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

|  |  |
| --- | --- |
| СОГЛАСОВАНО  Заведующий кафедрой МТУиБМ  д.ф.-м.н., профессор  \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_Л.Ю.Коссович  "\_\_" \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_2016 г. | УТВЕРЖДАЮ  Председатель НМС механико-математического факультета  к.ф.-м.н., доцент  \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_С.В. Тышкевич  "\_\_" \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_2016 г. |

**Фонд оценочных средств**

текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине

ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ГЛАВЫ ЕСТЕСТВЕННОНАУЧНЫХ

ДИСЦИПЛИН

Направление подготовки бакалавриата

01.03.02 «Прикладная математика и информатика»

Профиль подготовки бакалавриата

Все реализуемые профили

Квалификация (степень) выпускника

*Бакалавр*

Форма обучения

*Очная*

Саратов,

2016

# Карта компетенций

|  |  |
| --- | --- |
| Контролируемые компетенции  (шифр компетенции) | Планируемые результаты обучения  (знает, умеет, владеет, имеет навык) |
|
| ОПК-2  ОК-4  ПК-6  ПК-5 | **Знать:** способы описания движения сплошной среды; основные характеристики напряженно-деформируемого состояния сплошной среды; интегральную и дифференциальную формы законов сохранения; общий принцип построения математических моделей в МСС; простейшие математические модели сплошных сред. |
| **Уметь:** правильно выбрать определяющие соотношения, соответствующие сути рассматриваемого натурного явления; строить полные системы уравнений, описывающих поведение конкретной среды, ставить для них краевые и начальные условия, выбирать метод решения поставленной задачи; моделировать и решать задачи механики сплошных сред, в том числе с использованием современной вычислительной техники; определять возможности применения теоретических положений и методов механики сплошной среды для постановки и решения конкретных прикладных задач. |
| **Владеть:** способностью и заинтересованностью использования в практической деятельности знаний закономерностей механики сплошной среды, самостоятельно изучать и понимать специальную (отраслевую) научную и методическую литературу, связанную с проблемами механики сплошной среды. |

# Показатели оценивания планируемых результатов обучения

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Семестр** | **Шкала оценивания** | | |
| **3** | **4** | **5** |
| 1 семестр | Слабо знает способы описания движения сплошной среды; основные характеристики напряженно-деформируемого состояния сплошной среды; интегральную и дифференциальную формы законов сохранения.  Испытывает трудности в правильном выборе определяющих соотношений, соответствующих сути рассматриваемого натурного явления; плохо строит полные системы уравнений, описывающих поведение конкретной среды, ставит для них краевые и начальные условия, не умеет выбирать метод решения поставленной задачи.  Слабо владеет способностью и заинтересованностью использования в практической деятельности знаний закономерностей механики сплошной среды. | Достаточно полно знает способы описания движения сплошной среды; основные характеристики напряженно-деформируемого состояния сплошной среды; интегральную и дифференциальную формы законов сохранения.  Хорошо умеет правильно выбрать определяющие соотношения, соответствующие сути рассматриваемого натурного явления; строить полные системы уравнений, описывающих поведение конкретной среды, ставить для них краевые и начальные условия, выбирать метод решения поставленной задачи.  Демонстрирует хорошие навыки в способности и заинтересованности использования в практической деятельности знаний закономерностей механики сплошной среды. | Отлично знает способы описания движения сплошной среды; основные характеристики напряженно-деформируемого состояния сплошной среды; интегральную и дифференциальную формы законов сохранения.  Уверенно и правильно выбирает определяющие соотношения, соответствующие сути рассматриваемого натурного явления; строит полные системы уравнений, описывающих поведение конкретной среды, ставит для них краевые и начальные условия, выбирает метод решения поставленной задачи.  Отлично владеет способностью и заинтересованностью использования в практической деятельности знаний закономерностей механики сплошной среды. |
| 2 семестр | Слабо знает общий принцип построения математических моделей в МСС; простейшие математические модели сплошных сред.  Допускает ошибки в моделировании и решении задачи механики сплошных сред, в том числе с использованием современной вычислительной техники; плохо определяет возможности применения теоретических положений и методов механики сплошной среды для постановки и решения конкретных прикладных задач.  Слабо владеет самостоятельным изучением и пониманием специальной (отраслевой) научной и методической литературой, связанной с проблемами механики сплошной среды. | Достаточно полно знает общий принцип построения математических моделей в МСС; простейшие математические модели сплошных сред.  Умеет моделировать и решать задачи механики сплошных сред, в том числе с использованием современной вычислительной техники; определять возможности применения теоретических положений и методов механики сплошной среды для постановки и решения конкретных прикладных задач.  Хорошо владеет самостоятельным изучением и пониманием специальной (отраслевой) научной и методической литературой, связанной с проблемами механики сплошной среды. | Отлично знает общий принцип построения математических моделей в МСС; простейшие математические модели сплошных сред.  Уверенно и верно моделирует и решает задачи механики сплошных сред, в том числе с использованием современной вычислительной техники; определяет возможности применения теоретических положений и методов механики сплошной среды для постановки и решения конкретных прикладных задач.  Отлично владеет самостоятельным изучением и пониманием специальной (отраслевой) научной и методической литературой, связанной с проблемами механики сплошной среды. |

Для получения студентом оценки «Зачтено» достаточно, чтобы его знания, умения и навыки удовлетворяли критериям, перечисленным в графе «3» приведенной таблицы.

# Оценочные средства

## 3.1 Задания для текущего контроля

## Задания для практических занятий

*Методические рекомендации:*

На практических занятиях студенты выполняют приводимые задания. При выполнении заданий студент может пользоваться дополнительной литературой, указанной в рабочей программе дисциплины.

Текущий контроль осуществляется в ходе учебного процесса и консультирования студентов, его основными формами являются:

* обсуждение вынесенных в план самостоятельной работы вопросов и задач;
* решение на практических занятиях задач и их обсуждение;
* выполнение контрольных работ и обсуждение результатов;
* участие в дискуссии по проблемным темам дисциплины и оценка качества анализа проведённой аналитической и исследовательской работы.

Примеры контрольных заданий для проведения текущего контроля по итогам освоения дисциплины.

**1. Основы кинематики материального континуума. Теория деформаций**

***Вариант 1.***

1. В цилиндрической системе координат задан тензор *Т* своими контравариантными компонентами



.



Найти физические компоненты этого тензора.

2. Доказать, что символы Кристоффеля 1-го рода выражаются через метрического коэффициенты основного базиса

.



3. В некоторой точке тензор деформаций имеет вид

.



Найти главные деформации и главные направления. Записать тензор в главных осях. Вычислить инварианты для каждого из двух тензоров.

***Вариант 2.***

1. В цилиндрической системе координат  найти сумму двух тензоров А и В:

А=2*ē1ē2*+5*ē1ē3*-4*ē2ē3*+5*ē3ē1*+3*ē3ē2* ;

В=2*ē1ē1*+*r*-2*ē1ē2*+6*r*-2*ē2ē1*+2*r*-4*ē2ē2*+3*r*-2*ē2ē3*-6*ē3ē1*+4*ē3ē3* .

2. Вычислить ковариантные производные по переменным *r*, *φ*, *z*в цилиндрической системе координат от контравариантных компонент тензора:

.

3. В некоторой точке задан тензор деформаций

.

Определить относительное удлинение в направлении  и изменение угла между направлениями  и .

**2. Теория напряжений**

***Вариант 1***

1. Найти компоненты метрического тензора в сферической системе координат.

2. Вычислить ковариантные производные по переменным *r*, *φ*, *z*в цилиндрической системе координат от контравариантных компонент тензора:

.



3. В декартовой системе координат тензор напряжений имеет вид:

.



Определить главные напряжения и главные оси тензора напряжений. Вычислить инварианты. Разложить тензор напряжений на сумму шарового тензора и девиатора, найти главные напряжения для девиатора.

4. Найти ковариантную (абсолютную) производную от ковариантных компонент тензоров 1-го и 2-го рангов.

5. В точке среды задан тензор напряжения



.



Определить вектор полного напряжения, нормальное напряжение и касательное напряжение в данной точке на площадке с единичной нормалью .



***Вариант 2.***

1. В декартовой системе координат тензор напряжений имеет вид:

.



Определить главные напряжения и главные оси тензора напряжений. Вычислить инварианты. Разложить тензор напряжений на сумму шарового тензора и девиатора, найти главные напряжения для девиатора.

2. В цилиндрической системе координат задан тензор *Т* своими контравариантными компонентами



.



Найти физические компоненты этого тензора.

3. Выразить контравариантные компоненты тензоров 1-го и 2-го рангов через ковариантные компоненты.

**3. Основные уравнения и задачи теории упругости**

***Вариант1.***

1. Определить поле перемещений в постоянном поле деформаций.
2. Используя теорему взаимности Максвелла-Бетти, найти средние значения величин: объемной деформации, относительное удлинение по объему в изотропном теле. Считать, что тело находится в равновесии.

***Вариант 2.***

1. Решить задачу о простом растяжении\сжатии цилиндрического тела.
2. Решить задачу о кручении круглого призматического бруса.

**4. Плоская задача теории упругости**

***Вариант 1.***

1. Показать, что задачи обобщенного плоского напряженного состояния и плоской деформации с математической точки зрения идентичны.
2. Решить задачу о вертикально расположенном теле цилиндрической формы, деформирующегося под действием собственного веса.

## Задания для самостоятельной работы

*Методические рекомендации:*

Самостоятельная работа включает углубленное изучение отдельных тем, входящих в содержание дисциплины. Студенту необходимо ознакомиться с рекомендованной литературой по теме и написать конспект. Полученные знания используются при выполнении практических заданий.

## 3.2 Промежуточная аттестация

*Методические рекомендации:*

Промежуточная аттестация по дисциплине «Дополнительные главы естественнонаучных дисциплин» проводится в виде зачета в 6 семестре и устного экзамена в 7-м семестре. Подготовка студента к прохождению промежуточной аттестации осуществляется в период лекционных и практических занятий, а также во внеаудиторные часы в рамках самостоятельной работы. Во время самостоятельной подготовки студент пользуется конспектами лекций, основной и дополнительной литературой, указанной в рабочей программе дисциплины.

Зачет в 6 семестре и экзамен в 7 семестре проводятся в устной форме в виде ответов на вопросы билета и два дополнительных вопроса из перечня вопросов к промежуточной аттестации. Экзаменационные билеты для проведения промежуточной аттестации в 6-м семестре приведены в приложении 1, во 7-м семестре - в приложении 2.

**Вопросы для проведения промежуточной аттестации (зачет в 6 семестре)**

Предмет МСС. В чем заключается основное отличие механики сплошных сред от теоретической механики?

Сформулируйте понятие материального континуума.

Сформулируйте основные гипотезы МСС.

Сформулируйте понятие векторной функции скалярного аргумента, скалярной и векторной функции векторного аргумента. Определите понятие поля, приведите примеры скалярных и векторных полей.

Определите понятие потока вектора через поверхность, циркуляции вектора по какому-либо контуру.

Дайте определения дивергенции и ротора вектора. Сформулируете теоремы Остроградского – Гаусса и Стокса.

Определите понятие метрики пространства и метрические коэффициенты базиса. Сформулируйте правило суммирования Эйнштейна.

Диадное произведение двух векторов. Основные свойства, проявляемые диадными произведениями?

Сформулируйте общее определение тензора. Ранг тензора.

Формы представления тензора второго ранга.

Инвариантность тензора второго ранга относительно преобразования системы координат.

Симметричный и антисимметричные тензоры второго ранга.

Правила сложения и вычитания тензоров, умножение тензора на скаляр.

Дискриминантный тензор.

Дифференцирование тензоров по координатам.

Индивидуальная точка, индивидуальная частица, индивидуальный объем сплошной среды.

Система отсчета наблюдателя и сопутствующая система отсчета. Точка зрения Лагранжа на изучения движение деформируемых сред. Лагранжевы координаты.

Точка зрения Эйлера на изучения движение деформируемых сред. Эйлеровы координаты.

Сформулируйте общую задачу определения движения сплошных сред. Чем принципиально различаются точки зрения Эйлера и Лагранжа на изучение движения сплошных сред?

Полная, локальная и конвективная производные по времени.

Деформация сплошной среды.

Тензор деформаций.

Геометрический смысл компонент тензора деформаций.

Вычисление компонент тензора деформаций по известному полю перемещений.

Охарактеризуйте тензор деформаций (ранг, симметричность или антисимметричность, геометрический смысл компонент).

Главные оси тензора деформаций и главные деформации. Сформулируйте принцип определения главных направлений и главных деформаций.

Поверхность деформации Коши.

Инварианты тензора деформаций, средняя деформация, интенсивность деформаций.

Разложение тензора деформаций на сумму шарового тензора и девиатора деформаций.

Уравнениями совместности деформаций.

Тензор скоростей деформаций, его ранг, симметричность или антисимметричность, кинематический смысл компонент.

Физическая величина характеризующая внутренние силы, возникающие в сплошной среде. Тензор напряжений, его ранг, симметричность или антисимметричность, физический смысл компонент.

Поверхность напряжений. Основные инварианты тензора напряжений, среднее напряжение, интенсивность напряжений.

Разложение тензора напряжений на шаровой тензор и девиатор напряжений.

Внешние объемные и поверхностные силы. Какими физическими величинами количественно характеризуются эти внешние силы?

**Приложение 1**

**Билет 1.**

1. Предмет МСС. В чем заключается основное отличие механики сплошных сред от теоретической механики?
2. Тензор скоростей деформаций, его ранг, симметричность или антисимметричность, кинематический смысл компонент.

**Билет 2**.

1. Сформулируйте основные гипотезы МСС.
2. Физическая величина характеризующая внутренние силы, возникающие в сплошной среде. Тензор напряжений, его ранг, симметричность или антисимметричность, физический смысл компонент.

**Билет 3.**

1. Система отсчета наблюдателя и сопутствующая система отсчета. Точка зрения Лагранжа на изучения движение деформируемых сред. Лагранжевы координаты.
2. Поверхность напряжений. Основные инварианты тензора напряжений, среднее напряжение, интенсивность напряжений.

**Билет 4.**

1. Сформулируйте понятие векторной функции скалярного аргумента, скалярной и векторной функции векторного аргумента. Определите понятие поля, приведите примеры скалярных и векторных полей.
2. Поверхность деформации Коши.

**Билет 5.**

1. Точка зрения Эйлера на изучения движение деформируемых сред. Эйлеровы координаты.
2. Геометрический смысл компонент тензора деформаций.

**Билет 6.**

1. Определите понятие метрики пространства и метрические коэффициенты базиса. Сформулируйте правило суммирования Эйнштейна.
2. Разложение тензора напряжений на шаровой тензор и девиатор напряжений.

**Билет 7.**

1. Сформулируйте понятие векторной функции скалярного аргумента, скалярной и векторной функции векторного аргумента. Определите понятие поля, приведите примеры скалярных и векторных полей.
2. Поверхность напряжений. Основные инварианты тензора напряжений, среднее напряжение, интенсивность напряжений.

**Билет 8.**

1. Индивидуальная точка, индивидуальная частица, индивидуальный объем сплошной среды.
2. Внешние объемные и поверхностные силы. Какими физическими величинами количественно характеризуются эти внешние силы?

**Билет 9.**

1. Дифференцирование тензоров по координатам.
2. Уравнениями совместности деформаций.

**Билет 10.**

1. Сформулируйте общую задачу определения движения сплошных сред. Чем принципиально различаются точки зрения Эйлера и Лагранжа на изучение движения сплошных сред?
2. Разложение тензора деформаций на сумму шарового тензора и девиатора деформаций.

**Вопросы для проведения промежуточной аттестации (экзамен во 2 семестре)**

1. Закон сохранения массы - уравнение неразрывности.

2. Закон сохранения количества движения - уравнения движения.

3. Баланс механической энергии - "теорема живых сил".

4. Закон сохранения энергии при отсутствии тепловых явлений.

5. Закон сохранения энергии при наличии тепловых явлений. Первое начало термодинамики, уравнение энергии.

6. Второй закон термодинамики.

7. Понятие модели сплошной среды.

8. Физическое и механическое поведение деформируемых сред.

9. Физическое поведение деформируемых сред. Уравнение состояния.

10. Механическое поведение деформируемых сред. Диаграмма механического поведения.

11. Идеальная среда (Идеальная жидкость, идеальный газ).

12. Вязкая жидкость.

13. Упругая среда.

14. Жесткопластическая среда.

15. Основные принципы постановки задач механики сплошной среды.

16. Введение.Предмет теории упругости. Упругое тело.

17. Существование потенциала напряжения.

18. Обобщенный закон Гука. Закон Гука для произвольного анизотропного тела.

19. Формулы Клапейрона. Формулы Кастильяно.

20. Симметрия упругих свойств. Изотропный материал. О числе независимых модулей упругости в случае наличия симметрии упругих свойств определенного вида:одна плоскость упругой симметрии, две плоскости упругой симметрии, три эквивалентные плоскости упругой симметрии, полная изотропия упругих свойств.

21. Зависимости между упругими константами изотропного материала. Всестороннее сжатие однородного изотропного тела.

22. Чистое растяжение длинного однородного призматического бруса квадратного сечения.

23. Связь упругих констант Ламе с техническими константами E и ν (E- модуль Юнга, ν- коэффициент Пуассона).

24. Другие формы записи обобщенного закона Гука.

25. Соотношения термоупругости.

26. Замкнутая система уравнений теории упругости и постановка основных краевых задач. Структура замкнутой системы уравнений теории упругости, начальные условия. Постановка 1-й и 2-й краевых задач. Постановка 3-й (смешанной задачи) теории упругости.

27. Задача теории упругости в перемещениях. Уравнения Навье-Ламе. Следствия из них: уравнения для волн расширения, волн сдвига.

28. Задача теории упругости в напряжениях. Уравнения Бельтрами-Митчелла.

29. Анализ уравнений движения и равновесия.

30. Представление перемещений через гармонические и бигармонические функции.

31. Теорема единственности.

32. Теорема Клапейрона об энергии деформации.

33. Теорема о взаимности Максвелла-Бетти.

34. Теорема о минимуме полной энергии.

35. Простейшие задачи теории упругости.

36. Плоская деформация.

37. Плоское напряженное состояние.

38. Обобщенное плоское напряженное состояние.

39. Функция напряжений.

40. Плоская задача в полярных координатах.

**Приложение 2**

**Билет 1.**

1. Закон сохранения массы - уравнение неразрывности.
2. Представление перемещений через гармонические и бигармонические функции.

**Билет 2.**

1. Баланс механической энергии – «теорема живых сил».
2. Теорема Клапейрона об энергии деформации.

**Билет 3.**

1. Закон сохранения энергии при наличии тепловых явлений. Первое начало термодинамики, уравнение энергии.
2. Плоская деформация.

**Билет 4.**

1. Второй закон термодинамики.
2. Плоское напряженное состояние.

**Билет 5.**

1. Обобщенный закон Гука. Закон Гука для произвольного анизотропного тела.
2. Функция напряжений.

**Билет 6.**

1. Формулы Клапейрона. Формулы Кастильяно.
2. Физическое и механическое поведение деформируемых сред.

**Билет 7.**

1. Симметрия упругих свойств. Изотропный материал. О числе независимых модулей упругости в случае наличия симметрии упругих свойств определенного вида: одна плоскость упругой симметрии, две плоскости упругой симметрии, три эквивалентные плоскости упругой симметрии, полная изотропия упругих свойств.

2. Плоская задача в полярных координатах.

**Билет 8.**

1. Введение. Предмет теории упругости. Упругое тело.
2. Задача теории упругости в напряжениях. Уравнения Бельтрами-Митчелла.

**Билет 9**.

1. Замкнутая система уравнений теории упругости и постановка основных краевых задач. Структура замкнутой системы уравнений теории упругости, начальные условия. Постановка 1-й и 2-й краевых задач. Постановка 3-й (смешанной задачи) теории упругости.
2. Идеальная среда (Идеальная жидкость, идеальный газ).

**Билет 10.**

1. Зависимости между упругими константами изотропного материала. Всестороннее сжатие однородного изотропного тела.
2. Закон сохранения энергии при отсутствии тепловых явлений.

ФОС для проведения промежуточной аттестации одобрен на заседании кафедры математической теории упругости и биомеханики от 31 августа 2016 года, протокол № 1.

Автор

ассистент кафедры математической

теории упругости и биомеханики \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ А.И. Зинина