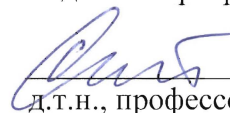


Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования

**«Пермский национальный исследовательский
политехнический университет»**

УТВЕРЖДАЮ

Руководитель программы аспирантуры

 О.Ю.Сметанников
д.т.н., профессор кафедры ВММБ

«30» «апрель» 2022 г.

Рабочая программа дисциплины по программе аспирантуры

«Нелинейная механика сплошных сред»

Научная специальность	1.1.8. Механика деформируемого твердого тела
Направленность (профиль) программы аспирантуры	Механика деформируемого твердого тела
Выпускающая(ие) кафедра(ы)	Вычислительная математика, механика и биомеханика (ВММБ) Математическое моделирование систем и процессов (ММСП) Динамика и прочность машин (ДПМ) Прикладная физика (ПФ)
Форма обучения	Очная
Курс: 2	Семестр (ы): 4
Виды контроля с указанием семестра:	
Экзамен:	Зачет: 4
	Диф.зачет:

Пермь 2022

1. Общие положения

Рабочая программа дисциплины «Нелинейная механика сплошных сред» разработана на основании следующих нормативных документов:

- Приказ Минобрнауки России от 20.10.2021 N 951 "Об утверждении федеральных государственных требований к структуре программ подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре), условиям их реализации, срокам освоения этих программ с учетом различных форм обучения, образовательных технологий и особенностей отдельных категорий аспирантов (адъюнктов)";
- Постановление Правительства РФ от 30.11.2021 N 2122 "Об утверждении Положения о подготовке научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре)";
- Самостоятельно устанавливаемые требования к реализуемым программам подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре Пермского национального исследовательского политехнического университета;
- Базовый план по программе аспирантуры;
- Паспорт научной специальности.

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.

1.2 Место учебной дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Нелинейная механика сплошных сред» является дисциплиной по выбору из образовательного компонента учебного плана.

Дисциплина используется при подготовке к сдаче кандидатского экзамена по специальности 1.1.8. Механика деформируемого твердого тела.

Кандидатский экзамен представляют собой форму оценки степени подготовленности соискателя ученой степени кандидата наук к проведению научных исследований по конкретной научной специальности и отрасли науки, по которой подготавливается или подготовлена диссертация.

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

В результате изучения дисциплины 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.

3. Структура учебной дисциплины по видам и формам учебной работы

Таблица 1

Объем и виды учебной работы

№ п.п.	Вид учебной работы	Трудоемкость, ч
		3 семестр
1	Аудиторная работа	21
	В том числе:	
	Лекции (Л)	-
	Практические занятия (ПЗ)	16

2	Контроль самостоятельной работы (КСР)	5
	Самостоятельная работа (СР)	51
	Форма итогового контроля:	Зачет

4. Содержание учебной дисциплины

4.1. Содержание разделов и тем учебной дисциплины

Раздел 1. (СР – 35, ПЗ - 10)

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. Неполярные и полярные 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.

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.

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.

Раздел 2. (СР – 8, ПЗ - 3)

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.

Раздел 3. (СР – 8, ПЗ - 3)

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

4.2. Перечень тем практических занятий

Таблица 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)

4.3. Перечень тем для самостоятельной работы аспирантов

Самостоятельная работа аспирантов заключается в теоретическом изучении конкретных вопросов и выполнении творческих заданий.

Таблица 3

Темы самостоятельных заданий

№ п.п.	Номер темы дисциплины	Наименование темы самостоятельной работы	Наименование оценочного средства	Представление оценочного средства
1	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. 2	3. Подготовка обзора литературы по введению коротационных производных, исследование скоростных форм записи анизотропного упругого закона.	Собеседование	Вопросы по темам / разделам дисциплины
3	4. 3	5. 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	6. 4	7. 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	8. 5	9. Запись соотношений для численной реализации метода конечных элементов для градиентной изотропной упругой среды. Применение программных систем мультимедийного 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. Перечень учебно-методического, библиотечно-справочного и информационного, информационно-справочного обеспечения для работы аспиранта по дисциплине

6.1. Библиотечные фонды и библиотечно-справочные системы

№	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	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
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

№	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке+кафедре; местонахождение электронных изданий
1	2	3
2.2 Периодические издания		
1.	<i>Известия Российской академии наук. Механика твердого тела: научный журнал. - Москва: Наука, с 1966 г. http://elib.pstu.ru/vufind/Record/RUPSTUser145433</i>	
2.	<i>Известия Российской академии наук. Механика жидкости и газа: научный журнал / Российская академия наук. - Москва: Наука, 1966. http://elib.pstu.ru/vufind/Record/RUPSTUser23834</i>	
3.	<i>Вестник ПНИПУ. Механика : журнал / Пермский национальный исследовательский политехнический университет ; Под ред. А. А. Ташикинова. - Пермь: Изд-во ПНИПУ, с 2012 г. http://vestnik.pstu.ru/mechanics/about/inf/</i>	
4.	<i>Прикладная механика и техническая физика: журнал. - Новосибирск: СО РАН, с 1960 г. http://elib.pstu.ru/vufind/Record/RUPSTUser145580</i>	
5.	<i>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</i>	
6.	<i>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</i>	
7.	<i>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</i>	
2.3 Нормативно-технические издания		
1		
2.4 Официальные издания		
1		

6.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

6.2.1. Информационные и информационно-справочные системы

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. электрон. б-ка. – Москва, 2000-2016. – Режим доступа: http://elibrary.ru/project_risc.asp, свободный. – Загл. с экрана.
11. 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.
12. Национальная электронная библиотека – <http://нэб.рф/>

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

7.1. Основное учебное оборудование. Рабочее место аспиранта.

Таблица 4

№ 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	Компьютеры Core 2 Duo E6850	8	оперативное управление	106, корпус Г
2	Мультимедиа-проектор Panasonic PT-F200E	1	оперативное управление	318, корпус Г
3	Ноутбук ASUS X200MA-KX509D	1	оперативное управление	318, корпус Г

8. Фонд оценочных средств

Освоение учебного материала дисциплины запланировано в течение одного семестра. Формой контроля освоения результатов обучения по дисциплине является кандидатский экзамен, проводимый с учетом результатов текущего контроля.

8.1. Описание показателей и критериев оценивания, 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.

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 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 5

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.
-----------	---

- **Защита отчета о творческом задании**

Для оценки **умений и владений** аспирантов используется творческое задание, имеющее нестандартное решение и позволяющее интегрировать знания различных областей, аргументировать собственную точку 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 6

Уровень освоения	Критерии оценивания уровня освоения учебного материала
<i>Зачтено</i>	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.
<i>Незачтено</i>	Аспирант допустил много ошибок или не выполнил творческое задание.

Промежуточная аттестация

Допуск к промежуточной аттестации осуществляется по результатам текущего контроля. Промежуточная аттестация проводится в виде зачета (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:**

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.

Типовые шкалы и критерии оценки результатов обучения при сдаче зачета для компонентов *знать, уметь и владеть* приведены в табл. 7 и табл. 8.

Таблица 7

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.

Оценка	Критерии оценивания
<i>Незачтено</i>	<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, 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 8

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»

9. 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.

10. Типовые контрольные вопросы и задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов освоения дисциплины

Перечень контрольных вопросов и заданий для сдачи зачета и, в дальнейшем, кандидатского экзамена по научной специальности 1.1.8 «Механика деформируемого твердого тела» разработан с учетом научных достижений научно-исследовательской школы выпускающих кафедр.

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.

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 и заданий для сдачи зачетов в форме утвержденных билетов хранится на кафедре ВММБ.

Программа

Механика деформируемого твердого тела

Кафедра

Вычислительная математика, механика и
биомеханика

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

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)

Заведующий кафедрой ВММБ

_____ (подпись)

Столбов В.Ю.

« ____ » _____ 2022 г.

Лист регистрации изменений

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