

**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**

**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: Письменная работа

1. Основные краевые задачи теории упругости (Контрольная работа)
2. Основы теории упругости (Тестирование)
3. Формулировки и методы решения плоских задач теории упругости (Контрольная работа)

### БРС дисциплины

6 семестр

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %			
	Индекс КМ:	КМ- 1	КМ- 2	КМ- 3
	Срок КМ:	4	8	12
Основы теории упругости				
Введение в теорию упругости	+			
Кинематический и статический анализ сплошной среды	+			
Основные краевые задачи теории упругости				
Уравнения состояния идеально упругого тела			+	
Основные уравнения и краевые задачи теории упругости			+	
Формулировки и методы решения плоских задач теории упругости и задач свободного кручения				

Плоская задача теории упругости		+	
Свободное кручение призматических стержней			+
Вес КМ:	30	35	35

\$Общая часть/Для промежуточной аттестации\$

**БРС курсовой работы/проекта**

6 семестр

Раздел дисциплины	Весы контрольных мероприятий, %		
	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2
	Срок КМ:	8	12
Формулировка краевых задач теории упругости. Решение плоских задач в полиномах		+	
Решение плоских задач теории упругости методом интегральных преобразований			+
Вес КМ:	50	50	

## 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: основные положения механики деформируемого твердого тела и теории упругости, определения и физический смысл характеристик напряженно-деформированного состояния, закономерности, определяющие деформирование упругих тел, и их физико-механические характеристики Уметь: формулировать задачи теории упругости для заданных расчетных схем	Основы теории упругости (Тестирование) Основные краевые задачи теории упругости (Контрольная работа)
ПК-2	ПК-2(Компетенция)	Знать: основные уравнения, математические постановки основных краевых задач и принципы	Основные краевые задачи теории упругости (Контрольная работа) Формулировки и методы решения плоских задач теории упругости (Контрольная работа)

		линейной теории упругости Уметь: использовать аналитические методы для решения плоских краевых задач теории упругости, проводить анализ результатов определения напряженно- деформированного состояния	
--	--	---	--

## II. Содержание оценочных средств. Шкала и критерии оценивания

### КМ-1. Основы теории упругости

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Тестирование

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 30

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Тестирование проводится в часы аудиторных занятий по индивидуальным вариантам заданий, продолжительность выполнения заданий - 20 мин., продолжительность проверки заданий - 15 мин. Ошибки, обнаруженные при проверке, обсуждаются на групповом занятии

#### Краткое содержание задания:

Тестирование направлено на проверку знаний аксиоматических основ теории упругости, терминов, определений, а также физического содержания основных характеристик механического состояния деформируемых твердых тел

#### Контрольные вопросы/задания:

Знать: основные положения механики деформируемого твердого тела и теории упругости, определения и физический смысл характеристик напряженно-деформированного состояния, закономерности, определяющие деформирование упругих тел, и их физико-механические характеристики	1.Приведите число независимых физических постоянных, характеризующих упругие свойства однородного изотропного материала
--	---

#### Описание шкалы оценивания:

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 100*

*Описание характеристики выполнения знания:* Верными являются ответы на все вопросы задания

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 90*

*Описание характеристики выполнения знания:* Ответ на один из вопросов задания не является полностью верным

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*Описание характеристики выполнения знания:* Ответ на один из вопросов задания является полностью неверным ли ответы на два вопроса задания не являются полностью верными

### КМ-2. Основные краевые задачи теории упругости

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 35

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Контроль проводится в часы аудиторных занятий по индивидуальным вариантам заданий, продолжительность выполнения заданий - 30 мин., продолжительность проверки заданий - 15 мин. Ошибки, обнаруженные при проверке, обсуждаются на групповом занятии

**Краткое содержание задания:**

Контрольная работа ориентирована на проверку знаний основных соотношений и уравнений линейной теории упругости и умений формулировать математические задачи определения механического состояния упруго деформируемых тел

**Контрольные вопросы/задания:**

Знать: основные уравнения, математические постановки основных краевых задач и принципы линейной теории упругости	1.Каковы исходные предпосылки получения и физический смысл уравнений равновесия Навье?
Уметь: формулировать задачи теории упругости для заданных расчетных схем	1.Представьте пример формулировки второй основной краевой задачи теории упругости

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 100*

*Описание характеристики выполнения знания:* Верными являются ответы на все вопросы задания

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 90*

*Описание характеристики выполнения знания:* Ответ на один из вопросов задания не является полностью верным

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*Описание характеристики выполнения знания:* Ответ на один из вопросов задания является полностью неверным ли ответы на два вопроса задания не являются полностью верными

**КМ-3. Формулировки и методы решения плоских задач теории упругости**

**Формы реализации:** Письменная работа

**Тип контрольного мероприятия:** Контрольная работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 35

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Контроль проводится в часы аудиторных занятий по индивидуальным вариантам заданий, продолжительность выполнения заданий - 30 мин., продолжительность проверки заданий - 15 мин. Ошибки, обнаруженные при проверке, обсуждаются на групповом занятии

**Краткое содержание задания:**

Контрольная работа ориентирована на проверку знаний основных соотношений и уравнений плоской задачи теории упругости, умений корректно формулировать задачи данного типа в строгой постановке, а также с использованием интегральных краевых условий и применять математические методы для их решения

**Контрольные вопросы/задания:**

<p>Уметь: использовать аналитические методы для решения плоских краевых задач теории упругости, проводить анализ результатов определения напряженно-деформированного состояния</p>	<p>1.Предложить метод решения поставленной плоской задачи и изложить основные этапы решения</p>
--	---

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 100*

*Описание характеристики выполнения знания: Верными являются ответы на все вопросы задания*

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 90*

*Описание характеристики выполнения знания: Ответ на один из вопросов задания не является полностью верным*

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*Описание характеристики выполнения знания: Ответ на один из вопросов задания является полностью неверным ли ответы на два вопроса задания не являются полностью верными*

# СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

## 6 семестр

**Форма промежуточной аттестации:** Экзамен

### Пример билета

1. Элементарный вывод уравнений равновесия и закона парности касательных напряжений.
2. Принцип Сен-Венана (формулировки и примеры применения).
3. Для предложенной расчетной схемы:
  - а) Привести строгую математическую формулировку плоской задачи теории упругости.
  - б) Дать формулировку задачи с использованием краевых условий «в среднем».
  - в) Предложить метод решения поставленной задачи. Изложить основные этапы решения

### Процедура проведения

Предусматривается устный контроль по билетам. 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.Аксиоматические основы классической теории упругости
- 2.Понятие внутренних сил. Основной методологический принцип механики сплошной среды
- 3.Физический смысл компонент тензора малых деформаций
- 4.Закон Гука для изотропного тела. Технические упругие постоянные изотропного тела
- 5.Плоское напряженное состояние. Основные уравнения и краевые условия. Условия реализации
- 6.Задача Сен-Венана. Полуобратный метод Сен-Венана. Постановка задачи о свободном кручении

#### **Материалы для проверки остаточных знаний**

- 1.Коэффициентом пропорциональности между касательными напряжениями и углами сдвига в обобщенном законе Гука для изотропного материала является ...

Ответы:

- 1) удвоенная величина модуля сдвига ( $2G$ )
- 2) модуль сдвига ( $G$ )
- 3) модуль продольной упругости ( $E$ )
- 4) коэффициент Пуассона ( $\nu$ )
- 5)  $\frac{1}{2}$  величины модуля сдвига ( $\frac{1}{2}G$ )
- 6) коэффициент Пуассона, взятый с обратным знаком

Верный ответ: 2) модуль сдвига ( $G$ )

- 2.Физическая размерность компонент тензора деформаций -

Ответы:

- 1) Н
- 2)  $\frac{H}{M^2}$
- 3)  $\frac{H}{M}$
- 4)  $\frac{H}{M^3}$
- 5) 1
- 6) М

Верный ответ: 5) 1

3.Какая из гипотез классической теории упругости определяет независимость упругих характеристик материала от способа введения системы координат?

Ответы:

- 1) гипотеза сплошности
- 2) гипотеза идеальной упругости
- 3) гипотеза центрального взаимодействия
- 4) гипотеза однородности
- 5) гипотеза изотропии
- 6) гипотеза малости геометрических изменений

Верный ответ: 5) гипотеза изотропии

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

### Вопросы, задания

- 1.Уравнения равновесия Навье. Статически неопределимый характер задач теории упругости
- 2.Основные свойства зависимостей между напряжениями и деформациями в случае идеальной упругости
- 3.Основные краевые задачи теории упругости (формулировки и примеры)
- 4.Принцип Сен-Венана (формулировки и примеры применения)
- 5.Интегральные краевые условия (условия «в среднем»)
- 6.Функция напряжений. Формулировка плоских задач с использованием функции напряжений при отсутствии массовых сил. Теорема Леви

### Материалы для проверки остаточных знаний

1.Изменение пространственного положения элементарных объемов деформируемого твердого тела характеризуется ...

Ответы:

- 1) распределением компонент вектора напряжений на площадках заданной постоянной ориентации
- 2) распределением компонент тензора напряжений
- 3) распределением компонент тензора вращений
- 4) распределением компонент вектора объемных сил
- 5) распределением компонент тензора деформаций
- 6) распределением компонент вектора перемещений

Верный ответ: 6) распределением компонент вектора перемещений

2.Формулы Коши

определяют... (выберите все правильные варианты ответа)

Ответы:

- 1) вектор напряжений на площадке заданной ориентации
- 2) свойство симметрии тензора напряжений
- 3) тензорные свойства внутренних сил, действующих на элементарный объем

- 4) внутренние силы, действующие на элементарный объем тела, с помощью векторов напряжений на трех взаимно ортогональных площадках
  - 5) условие равновесия элементарного тетраэдра
  - 6) условие равновесия элементарного параллелепипеда
- Верный ответ: 1) вектор напряжений на площадке заданной ориентации 3) тензорные свойства внутренних сил, действующих на элементарный объем 4) внутренние силы, действующие на элементарный объем тела, с помощью векторов напряжений на трех взаимно ортогональных площадках 5) условие равновесия элементарного тетраэдра

## ***II. Описание шкалы оценивания***

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 100*

*Описание характеристики выполнения знания: Верными являются ответы на все вопросы задания*

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 90*

*Описание характеристики выполнения знания: Ответ на один из вопросов задания не является полностью верным*

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*Описание характеристики выполнения знания: Ответ на один из вопросов задания является полностью неверным ли ответы на два вопроса задания не являются полностью верными*

## ***III. Правила выставления итоговой оценки по курсу***

Итоговая оценка по курсу определяется по результатам промежуточной аттестации и контроля текущей успеваемости в соответствии с действующим Положением о проведении промежуточной аттестации НИУ "МЭИ"

**Для курсового проекта/работы:**

**6 семестр**

**Форма проведения: Защита КП/КР**

### ***I. Процедура защиты КП/КР***

Результаты выполнения курсовой работы проходят предварительную проверку. Все обнаруженные ошибки и нарушения правил оформления должны быть исправлены перед защитой. На защите студент получает дополнительные вопросы по теме работы. Продолжительность защиты для студента не более 10 мин.

### ***II. Описание шкалы оценивания***

*Оценка: 5*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 95*

*Описание характеристики выполнения знания:* Имеются только отдельные незначительные ошибки (не влияющие на правильность результатов и выводов) при решении задач и оформлении работы. Ответы на вопросы при защите удовлетворительны

*Оценка: 4*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 80*

*Описание характеристики выполнения знания:* Допущены систематические незначительные ошибки при решении задач и оформлении работы. Ответы на вопросы при защите удовлетворительны

*Оценка: 3*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 70*

*Описание характеристики выполнения знания:* Допущена грубая ошибка, влияющая на правильность результатов и выводов при решении задач, имеются незначительные ошибки при оформлении работы. Ответы на вопросы при защите удовлетворительны

### ***III. Правила выставления итоговой оценки по курсу***

Итоговая оценка по курсу определяется по результатам промежуточной аттестации и контроля текущей успеваемости в соответствии с действующим Положением о проведении промежуточной аттестации НИУ "МЭИ"