

**Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Национальный исследовательский университет «МЭИ»**

Направление подготовки/специальность: 15.03.03 Прикладная механика

Наименование образовательной программы: Динамика и прочность машин, приборов и аппаратуры

Уровень образования: высшее образование - бакалавриат

Форма обучения: Очная

**Оценочные материалы
по дисциплине
Теория упругости 2**

**Москва
2023**

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:

Преподаватель

(должность)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Кузнецов С.Ф.
	Идентификатор	Rb27d2feb-KuznetsovSF-e9466b63

(подпись)

С.Ф.

Кузнецов

(расшифровка
подписи)

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель
образовательной
программы

(должность, ученая степень, ученое
звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Позняк Е.В.
	Идентификатор	Rd1b94958-PozniakYV-2647307e

(подпись)

Е.В. Позняк

(расшифровка
подписи)

Заведующий
выпускающей кафедры

(должность, ученая степень, ученое
звание)

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Меркурьев И.В.
	Идентификатор	Rd52c763c-MerkuryevIV-1e4a883f

(подпись)

И.В.

Меркурьев

(расшифровка
подписи)

ОБЩАЯ ЧАСТЬ

Оценочные материалы по дисциплине предназначены для оценки: достижения обучающимися запланированных результатов обучения по дисциплине, этапа формирования запланированных компетенций и уровня освоения дисциплины.

Оценочные материалы по дисциплине включают оценочные средства для проведения мероприятий текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации.

Формируемые у обучающегося компетенции:

1. ПК-1 способностью выявлять сущность научно-технических проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, и привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат

2. ПК-2 способностью применять физико-математический аппарат, теоретические, расчетные и экспериментальные методы исследований, методы математического и компьютерного моделирования в процессе профессиональной деятельности

и включает:

для текущего контроля успеваемости:

Форма реализации: Защита задания

1. Уравнения состояния в частных случаях упругой анизотропии (Расчетно-графическая работа)

Форма реализации: Письменная работа

1. Вариационные принципы теории упругости (Контрольная работа)

2. Введение в теорию тензоров (Тестирование)

3. Основные теоремы классической теории упругости (Контрольная работа)

БРС дисциплины

7 семестр

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %				
	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4
	Срок КМ:	4	8	12	15
Введение в теорию тензоров					
Основы теории тензоров		+	+		
Введение в анализ тензорных полей		+	+		
Основные теоремы классической теории упругости					
Основные теоремы классической теории упругости		+	+		
Уравнения состояния в частных случаях упругой анизотропии					

Уравнения состояния в частных случаях упругой анизотропии			+	
Вариационные принципы и методы теории упругости				
Вариационные принципы линейной теории упругости				+
Вариационный метод Ритца и численный метод конечных элементов			+	+
Вес КМ:	25	25	25	25

\$Общая часть/Для промежуточной аттестации\$

СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ

I. Оценочные средства для оценки запланированных результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Индекс компетенции	Индикатор	Запланированные результаты обучения по дисциплине	Контрольная точка
ПК-1	ПК-1(Компетенция)	Знать: определения и физический смысл характеристик напряженно-деформированного состояния аксиоматический аппарат механики деформируемого твердого тела и теории упругости Уметь: проводить анализ результатов определения напряженно-деформированного состояния	Введение в теорию тензоров (Тестирование) Основные теоремы классической теории упругости (Контрольная работа) Уравнения состояния в частных случаях упругой анизотропии (Расчетно-графическая работа)
ПК-2	ПК-2(Компетенция)	Знать: математические постановки краевых задач, основные теоремы и принципы теории упругости Уметь: формулировать трехмерные и плоские	Основные теоремы классической теории упругости (Контрольная работа) Вариационные принципы теории упругости (Контрольная работа)

		краевые задачи теории упругости, а также задачи свободного кручения для заданных расчетных схем применять аналитические методы для решения краевых задач теории упругости специальных классов	
--	--	--	--

II. Содержание оценочных средств. Шкала и критерии оценивания

КМ-1. Введение в теорию тензоров

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Тестирование

Вес контрольного мероприятия в БРС: 25

Процедура проведения контрольного мероприятия: Тестирование проводится во время аудиторных занятий. Продолжительность тестирования - 20 мин. Работы выполняются индивидуально по вариантам задания. Время проверки заданий - 30 мин. Сделанные ошибки обсуждаются на групповом занятии.

Краткое содержание задания:

Тестирование проводится с целью проверки знаний основных понятий, определений, алгебраических операций над тензорами и элементов анализа тензорных полей

Контрольные вопросы/задания:

Знать: аксиоматический аппарат механики деформируемого твердого тела и теории упругости	1. Координатными поверхностями и координатными линиями цилиндрической системы координат являются ... (составить вариант ответа): 1) два семейства окружностей, принадлежащих ортогональным координатным плоскостям, и семейство прямых, исходящих из начала координат 2) три семейства взаимно ортогональных плоскостей 3) цилиндрическая поверхность и две взаимно ортогональные плоскости 4) семейство окружностей, с центром в начале координат и два семейства взаимно ортогональных прямых 5) семейство сферических поверхностей с центром в начале координат и два семейства взаимно ортогональных плоскостей 6) три семейства взаимно ортогональных прямых 2. Результат тензорного выражения $a_{jk}b_{jk}$ при $a_{jk} = a_{kj}$ и $b_{jk} = -b_{kj}$: 1) 0 2) компоненты тензора ранга 2 3) 0-тензор ранга 2 4) 0-тензор ранга 1 5) компоненты тензора ранга 3 6) компоненты тензора ранга 4 3. Результат тензорного выражения δ_{jjk} при $j, k = 1, 2, 3$: 1) 0-тензор ранга 1 2) 3 3) 6 4) 0 5) 0-тензор ранга 2 6) 21
--	---

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 100

Описание характеристики выполнения знания: Даны полностью правильные ответы на все вопросы задания

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 83

Описание характеристики выполнения знания: Даны полностью правильные ответы на 5 из 6 вопросов задания

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 67

Описание характеристики выполнения знания: Даны полностью правильные ответы на 4 из 6 вопросов задания

КМ-2. Основные теоремы классической теории упругости

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 25

Процедура проведения контрольного мероприятия: Контроль проводится во время аудиторных занятий. Продолжительность выполнения задания - 45 мин. Задания выполняются по индивидуальным вариантам. Время проверки заданий - 20 мин. Сделанные ошибки обсуждаются на групповом занятии

Краткое содержание задания:

Контрольная работа проводится с целью проверки знаний формулировок основных теорем и принципов теории упругости и умения их применения при формулировке и решении краевых задач теории упругости

Контрольные вопросы/задания:

Знать: аксиоматический аппарат механики деформируемого твердого тела и теории упругости	1. Дайте обоснованное описание процесса преобразования энергии при деформировании идеально упругого тела под действием внешних сил
Знать: математические постановки краевых задач, основные теоремы и принципы теории упругости	1. Представьте формулировку теоремы Кирхгофа о единственности решения основных краевых задач теории упругости

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 95

Описание характеристики выполнения знания: Даны правильные ответы на все вопросы задания

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 85

Описание характеристики выполнения знания: Ответ на один из вопросов задания содержит незначительные ошибки

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

Описание характеристики выполнения знания: Ответ на один из вопросов задания не может быть признан правильным

КМ-3. Уравнения состояния в частных случаях упругой анизотропии

Формы реализации: Защита задания

Тип контрольного мероприятия: Расчетно-графическая работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 25

Процедура проведения контрольного мероприятия: По результатам работы во время занятий проводится проверка выполнения задания. Как правило, студент излагает результаты своей работы на групповом занятии. На одного студента отводится не более 10 минут,

Краткое содержание задания:

Дать строгие математические формулировки задач свободного кручения стержней заданных поперечных сечений.

Изложить содержание методов решения поставленных задач, получить расчетные соотношения, необходимые для сопоставления характеристик жесткости и прочности стержней

Контрольные вопросы/задания:

Знать: определения и физический смысл характеристик напряженно-деформированного состояния	1.Какая величина является характеристикой жесткости стержня при свободном кручении?
Уметь: проводить анализ результатов определения напряженно-деформированного состояния	1.Для равнопрочных стержней с поперечными сечениями в форме круга и кольца (отношение внутреннего и внешнего диаметра 0.8) сопоставить площади поперечных сечений.

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 100

Описание характеристики выполнения знания: Работа выполнена в полном объеме и не содержит ошибок, существенно влияющих на результаты решения и заключительные выводы

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 90

Описание характеристики выполнения знания: Основные этапы решения выполнены правильно, но работа содержит незначительные ошибки и нарушения правил оформления

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 75

Описание характеристики выполнения знания: Работа содержит ошибки. Отдельные результаты решения неверны

КМ-4. Вариационные принципы теории упругости

Формы реализации: Письменная работа

Тип контрольного мероприятия: Контрольная работа

Вес контрольного мероприятия в БРС: 25

Процедура проведения контрольного мероприятия: Контроль проводится во время аудиторных занятий. Продолжительность выполнения задания - 45 мин. Задания

выполняются по индивидуальным вариантам. Время проверки заданий - 20 мин. Сделанные ошибки обсуждаются на групповом занятии

Краткое содержание задания:

Контрольная работа проводится с целью проверки знаний формулировок основных вариационных принципов теории упругости, вариационных постановок задач об определении механического состояния, умения применять вариационные принципы на примерах модельных задач

Контрольные вопросы/задания:

Уметь: применять аналитические методы для решения краевых задач теории упругости специальных классов	1. На основе теоремы Кастильяно о минимуме дополнительной потенциальной энергии получить уравнение совместности в усилиях для предложенного варианта стержневой системы
Уметь: формулировать трехмерные и плоские краевые задачи теории упругости, а также задачи свободного кручения для заданных расчетных схем	1. На основе теоремы Лагранжа о минимуме полной потенциальной энергии получить уравнения равновесия в перемещениях для предложенного варианта стержневой системы

Описание шкалы оценивания:

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 95

Описание характеристики выполнения знания: Даны правильные ответы на все вопросы задания

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 80

Описание характеристики выполнения знания: Ответ на один из вопросов задания содержит незначительные ошибки

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

Описание характеристики выполнения знания: Ответ на один из вопросов задания не может быть признан правильным

СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

7 семестр

Форма промежуточной аттестации: Экзамен

Пример билета

1. Дополнительная энергия упругой деформации. Формула Кастильяно
2. Технические упругие постоянные изотропного тела
3. Для заданной стержневой системы получить условия равновесия на основе применения теоремы Лагранжа о минимуме полной потенциальной энергии

Процедура проведения

Процедура проведения устного экзамена регламентируется действующим Положением о проведении промежуточной аттестации НИУ "МЭИ"

1. Перечень компетенций/индикаторов и контрольных вопросов проверки результатов освоения дисциплины

1. Компетенция/Индикатор: ПК-1(Компетенция)

Вопросы, задания

1. Закон сохранения энергии для идеально упругого тела
2. Теорема Кирхгофа о единственности решения основных краевых задач теории упругости
3. Формулировка вариационного принципа Лагранжа

Материалы для проверки остаточных знаний

1. Сколько независимых упругих постоянных определяют упругие свойства изотропного материала?

(выбрать правильный вариант ответа)

Ответы:

- а) 21
- б) 13
- в) 2
- г) 5
- д) 9

Верный ответ: в) 2

2. В каком диапазоне значений может находиться величина коэффициента Пуассона ν при идеально упругом деформировании?

(выбрать правильный вариант ответа)

Ответы:

- а) $0 \leq \nu \leq 1$
- б) $-1 < \nu < 1$
- в) $-1 \leq \nu \leq \frac{1}{2}$
- г) $0 < \nu < \frac{1}{2}$
- д) $-\frac{1}{2} < \nu < \frac{1}{2}$

Верный ответ: в)

2. Компетенция/Индикатор: ПК-2(Компетенция)

Вопросы, задания

- 1.Технические упругие постоянные трансверсально изотропного тела
- 2.Вариационный метод Ритца
- 3.Особенности и способы аппроксимации решений в методе конечных элементов

Материалы для проверки остаточных знаний

- 1.При свободном кручении стержней касательные напряжения принимают наибольшие значения ... (выбрать правильный вариант ответа)

Ответы:

- а) в центре тяжести сечения
- б) на контуре, ограничивающем сечение
- в) в одной из внутренних точек сечения
- г) во внешних угловых точках контура, ограничивающего сечение
- д) в точках контура, наиболее удаленных от центра тяжести

Верный ответ: б) на контуре, ограничивающем сечение

- 2.Несжимаемый изотропный идеально упругий материал характеризуется... (привести все правильные варианты ответов)

Ответы:

- а) значением коэффициента Пуассона $\nu = 1/2$
- б) соотношением между модулем сдвига и модулем продольной упругости $G/E = 1/3$
- в) равенством нулю относительной объемной деформации
- г) равенством нулю среднего гидростатического напряжения $\sigma = 0$
- д) равенством нулю относительных удлинений

Верный ответ: а) значением коэффициента Пуассона 1/2 б) соотношением между модулем сдвига и модулем продольной упругости 1/3 в) равенством нулю относительной объемной деформации

- 3.Приближенные решения задач теории упругости по методу Ритца на основе теоремы Лагранжа о минимуме полной потенциальной энергии ... (выбрать правильный вариант ответа)

Ответы:

- а) не являются односторонними приближениями к точному решению
- б) дают верхнюю оценку для компонент вектора перемещений
- в) дают нижнюю оценку для компонент вектора перемещений
- г) дают верхнюю оценку для компонент тензора напряжений
- д) дают нижнюю оценку для компонент тензора напряжений

Верный ответ: в) дают нижнюю оценку для компонент вектора перемещений

II. Описание шкалы оценивания

Оценка: 5

Нижний порог выполнения задания в процентах: 100

Описание характеристики выполнения знания: Ответы на вопросы билета даны в полном объеме и не содержат существенных ошибок

Оценка: 4

Нижний порог выполнения задания в процентах: 90

Описание характеристики выполнения знания: Ответы на вопросы билета даны в полном объеме, но содержат отдельные существенные недочеты

Оценка: 3

Нижний порог выполнения задания в процентах: 75

Описание характеристики выполнения знания: Ответы на вопросы билета даны не в полном объеме и содержат отдельные существенные недочеты

III. Правила выставления итоговой оценки по курсу

При выставлении итоговой оценки по дисциплине учитываются баллы по промежуточной аттестации и по текущей успеваемости в соответствии с действующим Положением о проведении промежуточной аттестации НИУ "МЭИ"