	404
5	Экран	1	Оперативное управление	404
6	Ноутбук LenovoThinkPad	1	Оперативное управление	404

Лист регистрации изменений

№ п.п.	Содержание изменения	Дата, номер протокола заседания кафедры. Подпись заведующего кафедрой
1	2	3
1		
2		
3		
4		

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Пермский национальный исследовательский политехнический
университет» (ПНИПУ)

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по науке и инновациям


В.Н. Коротаев
« 1 » « 06 » 201 7 г.

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

**для проведения промежуточной аттестации аспирантов по дисциплине
«Механика деформируемого твердого тела»**

Направление подготовки	01.06.01 Математика и механика
Направленность (профиль) программы аспирантуры	Механика деформирования и разрушения твердых тел
Научная специальность	01.02.04 Механика деформируемого твердого тела
Квалификация выпускника	Исследователь. Преподаватель-исследователь
Выпускающая(ие) кафедра(ы)	Механика композиционных материалов и конструкций (МКМК)
Форма обучения	Очная
Курс: 2,3	Семестр (ы): 4,5
Трудоёмкость:	
Кредитов по рабочему учебному плану:	4 ЗЕ
Часов по рабочему учебному плану:	144 ч
Виды контроля с указанием семестра:	
Экзамен: 5	Зачёт: 4

Пермь 2017 г.

Фонд оценочных средств (ФОС) для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине «Механика деформируемого твердого тела» разработан на основании следующих нормативных документов:

- Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования, утвержденный приказом Министерства образования и науки Российской Федерации № 866 от «30» июля 2014 г. по направлению подготовки 01.06.01 Математика и механика;
- Общая характеристика программы аспирантуры;
- Паспорт научной специальности 01.02.04 Механика деформируемого твердого тела, разработанный экспертным советом Высшей аттестационной комиссии Министерства в связи с утверждением приказа Минобрнауки России от 25 февраля 2009 г. №59 «Об утверждении Номенклатуры научных специальностей, по которым присуждаются ученые степени» (редакция от 14 декабря 2015 года);
- Программа кандидатского минимума по научной специальности 01.02.04 Механика деформируемого твердого тела.

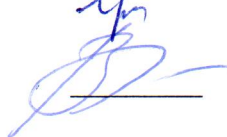
ФОС заслушан и утвержден на заседании кафедры МКМК
Протокол от «17» мая 2017 г. № 15.

Зав. кафедрой д-р техн. наук, проф.



А.Н. Аношкин

Разработчик д-р физ.-мат. наук, проф.
программы



В.Э. Вильдеман

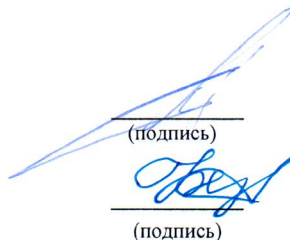
Руководитель д-р физ.-мат. наук, проф.



В.Э. Вильдеман

Согласовано:

Председатель комиссии
по подготовке научных кадров
Совета по науке и инновациям



(подпись)

В.П. Первадчук

Начальник управления
подготовки кадров
высшей квалификации



(подпись)

Л.А. Свисткова

1. Перечень формируемых частей компетенций, этапы их формирования и контролируемые результаты обучения

1.1 Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы

Согласно основной профессиональной образовательной программе аспирантуры учебная дисциплина Б1.В.01 «Механика деформируемого твердого тела» участвует в формировании следующих дисциплинарных частей компетенций:

ОПК-1. способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в соответствующей профессиональной области с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий.

ПК-2. способностью владения современными моделями деформируемых сред и навыками постановок краевых задач.

1.2 Этапы формирования компетенций

Освоение учебного материала дисциплины запланировано в течение двух семестров. В 4 семестре предусмотрены аудиторские лекционные занятия, в 5 семестре - практические занятия, а также самостоятельная работа аспирантов предусмотрена как в 4, так и в 5 семестре. В рамках освоения учебного материала дисциплины формируются компоненты дисциплинарных компетенций *знать, уметь, владеть*, указанные в дисциплинарных картах компетенций в РПД, которые выступают в качестве контролируемых результатов обучения и являются показателями достижения заданного уровня освоения компетенций (табл. 1).

Таблица 1

Перечень контролируемых результатов обучения по дисциплине
(показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)

Контролируемые результаты обучения по дисциплине (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Вид контроля			
	4 семестр		5 семестр	
	Текущий	Зачёт	Текущий	Кандидатский экзамен
Усвоенные знания				
З.1 знать модели механического поведения материалов, основные параметры напряженно-деформированного состояния	С	ТВ		
З.2 знать теории накопления повреждений, механика разрушения твердых тел и критерии прочности при сложных режимах нагружения			С	ТВ
Освоенные умения				
У.1 уметь решать технологические проблемы деформирования и разрушения	ОПЗ	ПЗ		
У.2 уметь предупреждать недопустимые деформации и трещины в конструкциях различного назначения			ОПЗ	ПЗ
Приобретенные владения				
В.1 владеть навыками анализа напряженно-деформированных состояний с использованием современных систем для испытания материалов (электромеханические, сервогидравлические, электродинамические испытательные системы)	ОПЗ	ПЗ		
В.2 владеть навыками выявления новых			ОПЗ	ПЗ

связей между структурой материалов, характером внешних воздействий и процессами деформирования и разрушения.				
--	--	--	--	--

С – собеседование по теме; ТВ – теоретический вопрос; ПЗ – практическое задание с учетом темы научно-исследовательской деятельности.

Собеседование – средство контроля, организованное как специальная беседа преподавателя с аспирантом на темы, связанные с изучаемой дисциплиной, и рассчитанное на выяснение объема знаний обучающегося по определенному разделу, теме, проблеме и т.п.

Итоговой оценкой освоения дисциплинарных частей компетенций (результатов обучения по дисциплине) является промежуточная аттестация в виде зачета (4 семестр) и кандидатского экзамена (5 семестр), проводимые с учетом результатов текущего контроля.

2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания.

В процессе формирования заявленных компетенций используются различные формы оценочных средств текущего и промежуточного контроля.

Компоненты дисциплинарных компетенций, указанные в дисциплинарных картах компетенций в рабочей программе дисциплины, выступают в качестве контролируемых результатов обучения в рамках освоения учебного материала дисциплины: знать, уметь, владеть.

2.1 Текущий контроль

Текущий контроль для комплексного оценивания показателей знаний, умений и владений дисциплинарных частей компетенций (табл. 1) проводится в форме собеседования.

• Собеседование

Для оценки **знаний** аспирантов проводится собеседование в виде специальной беседы преподавателя с обучающимся на темы, связанные с изучаемой дисциплиной для выяснения объема знаний по определенному разделу, теме, проблеме.

Собеседование может выполняться в индивидуальном порядке или группой аспирантов.

Критерии и показатели оценивания собеседования отображены в шкале, приведенной в табл. 2.

Таблица 2

Уровень освоения	Критерии оценивания уровня освоения учебного материала
Зачтено	Аспирант достаточно свободно использует фактический материал по заданному вопросу, умеет определять причинно-следственные связи событий, логично и грамотно, с использованием профессиональной терминологии обосновывает свою точку зрения.
Незачтено	Аспирант демонстрирует полное незнание материала или наличие бессистемных, отрывочных знаний, связанных с поставленным перед ним вопросом, при этом не ориентируется в профессиональной терминологии.

2.2 Промежуточная аттестация

Допуск к промежуточной аттестации осуществляется по результатам текущего контроля. Промежуточная аттестация проводится в виде зачета (4 семестр) и кандидатского экзамена (5 семестр) по дисциплине, в устно-письменной форме по билетам. Билет содержит теоретические вопросы (ТВ) для проверки знаний и

практическое задание (ПЗ) для проверки умений и владений заявленных дисциплинарных частей компетенций.

Билет формируется таким образом, чтобы в него попали вопросы и практические задания, контролирующие уровень сформированности всех заявленных дисциплинарных компетенций. Пример билета представлен в приложении 1.

• **Шкалы оценивания результатов обучения при зачете и кандидатском экзамене:**

Оценка результатов обучения по дисциплине в форме уровня сформированности компонентов *знать, уметь, владеть* заявленных дисциплинарных компетенций проводится по шкале оценивания «зачтено», «незачтено» путем выборочного контроля во время зачета и 5-балльной системе оценивания путем выборочного контроля во время кандидатского экзамена.

Типовые шкалы и критерии оценки результатов обучения при сдаче зачета и кандидатского экзамена для компонентов *знать, уметь и владеть* приведены в табл. 4 и табл. 5.

Таблица 4

Шкала оценивания уровня знаний, умений и владений на **зачете**

Оценка	Критерии оценивания
<i>Зачтено</i>	Аспирант продемонстрировал сформированные или содержащие отдельные пробелы знания при ответе на теоретический вопрос билета. Показал сформированные или содержащие отдельные пробелы знания в рамках усвоенного учебного материала. Ответил на большинство дополнительных вопросов правильно.
	Аспирант выполнил контрольное задание билета правильно или с небольшими неточностями. Показал успешное или сопровождающееся отдельными ошибками применение навыков полученных знаний и умений при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала. Ответил на большинство дополнительных вопросов правильно.
<i>Незачтено</i>	При ответе на теоретический вопрос билета аспирант продемонстрировал фрагментарные знания при ответе на теоретический вопрос билета. При ответах на дополнительные вопросы было допущено множество неправильных ответов.
	При выполнении контрольного задания билета аспирант продемонстрировал частично освоенное умение и применение полученных навыков при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала. При ответах на дополнительные вопросы было допущено множество неточностей.

Таблица 5

Шкала оценивания уровня знаний, умений и владений на **кандидатском экзамене**

Оценка	Критерии оценивания
5	Аспирант продемонстрировал сформированные и систематические знания при ответе на теоретический вопрос билета. Показал отличные знания в рамках усвоенного учебного материала. Ответил на все или большинство дополнительных вопросов. Аспирант правильно выполнил контрольное задание билета. Показал успешное и систематическое применение полученных знаний и умений при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала. Ответил на все или большинство дополнительных вопросов.
4	Аспирант продемонстрировал сформированные, но содержащие отдельные пробелы

Оценка	Критерии оценивания
	<p>знания при ответе на теоретический вопрос билета. Показал недостаточно уверенные знания в рамках усвоенного учебного материала. Ответил на большинство дополнительных вопросов.</p> <p>Аспирант выполнил контрольное задание билета с небольшими неточностями. Показал в целом успешное, но сопровождающееся отдельными ошибками применение навыков полученных знаний и умений при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала. Ответил на большинство дополнительных вопросов.</p>
3	<p>Аспирант продемонстрировал неполные знания при ответе на теоретический вопрос билета с существенными неточностями. Показал неуверенные знания в рамках усвоенного учебного материала. При ответах на дополнительные вопросы было допущено много неточностей.</p> <p>Аспирант выполнил контрольное задание билета с существенными неточностями. Показал в целом успешное, но не систематическое применение полученных знаний и умений при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала. При ответах на дополнительные вопросы было допущено много неточностей.</p>
2	<p>При ответе на теоретический вопрос билета аспирант продемонстрировал фрагментарные знания при ответе на теоретический вопрос билета. При ответах на дополнительные вопросы было допущено множество неправильных ответов.</p> <p>При выполнении контрольного задания билета аспирант продемонстрировал частично освоенное умение и применение полученных навыков при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала. При ответах на дополнительные вопросы было допущено множество неточностей.</p>

При оценке уровня сформированности дисциплинарных частей компетенций в рамках выборочного контроля при сдаче зачета и кандидатского экзамена считается, что полученная оценка проверяемой в билете дисциплинарной части компетенции обобщается на все дисциплинарные части компетенций, формируемых в рамках данной учебной дисциплины.

Общая оценка уровня сформированности всех дисциплинарных частей компетенций проводится с учетом результатов текущего контроля в виде интегральной оценки по системе оценивания «зачтено» и «незачтено».

Таблица 6

Оценочный лист уровня сформированности дисциплинарных частей компетенций на зачете

Итоговая оценка уровня сформированности дисциплинарных частей компетенций	Критерии оценивания компетенции
<i>Зачтено</i>	Аспирант получил по дисциплине оценку «зачтено»
<i>Незачтено</i>	Аспирант получил по дисциплине оценку «незачтено»

Таблица 7

Оценочный лист уровня сформированности дисциплинарных частей компетенций на кандидатском экзамене

Итоговая оценка уровня сформированности дисциплинарных	Критерии оценивания компетенции
--	---------------------------------

частей компетенций	
5	Аспирант получил по дисциплине оценку «отлично»
4	Аспирант получил по дисциплине оценку «хорошо»
3	Аспирант получил по дисциплине оценку «удовлетворительно»
2	Аспирант получил по дисциплине оценку «неудовлетворительно»

3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания результатов обучения по дисциплине

Задания для текущего контроля и проведения промежуточной аттестации должны быть направлены на оценивание:

1. уровня освоения теоретических понятий, научных основ профессиональной деятельности;
2. степени готовности аспиранта применять теоретические знания и профессионально значимую информацию и оценивание сформированности когнитивных умений.
3. приобретенных умений, профессионально значимых для профессиональной деятельности.

Задания для оценивания когнитивных умений (знаний) должны предусматривать необходимость проведения аспирантом интеллектуальных действий:

- по дифференциации информации на взаимозависимые части, выявлению взаимосвязей между ними и т.п.;
- по интерпретации и творческому усвоению информации из разных источников, ее системного структурирования;
- по комплексному использованию интеллектуальных инструментов учебной дисциплины для решения учебных и практических проблем.

При составлении заданий необходимо иметь в виду, что они должны носить практико-ориентированный комплексный характер и формировать закрепление осваиваемых компетенций.

4. Типовые контрольные вопросы и задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы

4.1 Типовые контрольные вопросы для оценивания знаний на зачете по дисциплине:

1. Написать понятие идеально упругопластического тела и идеально жесткопластического тела.
2. Описание сути метода конечных элементов в теории упругости и пределы его применимости.
3. Написать физические механизмы пластического течения.
4. Описать частные случаи анизотропии: трансверсально изотропное и ортотропное упругое тело.

4.2 Типовые контрольные задания для оценивания приобретенных умений и владений на зачете по дисциплине:

1. Описать решение задачи о двухосном растяжении толстой и тонкой пластины с круговым отверстием.

2. Вывести уравнения Ламе в перемещениях, уравнения Бельтрами-Митчелла в напряжениях.
3. Написать полную систему уравнений теории упругости.
4. Понятие коэффициента интенсивности напряжений, методы его вычисления и оценки.

4.3 Типовые контрольные вопросы для оценивания знаний на кандидатском экзамене по дисциплине:

Перечень контрольных вопросов для сдачи кандидатского экзамена по специальности 01.02.04 Механика деформируемого твердого тела разработан на основе утвержденной Министерством образования и науки Российской Федерации Программы экзамена кандидатского минимума с учетом научных достижений научно-исследовательской школы кафедры.

1. Пластическое деформирование твердых тел. Предел текучести. Упрочнение. Остаточные деформации.
2. Критерий текучести и поверхность текучести. Критерии Треска и Мизеса. Пространство главных напряжений.
3. Простейшие модели линейно вязкоупругих сред: модель Максвелла, модель Фохта, модель Томсона.
4. Поле скольжения у вершины трещины нормального отрыва в идеально пластическом теле. Модель трещины Леонова-Панасюка-Дагдейла с узкой зоной локализации пластических деформаций.

4.4 Типовые контрольные задания для оценивания приобретенных умений и владений на кандидатском экзамене по дисциплине:

1. Рассчитать прочность по допускаемым напряжениям, коэффициент запаса прочности.
2. Написать кинетические уравнения накопления поврежденности. Принцип линейного суммирования повреждений.
3. Описать вычисление тензора малых деформаций по заданному полю перемещений. Формулы Чезаро.
4. Описать метод упругих решений. Решение задачи о толстостенной трубе из упрочняющегося материала.

Полный комплект вопросов и заданий для сдачи зачета и кандидатского экзамена в форме утвержденных билетов хранится на кафедре «МКМК».



МИНОБРНАУКИ РОССИИ
ФГБОУ ВО «Пермский национальный
исследовательский политехнический
университет» (ПНИПУ)

Направление
01.06.01 Математика и механика
Программа
Механика деформирования и разрушения
твердых тел
Кафедра
Механика композиционных материалов и
конструкций

Дисциплина
«Механика деформируемого твердого тела»

БИЛЕТ № 1

1. Понятие о напряжениях, деформациях, перемещениях и их поля (*контроль знаний*)
2. Описание движения и деформирование сплошной среды различными способами (*контроль умений*)
3. Вычислить скалярное произведение вектора на тензор второго ранга и тензора на вектор. (*контроль умений и владений*)

Составитель _____
(подпись)

Фамилия И.О.

Заведующий кафедрой _____
(подпись)

Фамилия И.О.

« ____ » _____ 201 ____ г.

Лист регистрации изменений

№ п.п.	Содержание изменения	Дата, номер протокола заседания кафедры. Подпись заведующего кафедрой
1	2	3
1		
2		
3		
4		