

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Саратовский национальный исследовательский государственный
университет имени Н.Г. Чернышевского»

Механико-математический факультет

УТВЕРЖДАЮ:

Проректор по учебно-методической
работе, д-р филол. наук, профессор

Е.Г. Елина



«14» сентября 2016 г.

Рабочая программа дисциплины

**ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ГЛАВЫ
МЕХАНИКИ СПЛОШНОЙ СРЕДЫ**

Направление подготовки кадров высшей квалификации
01.06.01 Математика и механика

Направленность
Механика деформируемого твердого тела

Квалификация (степень) выпускника
Исследователь. Преподаватель-исследователь

Форма обучения
Очная

Саратов
2016

1. Цели и задачи освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины «Дополнительные главы механики сплошной среды» является получение аспирантами знаний по теоретическим проблемам, возникающим при движении сплошной среды.

Механика сплошной среды (МСС) является крупным разделом механики, изучающим движение газообразных, жидких и твёрдых деформируемых тел. Основной задачей освоения данного курса является знакомство с наиболее общими механическими законами и, основанными на их знании, методами построения математических моделей материальных тел различной физической природы.

Задачи дисциплины заключаются в изучении:

- основных законов механики сплошной среды;
- методов, используемых в механике сплошной среды;
- основ построения моделей сплошной среды.

2. Место дисциплины в структуре ООП аспирантуры

Дисциплина «Дополнительные главы механики сплошной среды» является обязательной дисциплиной, входит в состав Блока 1 «Дисциплины (модули)» и относится к вариативной части программы по направлению подготовки 01.06.01 «Математика и механика», направленность – Механика деформируемого твердого тела – Индекс Б1.В.ОД.2.1.

В соответствии с учебным планом, занятия проводятся в 3 семестре.

3. Результаты обучения, определенные в картах компетенций и формируемые по итогам освоения дисциплины

Процесс изучения дисциплины «Дополнительные главы механики сплошной среды» направлен на изучение следующих компетенций:

– способность проектировать и осуществлять комплексные исследования, в том числе междисциплинарные, на основе целостного системного научного мировоззрения с использованием знаний в области истории и философии науки (УК-2);

– способность к интенсивной научно-исследовательской деятельности на уровне современного развития науки, техники и технологий (ПК-1).

В результате освоения дисциплины аспирант должен:

знать:

- методы (алгоритмы, методики) осуществления комплексных исследований, в том числе междисциплинарных;
- современные научные результаты в области механики сплошной среды;

уметь:

- применять имеющиеся методы решения задач в области механики сплошной среды и предлагать новые, представлять собственные результаты в научных журналах высокого уровня, в том числе зарубежных;

- применять полученные знания в научно-исследовательской деятельности на уровне современного развития науки, техники и технологий;
- осуществлять комплексные исследования, в том числе междисциплинарные;

владеть:

- навыками проектирования комплексных исследований, в том числе междисциплинарных;
- современными научными методами в области механики сплошной среды; методами построения моделей сплошной среды; навыками представления собственных научных результатов на международных научных конференциях высокого уровня.

4. Структура и содержание дисциплины «Дополнительные главы механики сплошной среды»

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетных единицы, 72 часа.

№ п/п	Раздел дисциплины	Семестр	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу аспирантов и трудоемкость (в часах)			Формы текущего контроля успеваемости (по темам) Формы промежуточной аттестации (по семестрам)
			лекции	практические	СРС	
1.	Основы тензорного исчисления	3	8		8	
2.	Сплошная среда и ее кинематика	3	12		12	Устный опрос
3.	Основы динамики сплошной среды. Силы. Напряжения. Законы сохранения в МСС	3	16		16	Устный опрос
Итого: 72 часа			36		36	Зачет

Содержание дисциплины «Дополнительные главы механики сплошной среды»

Раздел 1. Основы тензорного исчисления

Тензоры 0-го, 1-го, 2-го. Симметричные и антисимметричные тензоры 2-го ранга. Понятие тензора n-го ранга. Операции с тензорами. Тензоры Кронекера и Леви-Чевиты. Инварианты тензора 2-го ранга. Главные оси симметрического тензора 2-го ранга.

Раздел 2. Сплошная среда и ее кинематика

Основные гипотезы. Модель сплошной среды (континуума). Система отсчета наблюдателя и сопутствующая система отсчета. Индивидуализация точек материального континуума. Лагранжево описание движения сплошной среды. Эйлерово описание движения сплошной среды.

Скалярные, векторные и тензорные поля. Дифференцирование по пространственным координатам и времени. Оператор "набла", градиент, дивергенция, ротор. Субстанциональная (индивидуальная) и частная (локальная) производные по времени. Сопутствующая система координат. Установившиеся, неуставившиеся и потенциальные движения. Линии тока и траектории.

Тензор деформаций. Вычисление компонент тензора деформаций по закону движения (перемещениям). Геометрический смысл компонент тензора деформаций. Тензор поворота. Главные оси деформации и главные деформации. Геометрическое представление тензора деформаций. Инварианты тензора деформаций (основные инварианты, производные инварианты). Разложение тензора деформаций на шаровой и девиатор. Поверхность деформаций. Уравнений совместности распределения деформаций. Тензор скоростей деформаций. Геометрический смысл компонент тензора скоростей деформаций.

Раздел 3. Основы динамики сплошной среды. Силы. Напряжения. Законы сохранения в МСС

Силы и соответствующие им поля в МСС. Объемные (массовые) силы. Плотность объемных сил. Поверхностные силы. Вектор напряжения. Тензор напряжений. Уравнение равновесия поверхностных сил в точке. Физический смысл компонент тензора напряжений. Главные напряжения и главные оси тензора напряжений. Нормальные и касательные напряжения и их представление через главные напряжения. Экстремальные значения нормальных и касательных напряжений. Инварианты тензора напряжений. Шаровой тензор и девиатор напряжений. Геометрическое представление напряженного состояния с помощью тензорной поверхности Коши.

Закон сохранения массы при Лагранжевом описании. Дифференцирование по времени интеграла, взятого по подвижному объему. Уравнение сохранения массы (уравнение неразрывности) при Эйлеровом описании. Уравнение движения (уравнение импульса) сплошной среды в точке. Уравнение момента количества движения и симметрия тензора напряжения. Постановка задач МСС.

Дифференциальные уравнения механики сплошной среды в криволинейных координатах. Символы Кристоффеля. Выражение для дифференциальных операторов в криволинейных координатах. Цилиндрические координаты. Сферические координаты.

5. Образовательные технологии

При реализации учебной работы по освоению курса «Дополнительные главы механики сплошной среды» используются современные образовательные технологии:

- информационно-коммуникационные технологии;
- исследовательские методы в обучении;
- проблемное обучение.

Успешное освоение материала курса предполагает большую самостоятельную работу аспирантов и руководство этой работой со стороны преподавателей.

В учебном процессе используются активные и интерактивные формы проведения занятий: метод проектов, метод поиска быстрых решений в группе, мозговой штурм.

6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы аспирантов

6.1. Виды самостоятельной работы

Раздел/Тема дисциплины	Вид самостоятельной работы	Литература
1. Основы тензорного исчисления	самостоятельное изучение лекций и вопросов с помощью основной и дополнительной литературы	И.П. Герман. Физика организма человека / И. П. Герман ; пер. с англ. А. М. Мелькумянца, С. В. Ревенко. - Долгопрудный: Интеллект, 2011. - 991, [1] с. Основы тензорного анализа и механика сплошной среды [Текст] : учеб. для вузов по машиностроительным направлениям / А. Г. Горшков, Л. Н. Рабинский, Д. В. Тарлаковский; . - Москва: Наука, 2000. - 214 с.
2. Сплошная среда и ее кинематика	самостоятельное изучение лекций и вопросов с помощью основной и дополнительной литературы	Введение в теорию упругости [Текст] : учеб. пособие / А. В. Доль, Д.В. Иванов. - Саратов : Амирит, 2016. - 28 с.

	подготовка к устному опросу	Н. А. Бернштейн. Биомеханика и физиология движения / Н. А. Бернштейн ; Моск. психол.-социал. ин-т. - 3-е изд., стер. - Москва : Изд-во Моск. психол.-социал. ин-та ; Воронеж : Изд-во НПО "Модэк", 2008. - 687, [1] с.
3. Основы динамики сплошной среды. Силы. Напряжения. Законы сохранения в МСС	самостоятельное изучение лекций и вопросов с помощью основной и дополнительной литературы	Нелинейная механика сплошной среды [Текст] : учеб. пособие / Ю. И. Димитриенко. - Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2009. - 623, [1] с.
	подготовка к устному опросу	Введение в теорию упругости [Текст] : учеб. пособие / А. В. Доль, Д.В. Иванов. - Саратов : Амирит, 2016. - 28 с.
Итого часов на самостоятельную работу: 36		

6.2. Порядок выполнения самостоятельной работы

Самостоятельная работа аспирантов проводится в форме изучения отдельных теоретических вопросов по предлагаемой литературе и самостоятельного решения задач с дальнейшим их разбором или обсуждением на аудиторных занятиях. Во время самостоятельной подготовки обучающиеся обеспечены доступом к базам данных и библиотечным фондам и доступом к сети Интернет.

7. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины «Дополнительные главы механики сплошной среды»

7.1. Формы текущего контроля работы аспирантов

Устный опрос.

7.2. Порядок осуществления текущего контроля

Текущий контроль выполнения заданий осуществляется регулярно, начиная с 8 недели семестра. Текущий контроль освоения отдельных разделов дисциплины осуществляется при помощи устных опросов. Система текущего контроля успеваемости служит в дальнейшем наиболее качественному и объективному оцениванию в ходе промежуточной аттестации.

7.3. Промежуточная аттестация по дисциплине

Промежуточная аттестация проводится в форме зачета.

7.4. Фонд оценочных средств

Содержание фонда оценочных средств см. Приложение 1.

8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины «Дополнительные главы механики сплошной среды»

а) основная литература:

1. Нелинейная механика сплошной среды [Текст]: учеб. пособие / Ю. И. Димитриенко. - Москва: ФИЗМАТЛИТ, 2009. - 623, [1] с.

2. Андреев, В. К. Математические модели механики сплошных сред [Электронный ресурс] / В. К. Андреев. - Москва: Лань", 2015. - ISBN 978-5-8114-1998-2. ЭБС «Лань».

б) дополнительная литература:

1. Основы тензорного анализа и механика сплошной среды [Текст]: учеб. для вузов по машиностроительным направлениям / А. Г. Горшков, Л. Н. Рабинский, Д. В. Тарлаковский - Москва: Наука, 2000. - 214 с.

2. Шемякин, Евгений Иванович. Введение в теорию упругости [Текст]: учеб. пособие / Е. И. Шемякин. - Москва: Изд-во Моск. ун-та, 1993. - 95 с.: ил. - Библиогр. - ISBN 5-211-02281-3.

9. Материально-техническое обеспечение дисциплины «Дополнительные главы механики сплошной среды»

Для проведения занятий по дисциплине «Дополнительные главы механики сплошной среды», предусмотренной учебным планом подготовки аспирантов, имеется необходимая материально-техническая база, соответствующая действующим санитарным и противопожарным правилам и нормам:

– лекционная аудитория, оснащенная мультимедийными проекторами с возможностью подключения к Wi-Fi, документ-камерой, маркерными досками для демонстрации учебного материала;

– специализированные компьютерные классы с подключенным к ним периферийным устройством и оборудованием;

– аппаратное и программное обеспечение (и соответствующие методические материалы) для проведения самостоятельной работы по дисциплине.

10. Особенности освоения дисциплины для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья

Для аспирантов с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов предусмотрены следующие формы организации педагогического процесса и контроля знаний:

для слабовидящих:

обеспечивается индивидуальное равномерное освещение не менее 300 люкс;

для выполнения контрольных заданий при необходимости предоставляется увеличивающее устройство;

задания для выполнения, а также инструкция о порядке выполнения контрольных заданий оформляются увеличенным шрифтом (размер 16-20);


для глухих и слабослышащих:

обеспечивается наличие звукоусиливающей аппаратуры коллективного пользования, при необходимости аспирантам предоставляется звукоусиливающая аппаратура индивидуального пользования;

для лиц с тяжелыми нарушениями речи, глухих, слабослышащих все контрольные задания по желанию аспирантов могут проводиться в письменной форме.

Основной формой организации педагогического процесса является интегрированное обучение инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья, т.е. все аспиранты обучаются в смешанных группах, имеют возможность постоянно общаться со сверстниками, легче адаптируются в социуме.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО (уровень подготовки кадров высшей квалификации) по направлению подготовки «01.06.01 - Математика и механика», направленность «Механика деформируемого твердого тела».

Автор:  А.В. Доль к.ф.-м.н., доцент кафедры математической теории упругости и биомеханики механико-математического факультета СГУ


Программа разработана в 2016 году (одобрена на заседании кафедры математической теории упругости и биомеханики от 31.08.2016 года, протокол № 1).

Подписи:

Зав. кафедрой математической теории упругости и биомеханики, д.ф.-м.н., профессор

 Л.Ю. Коссович

Декан механико-математического факультета, к.ф.-м.н., доцент

 А.М. Захаров

1. Карта компетенций

Контролируемые компетенции (шифр компетенции)	Планируемые результаты обучения (знает, умеет, владеет, имеет навык)
<p>УК-2- способность проектировать и осуществлять комплексные исследования, в том числе междисциплинарные, на основе целостного системного научного мировоззрения с использованием знаний в области истории и философии науки</p>	<p>Знать: методы (алгоритмы, методики) осуществления комплексных исследований, в том числе междисциплинарных.</p>
	<p>Уметь: осуществлять комплексные исследования, в том числе междисциплинарные.</p>
	<p>Владеть: навыками осуществления комплексных исследований, в том числе междисциплинарных.</p>
<p>ПК-1 - способность к интенсивной научно-исследовательской деятельности на уровне современного развития науки, техники и технологий</p>	<p>Знать: основные понятия, идеи, методы, законы современных областей фундаментальной математики, информатики, механики и физики; современные математические методы механики сплошной среды; современные математические методы механики сплошной среды</p>
	<p>Уметь: определить и сформулировать цель исследования и постановку задачи, обладающую высокой степенью научной новизны; предложить новый метод решения поставленной задачи; составить обзор современных научных работ по теме исследования, в том числе зарубежных; развивать имеющиеся методы решения задач механики сплошной среды</p>
	<p>Владеть: новыми методами современных областей математики, физики, механики; способностью предлагать новые методы и подходы на уровне современного развития предметной области и обосновывать их</p>

2. Показатели оценивания

Семестр	Шкала оценивания			
	«не зачтено»	«зачтено»		
	2	3	4	5
3	<p>Не владеет навыками осуществления комплексных исследований; основными методами и подходами математического моделирования в механике и при решении междисциплинарных задач.</p> <p>Не умеет осуществлять комплексные исследования, в том числе междисциплинарные; самостоятельно осуществлять поиск специализированной научной литературы выбирать наиболее эффективные методы и способы решения поставленной задачи; в соответствии с выбранными методами решения строить математическую модель с алгоритмом ее реализации; анализировать полученные результаты.</p> <p>Не знает современные проблемы механики; необходимые и достаточные условия для реализации поставленной задачи в рамках междисциплинарного подхода.</p>	<p>Слабо владеет навыками осуществления комплексных исследований; основными методами и подходами математического моделирования в механике и при решении междисциплинарных задач.</p> <p>Плохо умеет осуществлять комплексные исследования, в том числе междисциплинарные; самостоятельно осуществлять поиск специализированной научной литературы выбирать наиболее эффективные методы и способы решения поставленной задачи; в соответствии с выбранными методами решения строить математическую модель с алгоритмом ее реализации; анализировать полученные результаты</p> <p>Плохо знает современные проблемы механики; необходимые и достаточные условия для реализации поставленной задачи в рамках междисциплинарного подхода.</p>	<p>Хорошо владеет навыками осуществления комплексных исследований; основными методами и подходами математического моделирования в механике и при решении междисциплинарных задач.</p> <p>Хорошо умеет осуществлять комплексные исследования, в том числе междисциплинарные; самостоятельно осуществлять поиск специализированной научной литературы выбирать наиболее эффективные методы и способы решения поставленной задачи; в соответствии с выбранными методами решения строить математическую модель с алгоритмом ее реализации; анализировать полученные результаты</p> <p>Хорошо знает современные проблемы механики; необходимые и достаточные условия для реализации поставленной задачи в рамках междисциплинарного подхода.</p>	<p>Уверенно владеет навыками осуществления комплексных исследований; основными методами и подходами математического моделирования в механике и при решении междисциплинарных задач.</p> <p>Свободно умеет осуществлять комплексные исследования, в том числе междисциплинарные; самостоятельно осуществлять поиск специализированной научной литературы выбирать наиболее эффективные методы и способы решения поставленной задачи; в соответствии с выбранными методами решения строить математическую модель с алгоритмом ее реализации; анализировать полученные результаты</p> <p>Отлично знает современные проблемы механики; необходимые и достаточные условия для реализации поставленной задачи в рамках междисциплинарного подхода.</p>

**Фонд оценочных средств текущего контроля
и промежуточной аттестации**

1. Задания для текущего контроля

Вопросы для устного опроса

Тема «Сплошная среда и ее кинематика»

1. Основные гипотезы.
2. Лагранжево описание движения сплошной среды.
3. Эйлерово описание движения сплошной среды.
4. Субстанциональная (индивидуальная) и частная (локальная) производные по времени.
5. Тензор деформаций.
6. Главные оси деформации и главные деформации.

Тема «Основы динамики сплошной среды. Силы. Напряжения. Законы сохранения в МСС»

1. Силы и соответствующие им поля в МСС. Объемные (массовые) силы.
2. Главные напряжения и главные оси тензора напряжений. Нормальные и касательные напряжения и их представление через главные напряжения.
3. Инварианты тензора напряжений.
4. Шаровой тензор и девиатор напряжений.
5. Закон сохранения массы при Лагранжевом описании. Дифференцирование по времени интеграла, взятого по подвижному
6. Уравнение движения (уравнение импульса) сплошной среды в точке.
7. Символы Кристоффеля.

Критерии оценки:

«зачтено»	Хорошее знание основ кинематики сплошной среды, основных понятий, законов и уравнений МСС.
«не зачтено»	Недостаточное знание основ кинематики сплошной среды, основных понятий, законов и уравнений МСС.

2. Задания для промежуточной аттестации

Контрольные вопросы к зачету

1. Индивидуализация материальных точек.
2. Лагранжевы координаты, лагранжево описание движения сплошной среды. Скорость, ускорение. Поле вектора скорости.
3. Индивидуализация материальных точек.
4. Эйлерово описание движения. Переход от переменных Эйлера к переменным Лагранжа и наоборот.
5. Скалярные и векторные поля в механике сплошных сред. Скалярное поле температур.
6. Индивидуальная, локальная и конвективная производные температурного поля.
7. Поверхности уровня скалярного поля. Вектор-градиент скалярного поля.
8. Вычисление ускорения частиц в переменных Эйлера в декартовом базисе.
9. Векторные линии или линии тока. Дифференциальные уравнения линий тока. Соотношение понятий «линия тока» и «траектория частицы».
10. Понятие установившихся движений.
11. Потенциальные движения сплошной среды. Необходимые и достаточные условия существования потенциала скоростей.
12. Характеристика систем координат. Преобразование координат.
13. Векторы базиса. Преобразование базисных векторов.
14. Вектор. Диадное произведение. Свойства диадного произведения.
15. Тензоры в евклидовом пространстве. Ранг тензора. Тензор нулевого ранга. Тензор первого ранга. Тензор второго ранга. Тензор третьего ранга.
16. Симметричный тензор второго ранга. Антисимметричный тензор.
17. Сложение и вычитание тензоров.
18. Умножение тензора на скаляр. Свертывание тензора.
19. Скалярное умножение тензоров.
20. Векторное умножение тензоров.
21. Фундаментальный метрический тензор. Единичный тензор. Дискриминантный тензор.
22. Инварианты тензора. Тензорная поверхность. Главные оси и главные компоненты тензора.
23. Дифференциальные операции первого порядка с тензорами (градиент, дивергенция, ротор).
24. Интегральные теоремы тензорного анализа (Теорема Остроградского–Гаусса, теорема Стокса).
25. Физические величины, описывающие движение сплошных сред.
26. Деформация сплошной среды.

27. Тензор деформаций (ранг, симметричность или антисимметричность, геометрический смысл компонент).
28. Тензоры деформации Грина и Альманси.
29. Выражение тензора деформаций через компоненты вектора перемещений.
30. Кинематический смысл компонент деформаций. Тензор поворота.
31. Главные направления (главные оси) деформации.
32. Главные деформации. Тензор деформаций в ДПСК, связанной с главными осями тензора деформаций.
33. Поверхность деформаций Коши.
34. Инварианты тензора деформаций (первый, второй, третий).
35. Производные инварианты тензора деформаций (средняя деформация, интенсивность деформации). Физический смысл производных инвариантов.
36. Представление тензора деформаций в виде суммы шарового тензора и девиатора деформаций.
37. Условия совместности (сплошности) деформаций. Физический смысл уравнений совместности.
38. Мгновенное состояние движения сплошной среды. Тензор скоростей деформации (ранг, симметричность или антисимметричность, геометрический смысл компонент). Тензор скоростей поворота.
39. Напряжение как мера интенсивности внутренних сил.
40. Внутренние силы. Напряжение. Вектор полного напряжения в данной точке на площадке с заданной ориентацией.
41. Нормальное и касательное напряжение.
42. Тензор напряжений как характеристика напряженного состояния материального континуума. Анализ условий равновесия элементарного тетраэдра.
43. Тензор напряжений (ранг, симметричность или антисимметричность, физический смысл компонент).
44. Главные оси, главные площадки, главные значения тензора напряжений.
45. Геометрическое представление тензора напряжений. Возможные формы поверхности напряжений для различных напряженных состояний.
46. Основные инварианты тензора напряжений. Производные инварианты тензора напряжений (среднее напряжение, интенсивность напряжений), их физический смысл.
47. Разложение тензора напряжений на шаровой тензор и девиатор напряжений.
48. Вычисление среднего значения и интенсивности напряжений для исходного тензора, шарового тензора и девиатора.
49. Внешние объемные (массовые) и поверхностные силы.
50. Математическое определение массы и массовой плотности сплошной среды.

51. Формулировка закона сохранения массы при механическом движении сплошной среды.

52. Формула дифференцирования по времени интеграла, взятого по подвижному материальному объему.

53. Внешние объемные (массовые) и поверхностные силы. Уравнения неразрывности сплошной среды в переменных Эйлера и Лагранжа.

54. Закон сохранения количества движения – уравнения движения.

55. Закон сохранения моментов количества движения. Симметрия тензора напряжений

56. Цилиндрические координаты. Сферические координаты. Дифференциальные уравнения механики сплошной среды в криволинейных координатах.

57. Символы Кристоффеля. Выражение для дифференциальных операторов в криволинейных координатах.

58. Постановка задач МСС. Общие принципы постановки задачи. Выбор системы отсчета, системы координат. Выбор модели сплошной среды. Составление исходных уравнений. Начальные и граничные условия.

Критерии оценки:

«зачет»	Свободно владеет основами тензорного исчисления, основными уравнениями кинематики и динамики сплошной среды, верно ставит основные задачи МСС.
«не зачтено»	Плохо владеет основами тензорного исчисления, основными уравнениями кинематики и динамики сплошной среды, неверно ставит основные задачи МСС.