



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

» « 2017г.

**Рабочая программа дисциплины
«Нелинейная механика сплошных сред»**

Направление подготовки	01.06.01 Математика и механика
Направленность (профиль) программы аспирантуры	Механика деформируемого твердого тела
Научная специальность	01.02.04 Механика деформируемого твердого тела
Квалификация выпускника	Исследователь. Преподаватель-исследователь
Выпускающая(ие) кафедра(ы)	Вычислительная математика и механика (ВМиМ) Математическое моделирование систем и процессов (ММСП) Динамика и прочность машин (ДПМ) Прикладная физика (ПФ)
Форма обучения	Очная
Курс: 2	Семестр (ы): 4
Трудоёмкость:	
Кредитов по рабочему учебному плану:	2 ЗЕ
Часов по рабочему учебному плану:	72 ч
Виды контроля с указанием семестра:	
Зачёт:	4

Пермь 2017 г.

Рабочая программа дисциплины «Нелинейная механика сплошных сред» 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 №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 ВМиМ

Протокол от «1» июня 2017г. № 11.

Зав. кафедрой д.техн.н., профессор
(учёная степень, звание)


(подпись)

Труфанов Н.А.
(Фамилия И.О.)

Рабочая программа дисциплины заслушана и утверждена на заседании кафедры ММСП

Протокол от «12» мая 2017г. № 13.

Зав. кафедрой д.физ.-мат.н., профессор
(учёная степень, звание)


(подпись)

Трусов П.В.
(Фамилия И.О.)

Рабочая программа дисциплины заслушана и утверждена на заседании кафедры ДПМ

Протокол от «29» мая 2017г. № 18.

Зав. кафедрой д.техн.н., профессор
(учёная степень, звание)

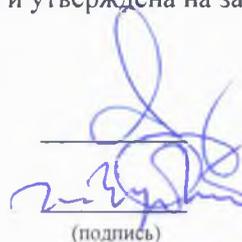

(подпись)

Матвеев В.П.
(Фамилия И.О.)

Рабочая программа дисциплины заслушана и утверждена на заседании кафедры ПФ

Протокол от «24» июня 2017г. № 17.

Зав. кафедрой д. физ.-мат.н., профессор


(подпись)

Брацун Д.А.

Разработчик программы канд.физ.-мат.н., доцент
(учёная степень, звание)

Зубко И.Ю.
(Фамилия И.О.)

Руководитель программы д.техн.н., профессор
(учёная степень, звание)


(подпись)

Труфанов Н.А.
(Фамилия И.О.)

Согласовано:

Начальник УПКВК


(подпись)

Л.А. Свисткова

1. Общие положения

1.1. Цель изучения дисциплины

Целью изучения дисциплины «Нелинейная механика сплошных сред» является формирование умений и навыков применения подходов, методов и математических моделей механики континуума при выполнении научно-исследовательской работы в области математического моделирования физико-механических, химических и биологических явлений и процессов, необходимого при подготовке научно-квалификационной работы (диссертации) на соискание ученой степени кандидата наук.

В процессе изучения дисциплины «Нелинейная механика сплошных сред» аспирант формирует части следующих компетенций:

- ПК-1 (способность критически анализировать проблемы механики деформируемого твердого тела с учетом современных достижений науки и мировых тенденций развития техники и технологий, потребностей промышленности, ставить задачи и разрабатывать программу исследования, выбирать адекватные способы и методы решения теоретических, прикладных и экспериментальных),
- ПК-2 (способность самостоятельно развивать, осваивать и применять современные теории, физико-математические и вычислительные методы для эффективного решения задач изучения закономерностей процессов деформирования, повреждения и разрушения материалов различной природы, а также напряженно-деформированного состояния 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),
- ПК-3 (способность самостоятельно развивать и применять новые методы и средства экспериментальных исследований деформирования, повреждения и разрушения современных материалов и механических характеристик конструкций, обрабатывать, анализировать и обобщать результаты экспериментов),
- ПК-4 (способность самостоятельно выполнять научные исследования в области механики деформируемого твердого тела для различных отраслей промышленности, топливно-энергетического комплекса, транспорта и строительства; решать сложные научно-технические задачи, которые для своего изучения требуют разработки и применения математических и компьютерных моделей, применения программных систем мультидисциплинарного анализа (CAE-систем мирового уровня)).

1.2. Задачи изучения механики сплошных сред

Основными задачами изучения механики сплошных сред являются:

1. Приобретение знаний о принципах построения математических моделей физико-механических, химических и биологических явлений и процессов с использованием рациональной механики сплошных сред, знаний структуры уравнений баланса для параметров механической, физической или иной природы, типов граничных и начальных условий. Приобретение знаний о принципах построения определяющих соотношений, в том числе – принципа независимости от наложенного жесткого движения, знания структуры групп равноправности для жидкостей, изотропных и анизотропных твердых тел, знания примеров основных определяющих соотношений классических сред. Приобретение знаний о замкнутых математических постановках задач механики сплошных сред и методах их анализа и решения. Приобретение знаний основ неравновесной термодинамики сплошных сред, определения и критериев устойчивости решений. Знание принципа наименьшего действия, принципа виртуальной работы и других вариационных принципов механики сплошных сред. Вывод уравнений движения сплошных сред из вариационных принципов. Приобретение знаний о сильной и слабой постановке задач механики, формулировки метода конечных элементов. Приобретение знаний о современных методах экспериментального исследования материалов, знаний о постановках задач экспериментов.

2. Формирование умений записи уравнений балансового типа для величин механической, физической или иной природы, записи для полученных уравнений граничных и начальных условий, записи определяющих уравнений. Формирование умений вывода уравнений для механических переменных из вариационных принципов механики сплошных сред. Формирование умений анализировать сделанную математическую постановку, линеаризовать поставленную нелинейную задачу механики сплошных сред для ее предварительного исследования, умения перехода к численному решению задач механики сплошных сред.
3. Развитие навыков математической постановки и решения задач из различных разделов механики сплошных сред, навыков использования практических приемов и методов решения задач классических разделов механики сплошных сред, включая применение численных постановок их решения, применения современных САЕ-средств.

1.3. Предмет освоения дисциплины

Предметом освоения дисциплины «Нелинейная механика сплошных сред» являются – приемы построения математических моделей явлений, систем и процессов, исследуемых в различных областях естественных наук с помощью методов механики сплошных сред, включая принципы записи уравнений баланса, определяющих соотношений, а также использование вариационных принципов;

- базовые модели классических сплошных сред;
- метод конечных элементов для решения поставленных задач.

1.4. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина Б1.ДВ.02.4 «Нелинейная механика сплошных сред» является дисциплиной по выбору из вариативной части учебного плана подготовки аспиранта.

2. Перечень планируемых результатов обучения аспирантов дисциплине «Нелинейная механика сплошных сред», соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

В результате изучения механики сплошных сред аспирант должен демонстрировать следующие результаты:

Знать:

- принципы формулировки математических постановок задач рациональной механики сплошных сред, структуру уравнений баланса для параметров механической, физической или иной природы, типов граничных и начальных условий;
- принципы построения определяющих соотношений, в том числе – принципа независимости от выбора системы отсчета, структуру групп равноправности для жидкостей, изотропных и анизотропных твердых тел, примеры основных определяющих соотношений классических сред;
- основы неравновесной термодинамики сплошных сред, определения и критерии устойчивости решений;
- формулировки принципа наименьшего действия, принципа виртуальной работы и других вариационных принципов механики сплошных сред; алгоритм вывода уравнений движения сплошных сред из вариационных принципов;
- определения замкнутых математических постановок задач механики сплошных сред для классических и обобщенных континуумов, методы их анализа и решения;
- принципы постановки экспериментов на механическое испытание материалов;
- современные методы экспериментальных исследований деформирования, повреждения и разрушения;

- определения сильной и слабой постановок задач механики сплошных сред, принципы и основные соотношения метода конечных элементов, способы их реализации в САЕ-системах мирового уровня.

Уметь:

- записывать уравнения балансового типа для величин механической, физической или иной природы, записывать для полученных уравнений граничные и начальные условия, выбирать определяющие уравнения для исследуемых сред;
- выводить уравнения для механических переменных из вариационных принципов механики деформируемого твердого тела;
- проводить анализ математической постановки, линеаризовать поставленную нелинейную задачу механики сплошных сред для ее предварительного исследования;
- самостоятельно планировать экспериментальные исследования, делать постановку задач эксперимента;
- разрабатывать алгоритм численного решения задач механики деформируемого твердого тела.

Владеть:

- навыками формулировки математической постановки и решения простейших задач для различных классических сплошных сред;
- навыками получения из вариационных принципов механики уравнений движения и граничных условий для различных классических и обобщенных сплошных сред;
- навыками получения балансовых уравнений для различных величин физико-механической, химической, биологической или иной природы;
- навыками анализа новых методов и средств экспериментальных исследований деформирования, повреждения и разрушения современных материалов и механических характеристик конструкций;
- навыками использования практических приемов и методов решения задач для классических сплошных сред, включая применение численных постановок их решения.

2.1 Дисциплинарная карта компетенции ПК-1

Код ПК-1	<p>Формулировка компетенции способность критически анализировать проблемы механики деформируемого твердого тела с учетом современных достижений науки и мировых тенденций развития техники и технологий, потребностей промышленности, ставить задачи и разрабатывать программу исследования, выбирать адекватные способы и методы решения теоретических, прикладных и экспериментальных</p>
----------	---

Код ПК-1 Б1.ДВ.02.4	<p>Формулировка дисциплинарной части компетенции знает классические постановки задач и способен понимать современные достижения науки в приложении к нелинейной механике деформируемого твердого тела, владеет навыками ставить задачи и применять теоретические методы анализа постановок задач</p>
---------------------	--

Требования к компонентному составу части компетенции

Перечень компонентов	Виды учебной работы	Средства оценки
<p>Знать: – принципы построения рациональной механики сплошных сред, структуру уравнений баланса для величин механической, физической или иной природы, типов граничных и начальных условий; – принципы построения определяющих соотношений, в</p>	<p><i>Самостоятельная работа аспирантов, индивидуальные консультации научного руководителя.</i></p>	<p><i>Собеседование.</i></p>

<p>том числе – принципа независимости от выбора системы отсчета, структуру групп равноправности для жидкостей, изотропных и анизотропных твердых тел, примеры основных определяющих соотношений классических сред;</p> <p>– основы неравновесной термодинамики сплошных сред, определения и критерии устойчивости решений;</p> <p>– формулировки принципа наименьшего действия, принципа виртуальной работы и других вариационных принципов механики сплошных сред;</p> <p>– алгоритм вывода уравнений движения сплошных сред и граничных условий из вариационных принципов.</p>		
<p>Уметь:</p> <p>– проводить анализ математической постановки, линеаризовать поставленную нелинейную задачу механики сплошных сред для ее предварительного исследования;</p>	<p><i>Самостоятельная работа аспирантов, выполнение заданий научного руководителя, подготовка отчета.</i></p>	<p><i>Собеседование. Анализ отчета аспирантов.</i></p>
<p>Владеть:</p> <p>– навыками формулировки математической постановки и решения простейших задач для различных классических сплошных сред;</p> <p>– получения из вариационных принципов механики уравнений движения и граничных условий для различных классических и обобщенных сплошных сред;</p>	<p><i>Самостоятельная работа аспирантов, подготовка отчета.</i></p>	<p><i>Собеседование. Анализ отчета аспирантов.</i></p>

2.2 Дисциплинарная карта компетенции ПК-2

<p>Код ПК-2</p>	<p>Формулировка компетенции</p> <p>способность самостоятельно развивать, осваивать и применять современные теории, физико-математические и вычислительные методы для эффективного решения задач изучения закономерностей процессов деформирования, повреждения и разрушения материалов различной природы, а также напряженно-деформированного состояния 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</p>
<p>Код ПК-2 Б1.ДВ.02.4</p>	<p>Формулировка дисциплинарной части компетенции</p> <p>способен самостоятельно осваивать и применять современные теории в области механики сплошных сред, учитывать в моделях механики процессы накопления повреждений и разрушения материалов различной природы, возникающих при механических, тепловых, радиационных, статических и динамических воздействиях в пассивных и активных, газовых и жидких средах и полях различной природы</p>

Требования к компонентному составу части компетенции

Перечень компонентов	Виды учебной работы	Средства оценки
<p>Знать:</p> <p>– определения замкнутых математических постановок задач механики сплошных сред для классических и обобщенных континуумов;</p>	<p><i>Самостоятельная работа аспирантов, индивидуальные консультации научного руководителя.</i></p>	<p><i>Собеседование.</i></p>

Уметь: – записывать уравнения балансового типа для величин механической, физической или иной природы, записывать для полученных уравнений граничные и начальные условия, выбирать определяющие уравнения для исследуемых сред;	<i>Самостоятельная работа аспирантов, выполнение заданий научного руководителя, подготовка отчета.</i>	<i>Собеседование. Анализ отчета аспиранта.</i>
Владеть: – навыками получения балансовых уравнений для различных величин физико-механической, химической, биологической или иной природы.	<i>Самостоятельная работа аспирантов, подготовка отчета.</i>	<i>Собеседование. Анализ отчета аспиранта.</i>

2.3. Дисциплинарная карта компетенции ПК-3

Код ПК-3	Формулировка компетенции способность самостоятельно развивать и применять новые методы и средства экспериментальных исследований деформирования, повреждения и разрушения современных материалов и механических характеристик конструкций, обрабатывать, анализировать и обобщать результаты экспериментов
-----------------	--

Код ПК-3 Б1.ДВ.02.4	Формулировка дисциплинарной части компетенции способен самостоятельно планировать экспериментальные исследования, делать постановку задач эксперимента, понимать новые методы и средства экспериментальных исследований деформирования, повреждения и разрушения современных материалов и механических характеристик конструкций
-------------------------------	--

Требования к компонентному составу части компетенции

Перечень компонентов	Виды учебной работы	Средства оценки
Знать: – принципы постановки экспериментов на механическое испытание материалов; – современные методы экспериментальных исследований деформирования, повреждения и разрушения;	<i>Самостоятельная работа аспирантов, индивидуальные консультации научного руководителя.</i>	<i>Собеседование.</i>
Уметь: – самостоятельно планировать экспериментальные исследования, делать постановку задач эксперимента;	<i>Самостоятельная работа аспирантов, выполнение заданий научного руководителя, подготовка отчета.</i>	<i>Собеседование. Анализ отчета аспиранта.</i>
Владеть: – навыками анализа новых методов и средств экспериментальных исследований деформирования, повреждения и разрушения современных материалов и механических характеристик конструкций	<i>Самостоятельная работа аспирантов, подготовка отчета.</i>	<i>Собеседование. Анализ отчета аспиранта.</i>

2.4. Дисциплинарная карта компетенции ПК-4

Код ПК-4	Формулировка компетенции способность самостоятельно выполнять научные исследования в области механики деформируемого твердого тела для различных отраслей промышленности, топливно-энергетического комплекса, транспорта и строительства; решать сложные научно-технические задачи, которые для своего изучения требуют разработки и применения математических и компьютерных моделей, применения программных систем мультидисциплинарного анализа (CAE-систем мирового уровня)
-----------------	---

Код ПК-4 Б1.ДВ.02.4	Формулировка дисциплинарной части компетенции способность самостоятельно выполнять научные исследования в области различных разделов механики деформируемого твердого тела, понимать подходы к решению сложных научно-технических задач, требующих разработки и применения математических и компьютерных моделей, применения программных систем мультидисциплинарного анализа (САЕ-систем мирового уровня)
---------------------------	--

Требования к компонентному составу части компетенции

Перечень компонентов	Виды учебной работы	Средства оценки
Знать: – методы анализа и решения замкнутых математических постановок задач различных разделов механики деформируемого твердого тела; – определения сильной и слабой постановок задач механики деформируемого твердого тела; – принципы и основные соотношения метода конечных элементов, способы их реализации в САЕ-системах мирового уровня;	<i>Самостоятельная работа аспирантов, индивидуальные консультации научного руководителя.</i>	<i>Собеседование.</i>
Уметь: – разрабатывать алгоритм численного решения задач механики деформируемого твердого тела;	<i>Самостоятельная работа аспирантов, выполнение заданий научного руководителя, подготовка отчета.</i>	<i>Собеседование. Анализ отчета аспиранта.</i>
Владеть: – навыками использования практических приемов и методов решения задач для классических разделов механики деформируемого твердого тела, включая применение численных постановок их решения.	<i>Самостоятельная работа аспирантов, подготовка отчета.</i>	<i>Собеседование. Анализ отчета аспиранта.</i>

3. Структура учебной дисциплины «Нелинейная механика сплошных сред»

Общая трудоемкость дисциплины «Нелинейная механика сплошных сред» составляет 2 ЗЕТ (1 ЗЕТ = 36 час.).

Таблица 1

Объем и виды учебной работы

№ п.п.	Вид учебной работы	Трудоемкость, ч
		4 семестр
1	Аудиторная работа	16
	В том числе:	
	Практические занятия (ПЗ)	16
2	Контроль самостоятельной работы (КСР)	2
	Самостоятельная работа (СР)	54
	Итого:	
	Час.	72
	ЗЕТ	2
	Форма итогового контроля:	Зачет

4. Содержание учебной дисциплины

4.1. Модульный тематический план

Таблица 2

Тематический план по модулям учебной дисциплины (4 семестр)

Номер раздела дисциплины	Номер темы дисциплины	Количество часов и виды занятий					Трудоёмкость, ч / ЗЕ	
		аудиторная работа			КСР	Итоговый контроль		Самостоятельная работа
		всего	Л	ПЗ				
1	1			4			16	
	2			2			6	
	3			4			12	
2	4			4			12	
3	5			2			8	
Итого (4 семестр)				16	2		54	72/2
Итого:		18	0	16	2	0	54	72/2

4.2. Содержание учебной дисциплины

4.2.1. Содержание тем учебной дисциплины (4 семестр)

Тема 1. Замкнутые постановки задач нелинейной механики сплошных сред.

Дифференцирование интеграла по подвижному объему. Вычисление материальных производных от функций различного ранга в отсчетной и текущей конфигурациях. Теорема Остроградского-Гаусса, ее обобщения. Общая структура балансовых уравнений. Уравнение неразрывности, уравнение несжимаемости. Уравнение баланса количества движения: определение, аксиомы. Объемные и поверхностные силы. Внешние и внутренние силы. Вектор напряжений. Теоремы Коши о свойствах вектора напряжений. Уравнение баланса момента количества движения (МКД): определение, аксиомы. Внутренние и внешние, поверхностные и объемные моменты и моменты-пары. Тензор моментных напряжений. Интегральная и локальная формы уравнения баланса МКД. Неполлярные и поллярные среды. Первый закон термодинамики. Интегральная форма закона сохранения энергии: определения, аксиомы. Вектор потока тепла. Локальное уравнение баланса энергии. Теорема живых сил и уравнение притока тепла. Второй закон термодинамики: определения, аксиомы. Интегральная формулировка. Неравенство Планка (положительность производства энтропии за счет внутренних источников). Неравенство Клаузиуса (для плотности производства энтропии). Дифференциальная формулировка второго закона термодинамики. Неравенство Фурье. Полная система законов МСС в интегральной и локальной формах. Анализ замкнутости постановки. Обзор основных принципов построения определяющих соотношений. Структура группы равноправности для жидкостей, изотропных и анизотропных твердых тел, примеров основных определяющих соотношений классических сред. — 4 часа.

Тема 2. Объективность переменных, параметров состояния и уравнений нелинейной механики сплошных сред.

Принцип материальной индифферентности. Жесткое движение сплошного тела. Индифферентные и инвариантные тензоры. Плотность и деформационный градиент. Тензоры деформаций. Тензоры напряжений. Вектор скорости при жестком движении. Тензоры деформации скорости и вихря при жестком движении. Коротационные производные при наложенном жестком движении. Законы нелинейной МСС при наложении жесткого движения. — 2 часа.

Тема 3. Нелинейная теория упругости и пластичности.

Принцип виртуальных работ. Классические теоремы статики линейной ТУ: теорема о минимуме потенциальной энергии, вариационный принцип Кастильяно. Осреднение упругой

энергии, напряжений, деформаций. Оценка Хилла эффективных упругих свойств. Вывод уравнений Ламе из принципа минимума потенциальной энергии. Вывод уравнений Бельтрами-Митчелла из принципа минимума дополнительной работы (принципа Кастильяно). Вариационный принцип Рейсснера. Теорема Бетти о взаимности работ. Слабые формы уравнения движения. Проблема упругой устойчивости. Неоднозначность решения задач ТУ. Постановка и анализ задач ТУ при больших деформациях. Классификация постановок. Энергетический критерий определения критических нагрузок. Неустойчивость в пластических материалах (потеря строгой эллиптичности). Механизмы дестабилизации материала. Возможность локализации пластических деформаций. Поврежденность и разрушение, потеря несущей способности материала. Основы теории постановки эксперимента в области механики деформируемого твердого тела. — 4 часа.

Тема 4. Неравновесная термодинамика деформируемых сплошных сред.

Принципы построения неравновесной ТД. Понятия обобщенных ТД потоков и сил. Изменение энтропии при отклонении от состояния ТД равновесия. Соотношения взаимности Онзагера. Многокомпонентные среды. Запись полной системы уравнений МСС для многокомпонентных сред. Термодинамические функции. Химический потенциал. Вывод потока тепла, энтропии, производства энтропии для многокомпонентных сред с теплопроводностью и диффузией. Неравенство Клаузиуса-Дюгема. Использование соотношений Онзагера и принципа Кюри. Приложения к теории больших деформаций. — 4 часа.

Тема 5. Основы численных методов нелинейной механики сплошных сред.

Векторно-матричная запись слабых форм уравнений и функционалов вариационных принципов. Дискретизация уравнения по пространственным переменным. Интегрирование уравнений движения. Матрицы определяющих соотношений. — 2 часа.

4.3. Перечень тем лабораторных работ

При изучении данной дисциплины лабораторные работы не предусмотрены.

4.4. Перечень тем практических занятий

Таблица 4.2. – Темы практических занятий

№ п.п.	Номер темы дисциплины	Наименование темы практического занятия
1	2	3
2	1.	Построение и анализ постановок задач нелинейной механики сплошных сред
3	2.	Проверка объективности переменных, параметров состояния и уравнений нелинейной механики сплошных сред.
4	3.	Решение задач на применение вариационных принципов нелинейной механики сплошных сред. Исследование устойчивости решений задач нелинейной теории упругости. Разработка постановок эксперимента по исследованию механических свойств твердых тел.
5	4.	Решение задач по неравновесной термодинамике деформируемых сплошных сред.
6	5.	Решение задач по дискретизации уравнения по пространственным переменным и построению матриц определяющих соотношений. Применение программных систем мультидисциплинарного анализа (CAE-систем мирового уровня)

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 чтении рекомендуемой литературы и в применении усвоенного аппарата при работе над диссертацией.

Тема 1. — 16 часов самостоятельной работы.

Тема 2. — 6 часа самостоятельной работы.

Тема 3. — 12 часов самостоятельной работы.

Тема 4. — 12 часов самостоятельной работы.

Тема 5. — 8 часов самостоятельной работы.

Таблица 3

Темы самостоятельных заданий

№ п.п.	Номер темы дисциплины	Наименование темы самостоятельной работы	Наименование оценочного средства	Представление оценочного средства
1	1	Представление балансовых уравнений механических и термодинамических величин в материальном и пространственном описании в интегральной и локальной формах записи. Построение группы равноправности для всех кристаллографических классов симметрии, использование для этого инвариантного разложения тензорзначных функций Я. Рыхлевского.	Собеседование	Вопросы по темам / разделам дисциплины
2	2	Подготовка обзора литературы по введению коротационных производных, исследование скоростных форм записи анизотропного упругого закона.	Собеседование	Вопросы по темам / разделам дисциплины
3	3	Применение принципа виртуальных работ для получения уравнений движения и граничных условий для анизотропного упругого тела при больших деформациях, получение набора аналогичных соотношений для упругой градиентной среды.	Творческое задание	Темы творческих заданий
4	4	Применение принципа Онгазера при формулировке уравнений для анизотропной упругой среды с химическими превращениями, при исследовании пористого тела с порами, заполненными газом или жидкостью.	Творческое задание	Темы творческих заданий
5	5	Запись соотношений для численной реализации метода конечных элементов для градиентной изотропной упругой среды. Применение программных систем мультидисциплинарного анализа (CAE-систем мирового уровня)	Собеседование	Вопросы по темам / разделам дисциплины

5. Методические указания для аспирантов по изучению дисциплины

При изучении дисциплины «Нелинейная механика сплошных сред» аспирантам необходимо 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. Список вопросов, изучаемых самостоятельно, задается руководителем. Им же даются ссылки на источники в периодической научной литературе;
4. К выполнению практических заданий приступать после самостоятельной работы после консультации с научным руководителем.

6. Образовательные технологии, используемые для формирования компетенций

Для успешного освоения дисциплины применяются образовательные технологии, которые обеспечивают достижение планируемых результатов обучения согласно основной профессиональной образовательной программы. Руководитель заранее формирует список вопросов, стимулирующих ассоциативное мышление и установление связей с ранее освоенным материалом. Практические занятия основываются на интерактивном методе обучения, при котором аспиранты взаимодействуют не только с руководителем, но и друг с другом. При этом доминирует активность аспирантов в процессе обучения. Место руководителя в интерактивных занятиях сводится к направлению деятельности аспирантов на достижение целей занятия.

7. Фонд оценочных средств

Оценочные средства приведены в приложении к рабочей программе дисциплины. Контроль этапов освоения компетенций проводится в виде собеседования с научным руководителем.

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

8.1. Карта обеспеченности дисциплины учебно-методической литературой

Б1.ДВ.02.4 «Нелинейная механика сплошных сред» <i>(индекс и полное название дисциплины)</i>	БЛОК 1 <i>(цикл дисциплины/блок)</i>								
	<table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="border: 1px solid black; width: 30px; height: 20px;"></td> <td style="padding: 0 10px;">базовая часть цикла</td> <td style="border: 1px solid black; width: 30px; height: 20px;"></td> <td style="padding: 0 10px;">обязательная</td> </tr> <tr> <td style="border: 1px solid black; text-align: center;">X</td> <td style="padding: 0 10px;">вариативная часть цикла</td> <td style="border: 1px solid black; text-align: center;">X</td> <td style="padding: 0 10px;">по выбору аспиранта</td> </tr> </table>		базовая часть цикла		обязательная	X	вариативная часть цикла	X	по выбору аспиранта
	базовая часть цикла		обязательная						
X	вариативная часть цикла	X	по выбору аспиранта						
01.06.01 / 01.02.04 <i>код направления / шифр научной специальности</i>	Математика и механика / Механика деформируемого твердого тела <i>(полные наименования направления подготовки / направленности программы)</i>								
2017 <i>(год утверждения учебного плана)</i>	Семестр: 4								
	Количество аспирантов: 3								

Факультет прикладной математики и механики

Кафедра ММСП

тел. 8(342)239-12-97
(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	Крайнов В. П. Лекции по избранным проблемам механики сплошных сред: учебное пособие для вузов — Долгопрудный: Интеллект, 2014. — 118 с.	1
2	Зубко И.Ю., Няшина Н.Д. Математическое моделирование: дискретные подходы и численные методы: учеб. пособие. — Пермь: Изд-во ПНИПУ. 2012. — 365 с.	5+ЭБ
3	Папуша А. Н. Механика сплошных сред учебник для вузов. — Москва, Ижевск: Ин-т компьютер. исслед., 2011. — 696 с.	1
4	Овидько И.А., Семёнов Б.Н., Шейнерман А.Г. Механика деформируемых наноматериалов: учебное пособие для вузов. — Санкт-Петербург: Изд-во СПбГУ, 2013. — 142 с.	1

№	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке+кафедре; местонахождение электронных изданий
1	2	3
2 Дополнительная литература		
2.1 Учебные и научные издания		
1	Седов Л.И. Механика сплошной среды. Том 1. — Санкт-Петербург: Лань, 2004. — 528 с.	39
2	Седов Л.И. Механика сплошной среды. Том 2. — Санкт-Петербург: Лань, 2004. — 560 с.	39
3	Трусов П.В., Дударь О.И., Онискив В.Д. Механика сплошной среды. Ч.1: Кинематика. — Пермь: ПГТУ, 1994, 88 с.	52
4	Трусов П.В., Дударь О.И. Механика сплошной среды. Ч.2: Динамика сплошной среды. — Пермь: ПГТУ, 1995, 72 с.	42
5	Трусов П.В. Механика сплошной среды. Ч. 3: Классические среды. — Пермь: ПГТУ, 1996, 142 с.	47
6	Гольдштейн Р.В., Городцов В.А. Механика сплошных сред. Часть 1. — М.: Наука. Физматлит, 2000. — 256 с.	32
7	Ильюшин А. А. Механика сплошной среды. — М.: Изд-во МГУ, 1990. — 310 с.	29
8	Работнов Ю.Н. Механика деформируемого твердого тела. М.: Наука, 1988. 712 с.	28
9	Победря Б. Е., Георгиевский Д. В. Лекции по теории упругости. — Эдиториал УРСС, 1999. — 207 с.	1
10	Поздеев А.А., Трусов П.В., Няшин Ю.И. Большие упругопластические деформации: теория, алгоритмы, приложения. — М: Наука, 1986. — 232 с.	3
11	Труделл К. Первоначальный курс рациональной механики сплошных сред. — М.: Наука, 1975. — 592 с.	4
12	Победря Б.Е., Георгиевский Д.В. Основы механики сплошной среды. — Физматлит, 2006. — 272 с.	40
13	Жилин П.А. Актуальные проблемы механики. Сб. статей. Т. 1. — СПб.: Издание ИПМаш РАН. 2006. — 306 с.	2
14	Тимошенко С.П. История науки о сопротивлении материалов. — М.: УРСС, 2006. — 536 с.	25
15	Бердичевский В.Л. Вариационные принципы механики сплошной среды. — М.: Наука, 1983. — 447 с.	4
16	Еременко С.Ю. Методы конечных элементов в механике деформируемых тел. — Харьков: Основа, 1991. — 272 с.	2
2.2 Периодические издания		
1.	<i>Известия Российской академии наук. Механика твердого тела: научный журнал. - Москва: Наука, с 1966 г.</i> http://elib.pstu.ru/vufind/Record/RUPSTUser145433	
2.	<i>Известия Российской академии наук. Механика жидкости и газа: научный журнал / Российская академия наук. - Москва: Наука, 1966.</i> http://elib.pstu.ru/vufind/Record/RUPSTUser23834	
3.	<i>Вестник ПНИПУ. Механика : журнал / Пермский национальный исследовательский политехнический университет ; Под ред. А. А. Ташкинова. - Пермь: Изд-во ПНИПУ, с 2012 г.</i> http://vestnik.pstu.ru/mechanics/about/inf/	
4.	<i>Прикладная механика и техническая физика: журнал. - Новосибирск: СО РАН, с 1960 г.</i> http://elib.pstu.ru/vufind/Record/RUPSTUser145580	

№	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке+кафедре; местонахождение электронных изданий
1	2	3
5.	Физическая мезомеханика: журнал / Российская академия наук. Сибирское отделение; Институт физики прочности и материаловедения. - Томск: Ин-т физики прочности и материаловедения СО РАН, 1998. http://elib.pstu.ru/vufind/Record/RUPSTUser70600	
6.	Физика твердого тела: журнал / Российская академия наук. Отделение физических наук; Физико-технический институт им. А. Ф. Иоффе. - Санкт-Петербург: Наука, 1959. http://elib.pstu.ru/vufind/Record/RUPSTUser52642	
7.	Вычислительная механика сплошных сред: журнал / Российская академия наук, Уральское отделение; Институт механики сплошных сред. - Пермь: ИМСС УрО РАН, с 2008 г. http://elib.pstu.ru/vufind/Record/RUPSTUser96485	
2.3 Нормативно-технические издания		
1		
2.4 Официальные издания		
1		
2.5 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», полезных для освоения дисциплины		
1	Электронная библиотека Научной библиотеки Пермского национального исследовательского политехнического университета [Электронный ресурс: полнотекстовая база данных электрон. документов изданных в Изд-ве ПНИПУ]. – Электрон. дан. (1 912 записей). – Пермь, 2014. – Режим доступа: http://elib.pstu.ru/ . – Загл. с экрана.	
2	Лань [Электронный ресурс : электрон.-библ. система: полнотекстовая база данных электрон. документов по гуманитар., естеств., и техн. наукам] / Изд-во «Лань». – Санкт-Петербург: Лань, 2010-. – Режим доступа: http://e.lanbook.com/ . – 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. – 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	Cambridge Journals [Electronic resource : полнотекстовая база данных: электрон. журн. по гуманитар., естеств., и техн. наукам на англ. яз.] / University of Cambridge. – Cambridge: Cambridge University Press, 1770-2012. – Режим доступа: http://journals.cambridge.org/ . – Загл. с экрана. 11.	
6	EBSCO Databases [Электронный ресурс]: [полнотекстовые базы данных журн. и кн. по гуманитар., обществ., естеств. и техн. наукам на ин. яз.] / EBSCO Publishing. – Ipswich, 2016. – Режим доступа: http://search.ebscohost.com , по IP-адресам компьютер. сети Перм.	

№	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке+кафедре; местонахождение электронных изданий
1	2	3
	нац. исслед. политехн. ун-та. – Загл. с экрана.	
7	SAGE Journals [Электронный ресурс]: [полнотекстовая база данных : электрон. мультидисциплинар. журн. на англ. яз.] / SAGE Publications. – Los Angeles, 2016. – Режим доступа: http://online.sagepub.com , по IP-адресам компьютер. сети Перм. нац. исслед. политехн. ун-та. – Загл. с экрана.	
8	Science [Электронный ресурс]: [электрон. версия еженед. междисциплинар. науч. журн. на англ. яз.] / The American Association for the Advancement of Science (AAAS). – Washington, 2016. – Режим доступа: http://www.sciencemag.org/magazine , по IP-адресам компьютер. сети Перм. нац. исслед. политехн. ун-та. – Загл. с экрана.	
9	Taylor & Francis Online [Электронный ресурс]: [полнотекстовая база данных : электрон. мультидисциплинар. журн. на англ. яз.] / Informa UK Ltd. – London, 2016. – Режим доступа: http://www.tandfonline.com , по IP-адресам компьютер. сети Перм. нац. исслед. политехн. ун-та. – Загл. с экрана.	
10	Российский индекс научного цитирования [Электронный ресурс]: [мультидисциплинар. реф.-библиограф. и наукометр. база данных на рус. яз.] / Науч. электрон. б-ка. – Москва, 2000-2016. – Режим доступа: http://elibrary.ru/project_risc.asp , свободный. – Загл. с экрана.	

8.3. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», требующихся при освоении 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 гуманитар., 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. – 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. Cambridge Journals [Electronic resource : полнотекстовая база данных : электрон. журн. по гуманитар., естеств., и техн. наукам на англ. яз.] / University of Cambridge. – Cambridge : Cambridge University Press, 1770-2012. – Режим доступа: <http://journals.cambridge.org/>. – Загл. с экрана. 11.

6. EBSCO Databases [Электронный ресурс] : [полнотекстовые базы данных журн. и кн. по гуманитар., обществ., естеств. и техн. наукам на ин. яз.] / EBSCO Publishing. – Ipswich, 2016. – Режим доступа: <http://search.ebscohost.com>, по IP-адресам компьютер. сети Перм. нац. исслед. политехн. ун-та. – Загл. с экрана.

7. SAGE Journals [Электронный ресурс] : [полнотекстовая база данных : электрон. мультидисциплинар. журн. на англ. яз.] / SAGE Publications. – Los Angeles, 2016. – Режим доступа: <http://online.sagepub.com>, по IP-адресам компьютер. сети Перм. нац. исслед. политехн. ун-та. – Загл. с экрана.

8. Science [Электронный ресурс] : [электрон. версия еженед. междисциплинар. науч. журн. на англ. яз.] / The American Association for the Advancement of Science (AAAS). – Washington, 2016. – Режим доступа: <http://www.sciencemag.org/magazine>, по IP-адресам компьютер. сети Перм. нац. исслед. политехн. ун-та. – Загл. с экрана.

9. Taylor & Francis Online [Электронный ресурс] : [полнотекстовая база данных : электрон. мультидисциплинар. журн. на англ. яз.] / Informa UK Ltd. – London, 2016. – Режим доступа: <http://www.tandfonline.com>, по IP-адресам компьютер. сети Перм. нац. исслед. политехн. ун-та. – Загл. с экрана.

10. Российский индекс научного цитирования [Электронный ресурс] : [мультидисциплинар. реф.-библиограф. и наукометр. база данных на рус. яз.] / [Науч.](http://www.rsci.ru)

¹ собственные или предоставляемые ПНИПУ по договору

электрон. б-ка. – Москва, 2000-2016. – Режим доступа: http://elibrary.ru/project_risc.asp, свободный. – Загл. с экрана.

8.3.1.1 Информационные справочные системы

1. Справочная Правовая Система КонсультантПлюс [Электронный ресурс] : [полнотекстовая база данных правовой информ. : док., коммент., 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.

8.3.2. Открытые интернет-ресурсы

1. Национальная электронная библиотека – <http://нэб.рф/>

8.4. Перечень лицензионного программного обеспечения

№ п.п.	Вид учебного занятия	Наименование программного продукта	Пер. номер лицензии	Назначение программного продукта
1	Практическое	Office Professional 2007	42661567	Проведение занятий
2	Практическое	ANSYS	444632	Проведение занятий
3	Практическое	Abaqus	44UPSTUCLUS	Проведение занятий
4	Практическое	Qform	081209-2	Проведение занятий

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	Мультимедийный компьютерный класс	Кафедра ВМиМ	301, корпус Г	71,9	15

9.2. Основное учебное оборудование

Таблица 8

№ п.п.	Наименование и марка оборудования (стенда, макета, плаката)	Кол-во, ед.	Форма приобретения / владения (собственность, оперативное управление, аренда и т.п.)	Номер аудитории
1	2	3	4	5
1	Персональные компьютеры Aquarius Elt E50 S67	15	оперативное управление	301, корпус Г
2	Мультимедиа-проектор Panasonic PT-LB78VE	1	оперативное управление	301, корпус Г
3	Ноутбук XU597EA HP G62-b21ER	1	оперативное управление	301, корпус Г

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

» « 06 » 2017г.

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

**для проведения промежуточной аттестации аспирантов по дисциплине
«Нелинейная механика сплошных сред»**

Направление подготовки	01.06.01 Математика и механика
Направленность (профиль) программы аспирантуры	Механика деформируемого твердого тела
Научная специальность	01.02.04 Механика деформируемого твердого тела
Квалификация выпускника	Исследователь. Преподаватель-исследователь
Выпускающая(ие) кафедра(ы)	Вычислительная математика и механика (ВМиМ) Математическое моделирование систем и процессов (ММСП) Динамика и прочность машин (ДПМ) Прикладная физика (ПФ)
Форма обучения	Очная
Курс: 2	Семестр (ы): 4
Трудоёмкость:	
Кредитов по рабочему учебному плану:	2 ЗЕ
Часов по рабочему учебному плану:	72 ч
Виды контроля с указанием семестра:	
Зачёт:	4

Пермь 2017 г.

Фонд оценочных средств (ФОС) для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине «Нелинейная механика сплошных сред» разработан на основании следующих нормативных документов:

- Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования, утвержденный приказом Министерства образования и науки Российской Федерации № 875 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 ВМиМ
Протокол от « 1 » июня 2017г. № 11 .

Зав. кафедрой д.техн.н., профессор
(учёная степень, звание)


(подпись)

Труфанов Н.А.
(Фамилия И.О.)

ФОС заслушан и утвержден на заседании кафедры ММСП
Протокол от « 12 » мая 2017г. № 13 .

Зав. кафедрой д.физ.-мат.н., профессор
(учёная степень, звание)


(подпись)

Трусов П.В.
(Фамилия И.О.)

ФОС заслушан и утвержден на заседании кафедры ДПМ
Протокол от « 29 » мая 2017г. № 18 .

Зав. кафедрой д.техн.н., профессор
(учёная степень, звание)


(подпись)

Матвеенко В.П.
(Фамилия И.О.)

ФОС заслушан и утвержден на заседании кафедры ПФ
Протокол от « 24 » марта 2017г. № 17 .

Зав. кафедрой д. физ.-мат.н., профессор


(подпись)

Брацун Д.А.

Руководитель программы д.техн.н., профессор
(учёная степень, звание)


(подпись)

Труфанов Н.А.
(Фамилия И.О.)

Согласовано:

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.ДВ.02.4 «Нелинейная механика сплошных сред» является формирование умений и навыков применения подходов, методов и математических моделей механики континуума при выполнении научно-исследовательской работы в области математического моделирования физико-механических, химических и биологических явлений и процессов, необходимого при подготовке научно-квалификационной работы (диссертации) на соискание ученой степени кандидата наук.

В процессе изучения дисциплины «Нелинейная механика сплошных сред» аспирант формирует части следующих компетенций:

- ПК-1 (способность критически анализировать проблемы механики деформируемого твердого тела с учетом современных достижений науки и мировых тенденций развития техники и технологий, потребностей промышленности, ставить задачи и разрабатывать программу исследования, выбирать адекватные способы и методы решения теоретических, прикладных и экспериментальных),
- ПК-2 (способность самостоятельно развивать, осваивать и применять современные теории, физико-математические и вычислительные методы для эффективного решения задач изучения закономерностей процессов деформирования, повреждения и разрушения материалов различной природы, а также напряженно-деформированного состояния 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),
- ПК-3 (способность самостоятельно развивать и применять новые методы и средства экспериментальных исследований деформирования, повреждения и разрушения современных материалов и механических характеристик конструкций, обрабатывать, анализировать и обобщать результаты экспериментов),
- ПК-4 (способность самостоятельно выполнять научные исследования в области механики деформируемого твердого тела для различных отраслей промышленности, топливно-энергетического комплекса, транспорта и строительства; решать сложные научно-технические задачи, которые для своего изучения требуют разработки и применения математических и компьютерных моделей, применения программных систем мультимедийного анализа (CAE-систем мирового уровня)).

1.1.1. Дисциплинарная карта компетенции ПК-1

Код ПК-1 Б1.ДВ.02.4	Формулировка дисциплинарной части компетенции знает классические постановки задач и способен понимать современные достижения науки в приложении к нелинейной механике деформируемого твердого тела, владеет навыками ставить задачи и применять теоретические методы анализа постановок задач
----------------------------------	---

Требования к компонентному составу части компетенции

Перечень компонентов	Виды учебной работы	Средства оценки
Знать: – принципы построения рациональной механики сплошных сред, структуру уравнений баланса для величин механической, физической или иной при-	<i>Самостоятельная работа аспирантов, индивидуальные консультации научного руководителя.</i>	<i>Собеседование.</i>

<p>роды, типов граничных и начальных условий;</p> <p>– принципы построения определяющих соотношений, в том числе – принципа независимости от выбора системы отсчета, структуру групп равноправности для жидкостей, изотропных и анизотропных твердых тел, примеры основных определяющих соотношений классических сред;</p> <p>– основы неравновесной термодинамики сплошных сред, определения и критерии устойчивости решений;</p> <p>– формулировки принципа наименьшего действия, принципа виртуальной работы и других вариационных принципов механики сплошных сред;</p> <p>– алгоритм вывода уравнений движения сплошных сред и граничных условий из вариационных принципов.</p>		
<p>Уметь:</p> <p>– проводить анализ математической постановки, линеаризовать поставленную нелинейную задачу механики сплошных сред для ее предварительного исследования;</p>	<p><i>Самостоятельная работа аспирантов, выполнение заданий научного руководителя, подготовка отчета.</i></p>	<p><i>Собеседование. Анализ отчета аспирантов.</i></p>
<p>Владеть:</p> <p>– навыками формулировки математической постановки и решения простейших задач для различных классических сплошных сред;</p> <p>– получения из вариационных принципов механики уравнений движения и граничных условий для различных классических и обобщенных сплошных сред;</p>	<p><i>Самостоятельная работа аспирантов, подготовка отчета.</i></p>	<p><i>Собеседование. Анализ отчета аспирантов.</i></p>

1.1.2 Дисциплинарная карта компетенции ПК-2

<p>Код ПК-2 Б1.ДВ.02.4</p>	<p>Формулировка дисциплинарной части компетенции</p> <p>способен самостоятельно осваивать и применять современные теории в области механики сплошных сред, учитывать в моделях механики процессы накопления повреждений и разрушения материалов различной природы, возникающих при механических, тепловых, радиационных, статических и динамических воздействиях в пассивных и активных, газовых и жидких средах и полях различной природы</p>
---	---

Требования к компонентному составу части компетенции

Перечень компонентов	Виды учебной работы	Средства оценки
<p>Знать:</p> <p>– определения замкнутых математических постановок задач механики сплошных сред для классических и обобщенных континуумов;</p>	<p><i>Самостоятельная работа аспирантов, индивидуальные консультации научного руководителя.</i></p>	<p><i>Собеседование.</i></p>
<p>Уметь:</p> <p>– записывать уравнения балансового типа для величин механической, физической или иной природы, записывать для полученных уравнений граничные и начальные условия, выбирать определяющие уравнения для исследуемых сред;</p>	<p><i>Самостоятельная работа аспирантов, выполнение заданий научного руководителя, подготовка отчета.</i></p>	<p><i>Собеседование. Анализ отчета аспиранта.</i></p>

Владеть: – навыками получения балансовых уравнений для различных величин физико-механической, химической, биологической или иной природы.	<i>Самостоятельная работа аспирантов, подготовка отчета.</i>	<i>Собеседование. Анализ отчета аспиранта.</i>
---	--	--

1.1.3. Дисциплинарная карта компетенции ПК-3

Код ПК-3 Б1.ДВ.02.4	Формулировка дисциплинарной части компетенции способен самостоятельно планировать экспериментальные исследования, делать постановку задач эксперимента, понимать новые методы и средства экспериментальных исследований деформирования, повреждения и разрушения современных материалов и механических характеристик конструкций
----------------------------------	--

Требования к компонентному составу части компетенции

Перечень компонентов	Виды учебной работы	Средства оценки
Знать: – принципы постановки экспериментов на механическое испытание материалов; – современные методы экспериментальных исследований деформирования, повреждения и разрушения;	<i>Самостоятельная работа аспирантов, индивидуальные консультации научного руководителя.</i>	<i>Собеседование.</i>
Уметь: – самостоятельно планировать экспериментальные исследования, делать постановку задач эксперимента;	<i>Самостоятельная работа аспирантов, выполнение заданий научного руководителя, подготовка отчета.</i>	<i>Собеседование. Анализ отчета аспиранта.</i>
Владеть: – навыками анализа новых методов и средств экспериментальных исследований деформирования, повреждения и разрушения современных материалов и механических характеристик конструкций	<i>Самостоятельная работа аспирантов, подготовка отчета.</i>	<i>Собеседование. Анализ отчета аспиранта.</i>

1.2 Этапы формирования компетенций

Учебный материал дисциплины осваивается за один 4-й семестр, в котором предусмотрены аудиторские практические занятия и самостоятельная работа аспирантов. При изучении дисциплины формируются компоненты компетенций *знать, уметь, владеть*, указанные в дисциплинарных картах соответствующих компетенций в РПД. Уровень освоения дисциплины проверяется по результатам приобретения указанных компонент компетенций (табл. 1).

Таблица 1

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

Контролируемые результаты обучения дисциплине (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Вид контроля	
	4 семестр	
	Текущий	Зачёт
Усвоенные знания		
3.1 Принципы формулировки математических постановок задач рациональной механики сплошных сред, структуру уравнений баланса величин механической, физической или иной природы, типов граничных и начальных условий	С	ТВ
3.2 Принципы построения определяющих соотношений, в том числе, принципа независимости от наложенного жесткого движения, знания структуры группы равноправности для жидкостей, изотропных и анизотропных твердых тел, знания	С	ТВ

примеров основных определяющих соотношений классических сред		
3.3 Знать основы неравновесной термодинамики сплошных сред, знать определения и критерии устойчивости решений	С	ТВ
3.4 Знать формулировки принципа наименьшего действия, принципа виртуальной работы и других вариационных принципов механики сплошных сред; знать алгоритм вывода уравнений движения сплошных сред из вариационных принципов	С	ТВ
3.5 Знать определения замкнутых математических постановок задач механики сплошных сред для классических и обобщенных континуумов, знать методы их анализа и решения	С	ТВ
3.6 Принципы постановки экспериментов на механическое испытание материалов	С	ТВ
3.7 современные методы экспериментальных исследований деформирования, повреждения и разрушения	С	ТВ
3.8 Знать определения сильной и слабой постановки задач механики сплошных сред, знать принципы и основные соотношения метода конечных элементов, способы их реализации в САЕ-системах мирового уровня	С	ТВ
Освоенные умения		
У.1 Записывать уравнения балансового типа для величин механической, физической или иной природы, записывать для полученных уравнений граничные и начальные условия, выбирать определяющие уравнения для исследуемых сред	ОТЗ	ПЗ
У.2 Выводить уравнения для механических переменных из вариационных принципов механики сплошных сред	ОТЗ	ПЗ
У.3 Проводить анализ математической постановки, линеаризовать поставленную задачу механики сплошных сред для ее предварительного исследования	ОТЗ	ПЗ
У.4 Самостоятельно планировать экспериментальные исследования, делать постановку задач эксперимента	ОТЗ	ПЗ
У.5 Разрабатывать алгоритм численного решения задач механики сплошных сред	ОТЗ	ПЗ
Приобретенные владения		
В.1 Навыками формулировки математической постановки и решения простейших задач для различных классических сплошных сред	ОТЗ	ПЗ
В.2 Навыками получения из вариационных принципов механики уравнений движения и граничных условий для различных классических и обобщенных сплошных сред	ОТЗ	ПЗ
В.3 Навыками получения балансовых уравнений для различных величин физико-механической, химической, биологической или иной природы	ОТЗ	ПЗ
В.4 Навыками анализа новых методов и средств экспериментальных исследований деформирования, повреждения и разрушения современных материалов и механических характеристик конструкций	ОТЗ	ПЗ
В.5 Навыками использования практических приемов и методов решения задач для классических сплошных сред, включая применение численных постановок их решения	ОТЗ	ПЗ

С – собеседование по теме; ТВ – теоретический вопрос; ТЗ – творческое задание с учетом темы научно-исследовательской деятельности; ОТЗ – отчет по творческому заданию; 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.

Творческое задание – частично регламентированное задание, имеющее нестандартное решение и позволяющее диагностировать умения, интегрировать знания различных областей, аргументировать собственную точку зрения.

Итоговой оценкой освоения дисциплинарных частей компетенций (результатов обучения по дисциплине) является аттестация в виде зачета (4 семестр).

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 и защиты отчета о творческом задании.

- **Собеседование**

Для оценки **знаний** аспирантов проводится собеседование в виде специальной беседы руководителя с аспирантом на темы, связанные с изучаемой дисциплиной для выяснения объема знаний по определенной теме или проблеме, связанной с научной работой. 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.
Не зачтено	Аспирант демонстрирует полное незнание материала или наличие бессистемных, отрывочных знаний, связанных с поставленным перед ним вопросом, при этом не ориентируется в профессиональной терминологии.

- **Защита отчета о творческом задании**

Для оценки **умений и владений** аспирантов используется творческое задание, связанное с темой научной работы аспиранта, требующее нестандартное решение и аргументации собственной точки зрения. Творческие задания могут выполняться в индивидуальном порядке или группой аспирантов.

Критерии оценивания защиты отчета творческого задания отображены в шкале, приведенной в табл. 3.

Таблица 3

Уровень освоения	Критерии оценивания уровня освоения учебного материала
Зачтено	Аспирант выполнил творческое задание успешно, показав в целом систематическое или сопровождающееся отдельными ошибками применение полученных знаний и умений , аспирант ориентируется в предложенном решении, может его модифицировать при изменении условия задачи. Аспирант может объяснить полностью или частично полученные результаты.
Не зачтено	Аспирант допустил много ошибок или не выполнил творческое задание.

• **Шкалы оценивания результатов обучения при зачете:**

Оценка результатов обучения дисциплине в форме уровня сформированности компонентов *знать, уметь, владеть* заявленных дисциплинарных компетенций проводится по шкале оценивания «зачтено», «не зачтено» путем выборочного контроля во время зачета. Типовые шкалы и критерии оценки результатов обучения при сдаче зачета для компонентов *знать, уметь и владеть* приведены в табл. 4.

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 творческое задание 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>Не зачтено</i>	При собеседовании с руководителем аспирант продемонстрировал фрагментарные знания . При ответах на дополнительные вопросы было допущено множество неправильных ответов. При выполнении творческого задания аспирант продемонстрировал частично усвоенное умение и применение полученных навыков при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала. При ответах на дополнительные вопросы было допущено множество неточностей.

При оценке уровня сформированности дисциплинарных частей компетенций в рамках выборочного контроля при сдаче зачета 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 «не зачтено».

Таблица 5

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>Не зачтено</i>	Аспирант получил по дисциплине оценку «не зачтено»

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 научной 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. Представить уравнения неразрывности, движения, момента количества движения, первого и второго начал термодинамики деформируемой среды в виде уравнений баланса соответствующих величин при материальном и пространственном описании.
2. Вывести уравнения движения и граничные условия для градиентного континуума второго порядка с помощью принципа виртуальной работы.
3. Записать определяющие соотношения и уравнения движения идеальной теплопроводной жидкости, давление в которой зависит от плотности в виде функции, описывающей конечность сопротивления на разрыв.
4. Вывод векторно-матричной записи слабых форм уравнений и функционалов вариационных принципов для анизотропного упруго тела.
5. Дискретизация слабых форм уравнений по пространственным переменным.

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

Получить с использованием формализма механики сплошных сред математическую постановку модели физико-механического, биологического или химического процесса или системы, исследуемой в научной работе аспиранта. *(Для описания процесса берется любая из статей, подходящая по тематике и опубликованная в рекомендованном руководителем научном журнале за последние два года)*

Полный комплект вопросов для сдачи зачета хранится в архиве кафедры ВМиМ.



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

Направление
01.06.01 Математика и механика
Программа
Механика деформируемого твердого тела
Кафедра
Вычислительная математика и механика

Дисциплина
«Нелинейная механика сплошных сред»

БИЛЕТ № 1

1. Уравнения движения и граничные условия для упругого градиентного континуума второго порядка, получаемые с помощью принципа виртуальной работы. *(контроль знаний)*
2. Вывод векторно-матричной записи слабых форм уравнений и функционалов вариационных принципов для анизотропного упруго тела. *(контроль знаний)*
3. Получить дискретизацию полученных в п.2 слабых форм уравнений по пространственным переменным. *(контроль умений и владений)*