



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Дальневосточный Федеральный Университет»  
(ДФУ)

**ИНЖЕНЕРНАЯ ШКОЛА**

«СОГЛАСОВАНО»


Руководитель ОП Строительство уникальных  
зданий и сооружений

  
(подпись) Т.Э. Уварова

« 29 » сентября 2016 г.

«УТВЕРЖДАЮ»

Заведующий кафедрой гидротехники, теории  
зданий и сооружений

  
(подпись) Н.Я. Цимбельман

« 29 » сентября 2016 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

**Теория упругости с основами теории пластичности и ползучести**

Специальность 08.05.01 «Строительство уникальных зданий и сооружений»

Специализация «Строительство гидротехнических сооружений повышенной ответственности»

Форма подготовки - очная

курс 3, семестр – 5

лекции – 36 час.

практические занятия - 18 час.

лабораторные работы – не предусмотрены.

в том числе с использованием МАО лек. 14 час / пр. 6 час

всего часов аудиторной нагрузки - 54 час.

в том числе с использованием МАО – 20 час.

самостоятельная работа - 90 час.

в том числе на подготовку к экзамену – 36 час.

курсовая работа / курсовой проект - не предусмотрена

зачёт – не предусмотрен

экзамен – 5 семестр

Рабочая программа составлена в соответствии с требованиями федерального государственного образовательного стандарта высшего образования, утвержденного приказом Министерства образования и науки РФ от 11 августа 2016 г. №1030 и приказа ректора ДВФУ №12-13-1282 от 07 июля 2015 г.

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры механики и математического моделирования протокол № 1 от « 29 » сентября 2016 г

Заведующий кафедрой: к.т.н., доцент Н.Я. Цимбельман

Составитель: к.т.н. А.В. Баенхаев



**Аннотация к рабочей программе дисциплины  
«Теория упругости с основами теории пластичности и ползучести»**

Дисциплина разработана для студентов, обучающихся по специальности 08.05.01 «Строительство уникальных зданий и сооружений», специализация «Строительство гидротехнических сооружений повышенной ответственности», входит в базовую часть Блока 1 Дисциплины (модули) учебного плана (Б1.Б.20).

Трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетные единицы, 144 часа. Учебным планом предусмотрены: лекционные занятия (36 часов), практические занятия (18 часов) и самостоятельная работа студента (54 часа и 36 часов подготовку к экзамену). Форма контроля – экзамен. Дисциплина реализуется на 3 курсе в 5 семестре.

Дисциплина базируется на знаниях, полученных студентами при изучении дисциплин: «Линейная алгебра и аналитическая геометрия», «Математический анализ», «Теория вероятностей и математическая статистика», «Вариационное исчисление», «Физика», «Теоретическая механика», «Сопротивление материалов».

Дисциплина охватывает следующий круг вопросов: основные понятия теории упругости, пластичности, ползучести, определение напряженно-деформированного состояния трехмерных тел.

**Цель дисциплины** - овладение базовыми знаниями и умениями в области механики деформируемого твердого тела (теории упругости, пластичности, ползучести).

**Задачи дисциплины:**

- формирование представления о работе основных видах конструкций и их расчетных схемах, освоение методов расчета и оценки плоских и пространственных элементов строительных конструкций на прочность, жесткость и устойчивость.

- изучение общих методов определения напряжений, деформаций и перемещений в элементах конструкций любой формы, а также оценка точности полученных в сопротивлении материалов приближенных решений.

Приобретенные знания способствуют формированию инженерного мышления.

Для успешного изучения дисциплины у обучающихся должны быть сформированы следующие предварительные компетенции:

- способность к абстрактному мышлению, анализу, синтезу (ОК-1);

- способность решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности (ОПК-3).

Планируемые результаты обучения по данной дисциплине (знания, умения, владения), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы, характеризуют этапы формирования следующих общепрофессиональных компетенций:

<b>Код и формулировка компетенции</b>	<b>Этапы формирования компетенции</b>	
<b>ОПК – 6</b> использование основных законов естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применением методов математического анализа и математического (компьютерного)	знает	основные математические приложения и физические законы, явления и процессы, на которых основаны принципы расчета напряженно-деформированного состояния конструкций.
	умеет	применять математические методы, физические законы для решения задач по расчету напряженно-деформированного состояния конструкций.

моделирования, теоретического и экспериментального исследования	владеет	методами расчета напряженно-деформированного состояния конструкций, а также методами теоретического и экспериментального исследования изучаемых объектов
<b>ОПК – 7</b> способность выявить естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлечь их для решения соответствующий физико-математический аппарат	знает	особенности конструктивных решений зданий и сооружений и теории их расчета
	умеет	строить необходимую модель и подбирать теорию расчета объектов профессиональной деятельности
	владеет	методами расчета строительных конструкций

Для формирования вышеуказанных компетенций в рамках дисциплины применяются следующие методы активного обучения: «лекция-беседа», «групповая консультация».

# **I. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА**

## **Семестр 5**

### **Раздел 1. . Постановка и методы решения задачи теории упругости (22 часа).**

#### **Тема 1. Статические уравнения теории упругости (8 часов).**

Введение. Основные гипотезы, используемые в теории упругости. Напряженное состояние тела. Напряжения на наклонной площадке. Дифференциальные уравнения равновесия. Статические граничные условия. Тензор напряжений, шаровой тензор и девиатор напряжений. Главные площадки и главные напряжения, инварианты тензора напряжений. Матричная форма записи статических уравнений.

#### **Тема 2. Геометрические и физические уравнения теории упругости (4 часа).**

Компоненты перемещений и компоненты деформаций. Дифференциальные уравнения Коши. Тензор деформаций. Главные оси деформаций и главные деформации. Уравнения совместности деформаций Сен-Венана. Матричная форма записи геометрических уравнений. Обобщенный закон Гука. Формы записи закона Гука. Потенциальная энергия деформации. Матричная форма записи физических уравнений.

#### **Тема 3. Постановки задач теории упругости (4 часа).**

Дифференциальная постановка задач теории упругости. Методы решения задач теории упругости. Постановка задач теории упругости в перемещениях. Уравнения Ляме. Постановка задач теории упругости в напряжениях. Уравнения Бельтрами-Митчелла.

#### **Тема 4. Плоская задача теории упругости (6 часов).**

Плоская деформация. Плоское напряженное состояние. Основные уравнения плоской задачи в декартовых координатах. Функция напряжений Эри. Решение плоской задачи в полиномах. Примеры решения задач в полиномах. Плоская задача теории упругости в полярных координатах.

### **Раздел 2. Метод конечных элементов в применении к упругим системам (8 часов).**

#### **Тема 1. Метод конечных элементов в применении к продольной деформации стержня (2 часа).**

Идея метода конечных элементов. Дифференциальная постановка задачи. Основная интегральная формула. Вариационная постановка задачи. Конечно-элементная дискретизация. Аппроксимация перемещений. Построение матрицы жесткости конечного элемента. Формирование матрицы жесткости системы. Разрешающие уравнения метода конечных элементов.

#### **Тема 2. Метод конечных элементов в применении к изгибу стержня (4 часа).**

Дифференциальная постановка задачи. Вариационные постановки задачи. Метод конечных элементов в форме метода перемещений. Смешанный (гибридный) метод конечных элементов.

#### **Тема 3. Решение плоской задачи теории упругости методом конечных элементов (2 часа).**

Постановка плоской задачи теории упругости в матричном виде. Основная интегральная формула. Вариационное уравнение Лагранжа и принцип стационарности полной потенциальной энергии. Построение схемы метода конечных элементов для плоской задачи теории упругости.

### **Раздел 3. Основы теории пластичности и ползучести(6 час).**

#### **Тема 1. Основы теории пластичности (2 часа).**

Простейшие задачи теории пластичности. Основы деформационной теории пластичности.

**Тема 2. Приближенные методы решения задач пластичности (2 часа).**

Метод упругих решений. Метод переменных параметров упругости. Метод последовательных нагружений.

**Тема 3. Ползучесть и релаксация в твердых телах (2 часа).**

Явления ползучести материалов и релаксации напряжений. Модели упруго-вязких тел. Модели Фойгта и Максвелла. Обобщенная модель упруго-вязкого тела. Постановка задач теории ползучести. Теории упрочнения, течения, старения.

## **II. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА**

### **Семестр 5**

#### **Темы практических занятий (18 часов).**

**Раздел 1. Постановка и методы решения задачи теории упругости (12 часов).**

Занятие 1 (2 часа). Вводное занятие. Повторение основных понятий сопротивления материалов. Теория изгиба балки Бернулли. Решение задач расчета балки Бернулли.

Занятие 2 (2 часа). Расчет стержневой системы в программном комплексе.

Занятие 3 (2 часа). Напряженное состояние тела. Решение задач на определение напряжений на наклонных площадках.

Занятие 4 (2 часа). Напряженное состояние тела. Решение задач на определение главных площадок и главных напряжений.

Занятие 5 (2 часа). Плоская задача теории упругости. Решение плоской задачи в полиномах.

Занятие 6 (2 часа). Плоская задача теории упругости. Расчет балки-стенки в программном комплексе.

**Раздел 2. Метод конечных элементов в применении к упругим системам (4 часа).**

Занятие 7 (4 часа). Решение задач методом конечных элементов.

**Раздел 3. Основы теории пластичности и ползучести (2 часа).**

Занятие 8 (2 часа). Нелинейный расчет толстостенной трубы

## **III. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ**

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся по дисциплине «Физика среды и ограждающих конструкций» представлено в Приложении 1 и включает в себя:

план-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине, в том числе примерные нормы времени на выполнение по каждому заданию;

характеристика заданий для самостоятельной работы обучающихся и методические рекомендации по их выполнению;

требования к представлению и оформлению результатов самостоятельной работы;

критерии оценки выполнения самостоятельной работы

## **IV. КОНТРОЛЬ ДОСТИЖЕНИЯ ЦЕЛЕЙ КУРСА**

### Формы текущего и промежуточного контроля по дисциплине «Теория упругости с основами теории пластичности и ползучести»

№ п/п	Контролируемые модули/ разделы / темы дисциплины	Коды и этапы формирования компетенций		Оценочные средства - наименование	
				текущий контроль	промежуточная аттестация
1	Раздел 1. Постановка и методы решения задачи теории упругости .	ОПК-6	основные математические приложения и физические законы, явления и процессы, на которых основаны принципы расчета задач теории упругости.	Устный опрос (УО-1)	Экзамен
			применять математические методы, физические законы для решения задач теории упругости.	Устный опрос (УО-1)	Экзамен
			методами расчета напряженно-деформированного состояния конструкций, а также методами теоретического исследования напряженно-деформированного состояния трехмерных тел	Устный опрос (УО-1)	Экзамен
		ОПК-7	особенности конструктивных решений зданий и сооружений и теории их расчета как задачи теории упругости.	Устный опрос (УО-1)	Экзамен
			строить необходимую модель и подбирать теорию расчета объектов профессиональной деятельности	Устный опрос	Экзамен
			методами расчета строительных конструкций	Устный опрос	Экзамен
2	Раздел 2. Метод конечных элементов в применении к упругим системам .	ОПК-6	основные математические приложения и физические законы, явления и процессы, на которых основаны принципы расчета напряженно-деформированного состояния конструкций.	Устный опрос (УО-1)	Экзамен
			применять математические методы, физические законы для решения задач по расчету напряженно-деформированного состояния конструкций.	Устный опрос (УО-1)	Экзамен
			методами расчета напряженно-деформированного состояния конструкций, а также методами теоретического и экспериментального исследования изучаемых объектов	Устный опрос (УО-1)	Экзамен
		ОПК-7	особенности конструктивных решений зданий и сооружений и теории их расчета	Устный опрос	Экзамен
			строить необходимую модель и подбирать теорию расчета объектов профессиональной деятельности	Устный опрос (УО-1)	Экзамен
			методами расчета строительных конструкций	Устный опрос (УО-1)	Экзамен
3	Раздел 3. Основы теории пластичности и ползучести	ОПК-6	основные математические приложения и физические законы, явления и процессы, на которых основаны принципы нелинейного расчета напряженно-деформированного состояния конструкций.	Устный опрос (УО-1)	Экзамен
			применять математические методы, физические законы для нелинейного расчета напряженно-деформированного состояния конструкций.	Устный опрос (УО-1)	Экзамен
			методами нелинейного расчета напряженно-деформированного состояния конструкций, а также методами теоретического и экспериментального исследования изучаемых объектов	Устный опрос (УО-1)	Экзамен
		ОПК-7	особенности конструктивных решений зданий и сооружений и теории их нелинейного расчета	Устный опрос (УО-1)	Экзамен
			строить необходимую модель и подбирать теорию расчета объектов профессиональной деятельности	Устный опрос (УО-1)	Экзамен
			методами нелинейного расчета строительных конструкций	Устный опрос (УО-1)	Экзамен

## В. СПИСОК УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ И ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### Основная литература

1. "Прикладная теория пластичности [Электронный ресурс] : учебное пособие / К.М. Иванов [и др.]; под ред. К.М. Иванова. - СПб. : Политехника, 2011." – <http://www.studmedlib.ru/book/ISBN9785732509960.html>
2. Александров, В.М. Аналитические методы в контактных задачах теории упругости [Электронный ресурс] : учебное пособие / В.М. Александров, М.И. Чебаков. — Электрон. дан. — Москва : Физматлит, 2004. — 299 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/48233>
3. Механика деформируемого твердого тела : учебник для вузов / В. В. Пикуль ; Дальневосточный федеральный университет. Владивосток : Изд. дом Дальневосточного федерального университета, 2012. 333 с. <https://lib.dvfu.ru:8443/lib/item?id=chamo:681590&theme=FEFU> (10 экз.)
4. Новожилов, В.В. Теория упругости [Электронный ресурс]: монография/ Новожилов В.В.— Электрон. текстовые данные. — СПб.: Политехника, 2012. — 409 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/15914> <http://www.studmedlib.ru/book/ISBN9785732509564.html>
5. Основы теории упругости и пластичности [Электронный ресурс] : Учебное пособие / Кожаринова Л.В. - М. : Издательство АСВ, 2010. - <http://www.studmedlib.ru/book/ISBN9785930937121.html>
6. Подскребко, М.Д. Сопротивление материалов. Основы теории упругости, пластичности, ползучести и механики разрушения [Электронный ресурс] : учеб. пос. / М.Д. Подскребко. - Минск: Выш. шк., 2009. - 669 с. <http://znanium.com/catalog/product/505197> <http://www.iprbookshop.ru/20141.html>
7. Прикладная теория пластичности [Электронный ресурс]: учебное пособие/ К.М. Иванов [и др.].— Электрон. текстовые данные.— СПб.: Политехника, 2016.- 376 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/59486.html>
8. Прикладная теория пластичности [Электронный ресурс]: учебное пособие/ К.М. Иванов [и др.].— Электрон. текстовые данные.— СПб.: Политехника, 2016.— 376 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/59486.html>
9. Сопротивление материалов с основами теории упругости и пластичности: Учебник / Г.С. Варданян, В.И. Андреев и др.; Под ред. Г.С. Варданяна, Н.М. Атарова - 2 изд., испр. и доп. - М.: ИНФРА-М, 2011. - 638 с. <http://znanium.com/catalog/product/256769>
10. Техническая механика (для учащихся строительных вузов и факультетов) [Электронный ресурс] : Учебник / Андреев В.И., Паушкин А.Г., Леонтьев А.Н. - Издание 2-е исправленное и дополненное. - М. : Издательство АСВ, 2013. – <http://www.studmedlib.ru/book/ISBN9785930938678.html>
11. Техническая механика (для учащихся строительных вузов и факультетов) [Электронный ресурс] : Учебник / Андреев В.И., Паушкин А.Г., Леонтьев А.Н. - Издание 2-е исправленное и дополненное. - М. : Издательство АСВ, 2013. – <http://www.studmedlib.ru/book/ISBN9785930938678.html>
12. Каюмов, Р. А. Конспект лекций «Основы теории упругости и элементы теории пластин и оболочек» [Электронный ресурс] : учебное пособие / Р. А. Каюмов. — Электрон. текстовые данные. — Казань : Казанский государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ, 2015. — 80 с. — 978-5-7829-0486-9. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/73314.html>
13. Молотников, В.Я. Теория упругости и пластичности [Электронный ресурс] / В.Я. Молотников, А.А. Молотникова. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2017. — 532 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/94741>



14. Котович, А. В. Решение задач теории упругости методом конечных элементов [Электронный ресурс] : учебное пособие / А. В. Котович, И. В. Станкевич. — Электрон. текстовые данные. — М. : Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана, 2012. — 112 с. — 978-5-7038-3567-8. — Режим доступа:

<http://www.iprbookshop.ru/31229.html>

#### Дополнительная литература

1. Перельмутер, А.В. Расчетные модели сооружений и возможность их анализа [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Перельмутер А.В., Сливкер В.И.— Электрон. текстовые данные. — М.: ДМК Пресс, 2009. — 456 с.— Режим доступа:

<http://www.iprbookshop.ru/7880>

2. Перельмутер, А.В. Расчетные модели сооружений и возможность их анализа [Электронный ресурс] : руководство / А.В. Перельмутер, В.И. Сливкер. — Электрон. дан. — Москва : ДМК Пресс, 2009. — 596 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/1296>

3. Сопротивление материалов. Часть 1 [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Н.М. Атаров [и др.].— Электрон. текстовые данные.— М.: Московский государственный строительный университет, ЭБС АСВ, 2009.— 64 с.— Режим доступа:

<http://www.iprbookshop.ru/16998.html>

4. Сопротивление материалов. Часть 2 [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Н.М. Атаров [и др.].— Электрон. текстовые данные.— М.: Московский государственный строительный университет, ЭБС АСВ, 2010.— 80 с.— Режим доступа:

<http://www.iprbookshop.ru/19269.html>

5. Подскребко, М. Д. Сопротивление материалов. Основы теории упругости, пластичности, ползучести и механики разрушения [Электронный ресурс] : учебное пособие / М. Д. Подскребко. — Электрон. текстовые данные. — Минск : Вышэйшая школа, 2009. — 669 с. — 978-985-06-1373-8. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/20141.html>

6. Ледовской, И. В. Теория упругости. Часть 1 [Электронный ресурс] : учебно-методическое пособие / И. В. Ледовской. — Электрон. текстовые данные. — СПб. : Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ, 2012. — 48 с. — 978-5-9227-0344-4. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/19044.html>

7. Теория упругости. Часть 2 [Электронный ресурс] : учебно-методическое пособие / И. В. Ледовской, В. В. Роцин, О. Б. Халецкая, Г. С. Шульман. — Электрон. текстовые данные. — СПб. : Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ, 2012. — 83 с. — 978-5-9227-0349-9. — Режим доступа:

<http://www.iprbookshop.ru/19045.html>

#### Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

1. Научная электронная библиотека НЭБ <http://elibrary.ru/querybox.asp?scope=newquery>

2. Электронно-библиотечная система издательства «Лань» <http://e.lanbook.com/>

3. ЭБС «Консультант студента» <http://www.studentlibrary.ru/>

4. ЭБС znanium.com НИЦ «ИНФРА-М» <http://znanium.com/>

5. ЭБС IPRbooks <http://www.iprbookshop.ru/>

6. Научная библиотека ДВФУ публичный онлайн каталог

<http://lib.dvfu.ru:8080/search/query?theme=FEFU>

7. Информационная система ЕДИНОЕ ОКНО доступа к образовательным ресурсам

<http://window.edu.ru/resource>

#### Перечень информационных технологий и программного обеспечения

Место расположения компьютерной техники, на котором установлено программное обеспечение, количество рабочих мест	Перечень программного обеспечения
Компьютерный класс кафедры Гидротехники. теории зданий и	– Microsoft Office Professional Plus 2016 – офисный пакет, включающий программное обеспечение для работы с различными типами документов (текстами, электронными таблицами, базами

<p>сооружений ауд. Е 708, 19 рабочих мест</p>	<p>данных и др.); – 7Zip 9.20 - свободный файловый архиватор с высокой степенью сжатия данных; – Adobe Acrobat XI Pro – пакет программ для создания и просмотра электронных публикаций в формате PDF; – AutoCAD Electrical 2015 Language Pack – English - трёхмерная система автоматизированного проектирования и черчения; – Revit Architecture – система для работы с чертежами; – SCAD Office – система для расчёта строительных конструкций – Лира САПР - система для расчёта строительных конструкций – PTC MathCAD – математический пакет</p>
<p>Компьютерный класс кафедры Гидротехники. теории зданий и сооружений ауд. Е 709, 25 рабочих мест</p>	<p>– Microsoft Office Professional Plus 2016 – офисный пакет, включающий программное обеспечение для работы с различными типами документов (текстами, электронными таблицами, базами данных и др.); – 7Zip 9.20 - свободный файловый архиватор с высокой степенью сжатия данных; – Adobe Acrobat XI Pro – пакет программ для создания и просмотра электронных публикаций в формате PDF; – AutoCAD Electrical 2015 Language Pack – English - трёхмерная система автоматизированного проектирования и черчения; – Revit Architecture – система для работы с чертежами – SCAD Office – система для расчёта строительных конструкций; – Лира САПР - система для расчёта строительных конструкций – PTC MathCAD – математический пакет</p>
<p>Читальные залы Научной библиотеки ДВФУ с открытым доступом к фонду (корпус А - уровень 10)</p>	<p>Моноблок HP ProOne 400 All-in-One 19,5 (1600x900), Core i3-4150T, 4GB DDR3-1600 (1x4GB), 1TB HDD 7200 SATA, DVD+/-RW, GigEth, Wi-Fi, BT, usb kbd/mse, Win7Pro (64-bit)+Win8.1Pro(64-bit),1-1-1 Wty Скорость доступа в Интернет 500 Мбит/сек. Рабочие места для людей с ограниченными возможностями здоровья оснащены дисплеями и принтерами Брайля; оборудованы: портативными устройствами для чтения плоскочечатных текстов, сканирующими и читающими машинами видео увеличителем с возможностью регуляции цветовых спектров; увеличивающими электронными лупами и ультразвуковыми маркировщиками</p>
<p>Мультимедийная аудитория</p>	<p>Экран с электроприводом 236*147 см Trim Screen Line; Проектор DLP, 3000 ANSI Lm, WXGA 1280x800, 2000:1 EW330U Mitsubishi; Подсистема специализированных креплений оборудования CORSA-2007 Tuarex; Подсистема видео коммутации; Подсистема аудио коммутации и звукоусиления; акустическая система для потолочного монтажа SI 3CT LP Extron; цифровой аудио процессор DMP 44 LC Extron; беспроводные ЛВС для обучающихся обеспечены системой на базе точек доступа 802.11a/b/g/n 2x2 MIMO(2SS).</p>

## VI. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

**Рекомендации по работе с литературой:** в процессе освоения теоретического материала дисциплины необходимо вести конспект лекций и добавлять к лекционному материалу информацию, полученную из рекомендуемой литературы.

При этом, желательно проводить анализ полученной дополнительной информации и информации лекционной, анализировать существенные дополнения, возможно на следующей лекции ставить вопросы, связанные с дополнительными знаниями.

**Рекомендации по подготовке к экзамену:** к сессии необходимо иметь полный конспект лекций и проработанные практические занятия. Перечень вопросов к экзамену помещён в фонде оценочных средств (приложение 2), поэтому подготовиться к сдаче экзамена лучше

систематически, прослушивая очередную лекцию и поработав на очередном практическом занятии.

### **Требования к допуску на зачет/экзамен**

Для допуска к зачету/экзамену студент должен:

- обязательно посещать занятия (для очной формы обучения);
- иметь конспект лекций;
- иметь материалы по практическим занятиям,
- иметь материалы выполнения лабораторных работ (при наличии в учебном плане);
- выполнить в полном объеме задания к практическим занятиям (например, решенные задач и прочие задания, предусмотренные рабочей учебной программой дисциплины в рамках практических занятий);
- защитить контрольные работы и тесты (при наличии в учебном плане);
- защитить расчетно-графические работы (при наличии в учебном плане);
- защитить курсовую работу или курсовой проект (при наличии в учебном плане);

Студент обязан не только представить комплект выполненных заданий и прочих материалов, необходимых для допуска к зачету/экзамену по изучаемой дисциплине, но и уметь ответить на вопросы преподавателя, касающиеся решения конкретной задачи или выполненного студентом задания.

В случае невыполнения выше изложенных требований студент *не допускается* к сдаче зачета или экзамена.



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Дальневосточный федеральный университет»  
(ДФУ)

---

**ИНЖЕНЕРНАЯ ШКОЛА**

**УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ  
по дисциплине «Теория упругости с основами теории пластичности и ползучести»**

Специальность 08.05.01 «Строительство уникальных зданий и сооружений»

Специализация «Строительство гидротехнических сооружений повышенной ответственности»

Форма подготовки - очная

**Владивосток**

**2016**

### План-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине

№ п/п	Дата/сроки выполнения	Вид самостоятельной работы	Примерные нормы времени на выполнение	Форма контроля
1	В течение семестра	Работа с теоретическим материалом	54 час	УО-1 ПР-1
2	январь	Подготовка к экзамену	36 час	экзамен

### Характеристика заданий для самостоятельной работы обучающихся и методические рекомендации по их выполнению.

#### САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА № 1

#### «Исследование плоского напряженного состояния по заданным напряжениям на произвольных площадках»

Номер варианта задания выбирается в соответствии с шифром **СВА**, которым являются три последние цифры номера зачетной книжки: **А** - последняя цифра зачетной книжки, **В** - предпоследняя и **С** - третья от конца.

Исследование плоского напряженного состояния по заданным напряжениям на произвольных площадках. Проверка прочности

1. Найдите полное, нормальное и касательное напряжения на наклонной площадке.
2. Найдите величины главных напряжений и угол наклона главных площадок к заданным площадкам. Покажите главные площадки с действующими на них напряжениями на рисунке.
3. Определите величины наибольших касательных напряжений: наибольшего касательного напряжения для заданного плоского напряженного состояния. Покажите на рисунке площадки, на которых действуют  $\tau_{\max}$ . Найдите нормальные напряжения на этих площадках.
4. Проверьте прочность материала заданного элементарного параллелепипеда. Найдите действительный коэффициент запаса прочности. Покажите на рисунке опасные площадки.

Таблица 1

<i>A</i>	№ схемы на рис. 1	$\sigma_x$ , МПа	$\sigma_z$ , МПа	<i>B</i>	$\tau_{xz}$ , МПа	$\beta$ , град	<i>C</i>	$\sigma_{\text{пред.}}$ , МПа	Материал
0	1	10	-20	0	30	15	0	240	Сталь
1	2	-20	30	1	-40	30	1	180/600	Чугун
2	3	50	40	2	50	45	2	150	Бронза
3	4	-30	-50	3	-60	60	3	150/500	Чугун
4	1	-10	30	4	10	75	4	210	Алюминий
5	2	20	-40	5	-20	15	5	160/480	Чугун
6	3	-70	-60	6	20	30	6	260	Сталь
7	4	40	30	7	-10	45	7	120	Бронза
8	4	-80	70	8	-30	60	8	180/600	Чугун
9	3	60	-30	9	40	75	9	200	Алюминий

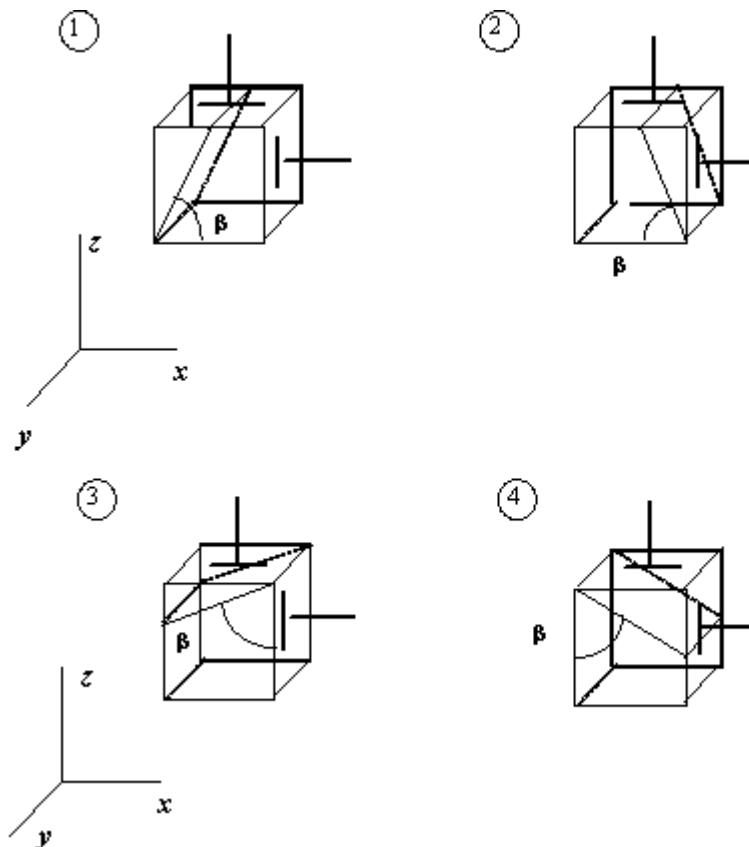


Рис. 1

## САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА № 2

### «Решение плоской задачи теории упругости в полиномах»

Задание выбирается в соответствии с вариантом на стр. 31 (Задача 4. Плоская задача теории упругости. Функция напряжений) пособия:

Ледовской, И. В. Теория упругости. Часть 1 [Электронный ресурс] : учебно-методическое пособие / И. В. Ледовской. — Электрон. текстовые данные. — СПб. : Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ, 2012. — 48 с. — 978-5-9227-0344-4. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/19044.html>

Для получения доступа к ресурсам ЭБС АСВ необходимо зарегистрироваться в ЭБС IPRBooks по указанному выше адресу как студент ДВФУ.

Примеры решения задач приведены в части 2 указанного пособия:

Теория упругости. Часть 2 [Электронный ресурс] : учебно-методическое пособие / И. В. Ледовской, В. В. Рошин, О. Б. Халецкая, Г. С. Шульман. — Электрон. текстовые данные. — СПб. : Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ, 2012. — 83 с. — 978-5-9227-0349-9. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/19045.html>

Вариант **BC** вычисляется следующим образом:

**B** – последняя цифра суммы последней и третьей с конца цифр номера зачетной книжки;  
**C** – последняя цифра суммы последней и предпоследней цифр номера зачетной книжки.



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Дальневосточный федеральный университет»  
(ДФУ)

---

**ИНЖЕНЕРНАЯ ШКОЛА**

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**

**по дисциплине «Теория упругости с основами теории пластичности и ползучести»**

Специальность 08.05.01 «Строительство уникальных зданий и сооружений»

Специализация «Строительство гидротехнических сооружений повышенной ответственности»

Форма подготовки - очная

**Владивосток**

**2016**

**Паспорт фонда оценочных средств по дисциплине «Теория упругости с основами теории пластичности и ползучести»**

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции	
<b>ОПК – 6</b> , использование основных законов естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применением методов математического анализа и математического (компьютерного) моделирования, теоретического и экспериментального исследования	Знает	основные математические приложения и физические законы, явления и процессы, на которых основаны принципы расчета напряженно-деформированного состояния конструкций.
	Умеет	применять математические методы, физические законы для решения задач по расчету напряженно-деформированного состояния конструкций.
	Владеет	методами расчета напряженно-деформированного состояния конструкций, а также методами теоретического и экспериментального исследования изучаемых объектов
<b>ОПК – 7</b> , способность выявить естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлечь их для решения соответствующий физико-математический аппарат	Знает	особенности конструктивных решений зданий и сооружений и теории их расчета
	Умеет	строить необходимую модель и подбирать теорию расчета объектов профессиональной деятельности
	Владеет	методами расчета строительных конструкций

**Формы текущего и промежуточного контроля по дисциплине «Теория упругости с основами теории пластичности и ползучести»**

№ п/п	Контролируемые модули/ разделы / темы дисциплины	Коды и этапы формирования компетенций		Оценочные средства - наименование	
				текущий контроль	промежуточная аттестация
1	Раздел 1. Постановка и методы решения задачи теории упругости .	ОПК-6	основные математические приложения и физические законы, явления и процессы, на которых основаны принципы расчета задач теории упругости.	Устный опрос (УО-1)	Экзамен
			применять математические методы, физические законы для решения задач теории упругости.	Устный опрос (УО-1)	Экзамен
			методами расчета напряженно-деформированного состояния конструкций, а также методами теоретического исследования напряженно-деформированного состояния трехмерных тел	Устный опрос (УО-1)	Экзамен
		ОПК-7	особенности конструктивных решений зданий и сооружений и теории их расчета как задачи теории упругости.	Устный опрос (УО-1)	Экзамен
			строить необходимую модель и подбирать теорию расчета объектов профессиональной деятельности	Устный опрос (УО-1)	Экзамен
			методами расчета строительных конструкций	Устный опрос (УО-1)	Экзамен
2	Раздел 2. Метод конечных элементов в применении к упругим системам	ОПК-6	основные математические приложения и физические законы, явления и процессы, на которых основаны принципы расчета напряженно-деформированного состояния конструкций.	Устный опрос (УО-1)	Экзамен
			применять математические методы, физические законы для решения задач по расчету напряженно-деформированного состояния конструкций.	Устный опрос (УО-1)	Экзамен



			методами расчета напряженно-деформированного состояния конструкций, а также методами теоретического и экспериментального исследования изучаемых объектов	Устный опрос (УО-1)	Экзамен
		ОПК-7	особенности конструктивных решений зданий и сооружений и теории их расчета	Устный опрос (УО-1)	Экзамен
			строить необходимую модель и подбирать теорию расчета объектов профессиональной деятельности	Устный опрос (УО-1)	Экзамен
			методами расчета строительных конструкций	Устный опрос (УО-1)	Экзамен
3	Раздел 3. Основы теории пластичности и ползучести	ОПК-6	основные математические приложения и физические законы, явления и процессы, на которых основаны принципы нелинейного расчета напряженно-деформированного состояния конструкций.	Устный опрос (УО-1)	Экзамен
			применять математические методы, физические законы для нелинейного расчета напряженно-деформированного состояния конструкций.	Устный опрос (УО-1)	Экзамен
			методами нелинейного расчета напряженно-деформированного состояния конструкций, а также методами теоретического и экспериментального исследования изучаемых объектов	Устный опрос (УО-1)	Экзамен
		ОПК-7	особенности конструктивных решений зданий и сооружений и теории их нелинейного расчета	Устный опрос (УО-1)	Экзамен
			строить необходимую модель и подбирать теорию расчета объектов профессиональной деятельности	Устный опрос (УО-1)	Экзамен
			методами нелинейного расчета строительных конструкций	Устный опрос (УО-1)	Экзамен

### Шкала оценивания уровня сформированности компетенции

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции		критерии	показатели	баллы
(ОПК-6) использованием основных законов естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применением методов математического анализа и математического (компьютерного) моделирования, теоретического и экспериментального исследования	знает (пороговый уровень)	основные математические приложения и физические законы, явления и процессы, на которых основаны принципы расчета напряженно-деформированного состояния конструкций.	знание основных законов физики и математических методов, использование их в основных разделах дисциплины	способен продемонстрировать основные понятия естественнонаучных дисциплин и методы математического моделирования, теоретического и экспериментального подхода	61-75 баллов
	умеет (продвинутый)	применять математические методы, физические законы для решения задач по расчету напряженно-деформированного	умение применять математические методы, физические законы для решения задач по расчету напряженно-	способен продемонстрировать основные математические приемы для решения задач, решать уравнения и системы уравнений, находить площади и объемы простых фигур и тел	76-85 баллов

		состояния конструкций.	деформированного состояния конструкций		
	владеет (высокий)	методами расчета напряженно-деформированного состояния конструкций, а также методами теоретического и экспериментального исследования изучаемых объектов	владение методами расчета напряженно-деформированного состояния конструкций, а также методами теоретического и экспериментального исследования изучаемых объектов	способен использовать навыки тождественных преобразований, применять изученные формулы к решению задач, владеть навыками логичных умозаключений, описывать результаты решения математических задач, формулировать выводы	86-100 баллов
(ОПК-7) способностью выявить естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлечь их для решения соответствующий физико-математический аппарат	знает (пороговый уровень)	особенности конструктивных решений зданий и сооружений и теории их расчета	знание особенностей конструктивных решений зданий и сооружений и теории их расчета	способен демонстрировать базовые знания в области естественнонаучных дисциплин и готовность использовать основные законы в практической деятельности	61-75 баллов
	умеет (продвинутой)	строить необходимую модель и подбирать теорию расчета объектов профессиональной деятельности	умение строить необходимую модель и подбирать теорию расчета объектов профессиональной деятельности	способен демонстрировать основные знания в решении уравнений, готов использовать результаты в практической деятельности, составлять отчеты	76-85 баллов
	владеет (высокий)	методами расчета строительных конструкций	владение методами расчета строительных конструкций	способен использовать навыки описания задач на основе естественнонаучных закономерностей и применять их для решения конкретных практических задач	86-100 баллов

**Шкала измерения уровня сформированности компетенций**

Итоговый балл	1-60	61-75	76-85	86-100
Оценка (пятибалльная шкала)	2 неудовл.о	3 удовл.	4 хорошо	5 отлично
Уровень сформированности компетенций	отсутствует	пороговый (базовый)	продвинутой	Высокий (креативный)

**Содержание методических рекомендаций,  
определяющих процедуры оценивания результатов освоения дисциплины  
«Теория упругости с основами теории пластичности и ползучести»**

**Текущая аттестация студентов.**

Текущая аттестация студентов по дисциплине «**Теория упругости с основами теории пластичности и ползучести**» проводится в соответствии с локальными нормативными актами ДВФУ и является обязательной. Текущая аттестация по дисциплине «**Теория упругости с основами теории пластичности и ползучести**» проводится в форме контрольных мероприятий (*устного опроса (собеседования УО-1)*) по оцениванию фактических результатов обучения студентов и осуществляется ведущим преподавателем.

Объектами оценивания выступают:

- учебная дисциплина (активность на занятиях, своевременность выполнения различных видов заданий, посещаемость всех видов занятий по аттестуемой дисциплине);
- степень усвоения теоретических знаний;
- уровень овладения практическими умениями и навыками по всем видам учебной работы;
- результаты самостоятельной работы.

Оценка освоения учебной дисциплины «**Теория упругости с основами теории пластичности и ползучести**» является комплексным мероприятием, которое в обязательном порядке учитывается и фиксируется ведущим преподавателем. Такие показатели этой оценки, как посещаемость всех видов фиксируется в журнале посещения занятий.

Степень усвоения теоретических знаний оценивается такими контрольными мероприятиями как устный опрос.

**Промежуточная аттестация студентов.**

Промежуточная аттестация студентов по дисциплине «**Теория упругости с основами теории пластичности и ползучести**» проводится в соответствии с локальными нормативными актами ДВФУ и является обязательной.

В соответствии с рабочим учебным планом по направлению подготовки 08.05.01 Строительство уникальных зданий и сооружений, специализации «Строительство гидротехнических сооружений повышенной ответственности» видом промежуточной аттестации студентов в процессе изучения дисциплины «**Теория упругости с основами теории пластичности и ползучести**» является экзамен (7 семестр).

**Перечень оценочных средств (ОС) по дисциплине  
«Теория упругости с основами теории пластичности и ползучести»**

<b>№ п/п</b>	<b>Код ОС</b>	<b>Наименование оценочного средства</b>	<b>Краткая характеристика оценочного средства</b>	<b>Представление оценочного средства в фонде</b>
1	УО-1	Собеседование	Средство контроля, организованное как специальная беседа преподавателя с обучающимся на темы, связанные с изучаемой дисциплиной, и рассчитанное на выяснение объема знаний, обучающегося по определенному разделу, теме, проблеме и т.п.	Вопросы по темам/разделам дисциплины
2	ПР-1	Тест	Система стандартизированных заданий, позволяющая автоматизировать процедуру измерения уровня знаний и умений обучающегося.	Фонд тестовых заданий

## Тесты

### 1. Дифференциальные уравнения равновесия

а)	б)	в)
$\begin{cases} \tau_{xy} = \tau_{yx} \\ \tau_{xz} = \tau_{zx} \\ \tau_{yz} = \tau_{zy} \end{cases}$	$\begin{cases} \frac{\partial \sigma_x}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{xy}}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{xz}}{\partial z} + X = 0 \\ \frac{\partial \tau_{yx}}{\partial x} + \frac{\partial \sigma_y}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{yz}}{\partial z} + Y = 0 \\ \frac{\partial \tau_{zx}}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{zy}}{\partial y} + \frac{\partial \sigma_z}{\partial z} + Z = 0 \end{cases}$	$\begin{cases} X_v = \sigma_x * l + \tau_{xy} * m + \tau_{xz} * n \\ Y_v = \tau_{yx} * l + \sigma_y * m + \tau_{yz} * n \\ Z_v = \tau_{zx} * l + \tau_{zy} * m + \sigma_z * n \end{cases}$

### 2. Напряжения на наклонных площадках

а)	б)	в)
$\begin{cases} (\sigma_x - \sigma) * l + \tau_{xy} * m + \tau_{xz} * n = 0 \\ \tau_{yx} * l + (\sigma_y - \sigma) * m + \tau_{yz} * n = 0 \\ \tau_{zx} * l + \tau_{zy} * m + (\sigma_z - \sigma) * n = 0 \end{cases}$	$\begin{cases} \frac{\partial \sigma_x}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{xy}}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{xz}}{\partial z} + X = 0 \\ \frac{\partial \tau_{yx}}{\partial x} + \frac{\partial \sigma_y}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{yz}}{\partial z} + Y = 0 \\ \frac{\partial \tau_{zx}}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{zy}}{\partial y} + \frac{\partial \sigma_z}{\partial z} + Z = 0 \end{cases}$	$\begin{cases} p_{xv} = \sigma_x l + \tau_{xy} m + \tau_{xz} n \\ p_{yv} = \tau_{yx} l + \sigma_y m + \tau_{yz} n \\ p_{zv} = \tau_{zx} l + \tau_{zy} m + \sigma_z n \end{cases}$

### 3. Закон парности касательных напряжений

а)	б)	в)
$\begin{cases} (\sigma_x - \sigma) * l + \tau_{xy} * m + \tau_{xz} * n = 0 \\ \tau_{yx} * l + (\sigma_y - \sigma) * m + \tau_{yz} * n = 0 \\ \tau_{zx} * l + \tau_{zy} * m + (\sigma_z - \sigma) * n = 0 \end{cases}$	$\begin{cases} \tau_{xy} = \tau_{yx} \\ \tau_{xz} = \tau_{zx} \\ \tau_{yz} = \tau_{zy} \end{cases}$	$\begin{cases} X_v = \sigma_x * l + \tau_{xy} * m + \tau_{xz} * n \\ Y_v = \tau_{yx} * l + \sigma_y * m + \tau_{yz} * n \\ Z_v = \tau_{zx} * l + \tau_{zy} * m + \sigma_z * n \end{cases}$

### 4. Уравнения Навье

а)	б)	в)
$\begin{cases} \frac{\partial \sigma_x}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{xy}}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{xz}}{\partial z} + X = 0 \\ \frac{\partial \tau_{yx}}{\partial x} + \frac{\partial \sigma_y}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{yz}}{\partial z} + Y = 0 \\ \frac{\partial \tau_{zx}}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{zy}}{\partial y} + \frac{\partial \sigma_z}{\partial z} + Z = 0 \end{cases}$	$\begin{cases} p_{xv} = \sigma_x l + \tau_{xy} m + \tau_{xz} n \\ p_{yv} = \tau_{yx} l + \sigma_y m + \tau_{yz} n \\ p_{zv} = \tau_{zx} l + \tau_{zy} m + \sigma_z n \end{cases}$	$\begin{cases} (\sigma_x - \sigma) * l + \tau_{xy} * m + \tau_{xz} * n = 0 \\ \tau_{yx} * l + (\sigma_y - \sigma) * m + \tau_{yz} * n = 0 \\ \tau_{zx} * l + \tau_{zy} * m + (\sigma_z - \sigma) * n = 0 \end{cases}$

### 5. Статические уравнения

$$\begin{array}{ccc}
\text{а)} & \text{б)} & \text{в)} \\
\left\{ \begin{array}{l} X_v = \sigma_x * l + \tau_{xy} * m + \tau_{xz} * n \\ Y_v = \tau_{yx} * l + \sigma_y * m + \tau_{yz} * n \\ Z_v = \tau_{zx} * l + \tau_{zy} * m + \sigma_z * n \end{array} \right\} & \left\{ \begin{array}{l} (\sigma_x - \sigma) * l + \tau_{xy} * m + \tau_{xz} * n = 0 \\ \tau_{yx} * l + (\sigma_y - \sigma) * m + \tau_{yz} * n = 0 \\ \tau_{zx} * l + \tau_{zy} * m + (\sigma_z - \sigma) * n = 0 \end{array} \right\} & \left\{ \begin{array}{l} \frac{\partial \sigma_x}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{xy}}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{xz}}{\partial z} + X = 0 \\ \frac{\partial \tau_{yx}}{\partial x} + \frac{\partial \sigma_y}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{yz}}{\partial z} + Y = 0 \\ \frac{\partial \tau_{zx}}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{zy}}{\partial y} + \frac{\partial \sigma_z}{\partial z} + Z = 0 \end{array} \right\}
\end{array}$$

## 6. Девиатор напряжений

$$\begin{array}{ccc}
\text{а)} & \text{б)} & \text{в)} \\
\left\{ \begin{array}{l} (\sigma_x - \sigma) * l + \tau_{xy} * m + \tau_{xz} * n = 0 \\ \tau_{yx} * l + (\sigma_y - \sigma) * m + \tau_{yz} * n = 0 \\ \tau_{zx} * l + \tau_{zy} * m + (\sigma_z - \sigma) * n = 0 \end{array} \right\} & \left\{ \begin{array}{l} \tau_{xy} = \tau_{yx} \\ \tau_{xz} = \tau_{zx} \\ \tau_{yz} = \tau_{zy} \end{array} \right\} & \left( \begin{array}{ccc} \sigma_x - \sigma_0 & \tau_{xy} & \tau_{xz} \\ \tau_{yx} & \sigma_y - \sigma_0 & \tau_{zy} \\ \tau_{zx} & \tau_{zy} & \sigma_z - \sigma_0 \end{array} \right)
\end{array}$$

## 7. Шаровый тензор напряжений

$$\begin{array}{ccc}
\text{а)} & \text{б)} & \text{в)} \\
\left( \begin{array}{ccc} \sigma_x - \sigma_0 & \tau_{xy} & \tau_{xz} \\ \tau_{yx} & \sigma_y - \sigma_0 & \tau_{zy} \\ \tau_{zx} & \tau_{zy} & \sigma_z - \sigma_0 \end{array} \right) & \left\{ \begin{array}{l} \frac{\partial \sigma_x}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{xy}}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{xz}}{\partial z} + X = 0 \\ \frac{\partial \tau_{yx}}{\partial x} + \frac{\partial \sigma_y}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{yz}}{\partial z} + Y = 0 \\ \frac{\partial \tau_{zx}}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{zy}}{\partial y} + \frac{\partial \sigma_z}{\partial z} + Z = 0 \end{array} \right\} & \left( \begin{array}{ccc} \sigma_0 & 0 & 0 \\ 0 & \sigma_0 & 0 \\ 0 & 0 & \sigma_0 \end{array} \right), \\
& & \text{где } \sigma_0 = \frac{\sigma_x + \sigma_y + \sigma_z}{3}
\end{array}$$

## 8. Линейные деформации

$$\begin{array}{ccc}
\text{а)} & \text{б)} & \text{в)} \\
\left\{ \begin{array}{l} \gamma_{xy} = \frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} \\ \gamma_{yz} = \frac{\partial v}{\partial z} + \frac{\partial w}{\partial y} \\ \gamma_{zx} = \frac{\partial w}{\partial x} + \frac{\partial u}{\partial z} \end{array} \right\} & \left\{ \begin{array}{l} \tau_{xy} = \tau_{yx} \\ \tau_{xz} = \tau_{zx} \\ \tau_{yz} = \tau_{zy} \end{array} \right\} & \left\{ \begin{array}{l} \varepsilon_x = \frac{\partial u}{\partial x} \\ \varepsilon_y = \frac{\partial v}{\partial y} \\ \varepsilon_z = \frac{\partial w}{\partial z} \end{array} \right\}
\end{array}$$

## 9. Угловые деформации

$$\begin{array}{ccc}
\text{а)} & \text{б)} & \text{в)} \\
\left\{ \begin{array}{l} \varepsilon_x = \frac{\partial u}{\partial x} \\ \varepsilon_y = \frac{\partial v}{\partial y} \\ \varepsilon_z = \frac{\partial w}{\partial z} \end{array} \right\} & \left\{ \begin{array}{l} \gamma_{xy} = \frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} \\ \gamma_{yz} = \frac{\partial v}{\partial z} + \frac{\partial w}{\partial y} \\ \gamma_{zx} = \frac{\partial w}{\partial x} + \frac{\partial u}{\partial z} \end{array} \right\} & \left\{ \begin{array}{l} (\sigma_x - \sigma) * l + \tau_{xy} * m + \tau_{xz} * n = 0 \\ \tau_{yx} * l + (\sigma_y - \sigma) * m + \tau_{yz} * n = 0 \\ \tau_{zx} * l + \tau_{zy} * m + (\sigma_z - \sigma) * n = 0 \end{array} \right\}
\end{array}$$

## 10. Геометрические уравнения

а)	б)	в)
$\begin{cases} X_v = \sigma_x * l + \tau_{xy} * m + \tau_{xz} * n \\ Y_v = \tau_{yx} * l + \sigma_y * m + \tau_{yz} * n \\ Z_v = \tau_{zx} * l + \tau_{zy} * m + \sigma_z * n \end{cases}$	$\begin{cases} \varepsilon_x = \frac{\partial u}{\partial x} \\ \varepsilon_y = \frac{\partial v}{\partial y} \\ \varepsilon_z = \frac{\partial w}{\partial z} \end{cases} \quad \begin{cases} \gamma_{xy} = \frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} \\ \gamma_{yz} = \frac{\partial v}{\partial z} + \frac{\partial w}{\partial y} \\ \gamma_{zx} = \frac{\partial w}{\partial x} + \frac{\partial u}{\partial z} \end{cases}$	$\begin{cases} \frac{\partial \sigma_x}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{xy}}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{xz}}{\partial z} + X = 0 \\ \frac{\partial \tau_{yx}}{\partial x} + \frac{\partial \sigma_y}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{yz}}{\partial z} + Y = 0 \\ \frac{\partial \tau_{zx}}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{zy}}{\partial y} + \frac{\partial \sigma_z}{\partial z} + Z = 0 \end{cases}$

## 11. Уравнения Коши

а)	б)	в)
$\begin{cases} \frac{\partial^2 \varepsilon_x}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \varepsilon_y}{\partial x^2} = \frac{\partial^2 \gamma_{xy}}{\partial x \partial y} \\ \frac{\partial^2 \varepsilon_y}{\partial z^2} + \frac{\partial^2 \varepsilon_z}{\partial y^2} = \frac{\partial^2 \gamma_{yz}}{\partial y \partial z} \\ \frac{\partial^2 \varepsilon_z}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \varepsilon_x}{\partial z^2} = \frac{\partial^2 \gamma_{zx}}{\partial z \partial x} \\ \frac{\partial}{\partial x} \left( \frac{\partial \gamma_{zx}}{\partial y} + \frac{\partial \gamma_{xy}}{\partial z} - \frac{\partial \gamma_{yz}}{\partial x} \right) = 2 \frac{\partial \varepsilon_x}{\partial y \partial z} \\ \frac{\partial}{\partial y} \left( \frac{\partial \gamma_{xy}}{\partial z} + \frac{\partial \gamma_{yz}}{\partial x} - \frac{\partial \gamma_{zx}}{\partial y} \right) = 2 \frac{\partial \varepsilon_y}{\partial x \partial z} \\ \frac{\partial}{\partial z} \left( \frac{\partial \gamma_{yz}}{\partial x} + \frac{\partial \gamma_{zx}}{\partial y} - \frac{\partial \gamma_{xy}}{\partial z} \right) = 2 \frac{\partial \varepsilon_z}{\partial x \partial y} \end{cases}$	$\begin{cases} \frac{\partial \sigma_x}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{xy}}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{xz}}{\partial z} + X = 0 \\ \frac{\partial \tau_{yx}}{\partial x} + \frac{\partial \sigma_y}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{yz}}{\partial z} + Y = 0 \\ \frac{\partial \tau_{zx}}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{zy}}{\partial y} + \frac{\partial \sigma_z}{\partial z} + Z = 0 \end{cases}$	$\begin{cases} \varepsilon_x = \frac{\partial u}{\partial x} \\ \varepsilon_y = \frac{\partial v}{\partial y} \\ \varepsilon_z = \frac{\partial w}{\partial z} \end{cases} \quad \begin{cases} \gamma_{xy} = \frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} \\ \gamma_{yz} = \frac{\partial v}{\partial z} + \frac{\partial w}{\partial y} \\ \gamma_{zx} = \frac{\partial w}{\partial x} + \frac{\partial u}{\partial z} \end{cases}$

## 12. Уравнения совместности деформаций

а)	б)	в)
$\begin{cases} \frac{\partial^2 \varepsilon_x}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \varepsilon_y}{\partial x^2} = \frac{\partial^2 \gamma_{xy}}{\partial x \partial y} \\ \frac{\partial^2 \varepsilon_y}{\partial z^2} + \frac{\partial^2 \varepsilon_z}{\partial y^2} = \frac{\partial^2 \gamma_{yz}}{\partial y \partial z} \\ \frac{\partial^2 \varepsilon_z}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \varepsilon_x}{\partial z^2} = \frac{\partial^2 \gamma_{zx}}{\partial z \partial x} \\ \frac{\partial}{\partial x} \left( \frac{\partial \gamma_{zx}}{\partial y} + \frac{\partial \gamma_{xy}}{\partial z} - \frac{\partial \gamma_{yz}}{\partial x} \right) = 2 \frac{\partial \varepsilon_x}{\partial y \partial z} \\ \frac{\partial}{\partial y} \left( \frac{\partial \gamma_{xy}}{\partial z} + \frac{\partial \gamma_{yz}}{\partial x} - \frac{\partial \gamma_{zx}}{\partial y} \right) = 2 \frac{\partial \varepsilon_y}{\partial x \partial z} \\ \frac{\partial}{\partial z} \left( \frac{\partial \gamma_{yz}}{\partial x} + \frac{\partial \gamma_{zx}}{\partial y} - \frac{\partial \gamma_{xy}}{\partial z} \right) = 2 \frac{\partial \varepsilon_z}{\partial x \partial y} \end{cases}$	$\begin{cases} \frac{\partial \sigma_x}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{xy}}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{xz}}{\partial z} + X = 0 \\ \frac{\partial \tau_{yx}}{\partial x} + \frac{\partial \sigma_y}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{yz}}{\partial z} + Y = 0 \\ \frac{\partial \tau_{zx}}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{zy}}{\partial y} + \frac{\partial \sigma_z}{\partial z} + Z = 0 \end{cases}$	$\begin{cases} \varepsilon_x = \frac{\partial u}{\partial x} \\ \varepsilon_y = \frac{\partial v}{\partial y} \\ \varepsilon_z = \frac{\partial w}{\partial z} \end{cases} \quad \begin{cases} \gamma_{xy} = \frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} \\ \gamma_{yz} = \frac{\partial v}{\partial z} + \frac{\partial w}{\partial y} \\ \gamma_{zx} = \frac{\partial w}{\partial x} + \frac{\partial u}{\partial z} \end{cases}$

### 13. Уравнения Сен-Венана

а)	б)	в)
$\begin{cases} \frac{\partial \sigma_x}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{xy}}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{xz}}{\partial z} + X = 0 \\ \frac{\partial \tau_{yx}}{\partial x} + \frac{\partial \sigma_y}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{yz}}{\partial z} + Y = 0 \\ \frac{\partial \tau_{zx}}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{zy}}{\partial y} + \frac{\partial \sigma_z}{\partial z} + Z = 0 \end{cases}$	$\begin{cases} \frac{\partial^2 \varepsilon_x}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \varepsilon_y}{\partial x^2} = \frac{\partial^2 \gamma_{xy}}{\partial x \partial y} \\ \frac{\partial^2 \varepsilon_y}{\partial z^2} + \frac{\partial^2 \varepsilon_z}{\partial y^2} = \frac{\partial^2 \gamma_{yz}}{\partial y \partial z} \\ \frac{\partial^2 \varepsilon_z}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \varepsilon_x}{\partial z^2} = \frac{\partial^2 \gamma_{zx}}{\partial z \partial x} \\ \frac{\partial}{\partial x} \left( \frac{\partial \gamma_{zx}}{\partial y} + \frac{\partial \gamma_{xy}}{\partial z} - \frac{\partial \gamma_{yz}}{\partial x} \right) = 2 \frac{\partial \varepsilon_x}{\partial y \partial z} \\ \frac{\partial}{\partial y} \left( \frac{\partial \gamma_{xy}}{\partial z} + \frac{\partial \gamma_{yz}}{\partial x} - \frac{\partial \gamma_{zx}}{\partial y} \right) = 2 \frac{\partial \varepsilon_y}{\partial x \partial z} \\ \frac{\partial}{\partial z} \left( \frac{\partial \gamma_{yz}}{\partial x} + \frac{\partial \gamma_{zx}}{\partial y} - \frac{\partial \gamma_{xy}}{\partial z} \right) = 2 \frac{\partial \varepsilon_z}{\partial x \partial y} \end{cases}$	$\begin{cases} \varepsilon_x = \frac{\partial u}{\partial x} \\ \varepsilon_y = \frac{\partial v}{\partial y} \\ \varepsilon_z = \frac{\partial w}{\partial z} \end{cases} \quad \begin{cases} \gamma_{xy} = \frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} \\ \gamma_{yz} = \frac{\partial v}{\partial z} + \frac{\partial w}{\partial y} \\ \gamma_{zx} = \frac{\partial w}{\partial x} + \frac{\partial u}{\partial z} \end{cases}$

### 14. Физические уравнения

а)	б)	в)
$\begin{cases} \frac{\partial \sigma_x}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{xy}}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{xz}}{\partial z} + X = 0 \\ \frac{\partial \tau_{yx}}{\partial x} + \frac{\partial \sigma_y}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{yz}}{\partial z} + Y = 0 \\ \frac{\partial \tau_{zx}}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{zy}}{\partial y} + \frac{\partial \sigma_z}{\partial z} + Z = 0 \end{cases}$	$\begin{cases} \varepsilon_x = \frac{1}{E} [\sigma_x - \nu(\sigma_y + \sigma_z)] \\ \varepsilon_y = \frac{1}{E} [\sigma_y - \nu(\sigma_x + \sigma_z)] \\ \varepsilon_z = \frac{1}{E} [\sigma_z - \nu(\sigma_x + \sigma_y)] \\ \gamma_{xy} = \frac{\tau_{xy}}{G} \\ \gamma_{yz} = \frac{\tau_{yz}}{G} \\ \gamma_{zx} = \frac{\tau_{zx}}{G} \end{cases}$	$\begin{cases} \varepsilon_x = \frac{\partial u}{\partial x} \\ \varepsilon_y = \frac{\partial v}{\partial y} \\ \varepsilon_z = \frac{\partial w}{\partial z} \end{cases} \quad \begin{cases} \gamma_{xy} = \frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} \\ \gamma_{yz} = \frac{\partial v}{\partial z} + \frac{\partial w}{\partial y} \\ \gamma_{zx} = \frac{\partial w}{\partial x} + \frac{\partial u}{\partial z} \end{cases}$

### 15. Обобщенный закон Гука

а)	б)	в)
$\begin{cases} \frac{\partial \sigma_x}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{xy}}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{xz}}{\partial z} + X = 0 \\ \frac{\partial \tau_{yx}}{\partial x} + \frac{\partial \sigma_y}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{yz}}{\partial z} + Y = 0 \\ \frac{\partial \tau_{zx}}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{zy}}{\partial y} + \frac{\partial \sigma_z}{\partial z} + Z = 0 \end{cases}$	$\begin{cases} \varepsilon_x = \frac{1}{E} [\sigma_x - \nu(\sigma_y + \sigma_z)] \\ \varepsilon_y = \frac{1}{E} [\sigma_y - \nu(\sigma_x + \sigma_z)] \\ \varepsilon_z = \frac{1}{E} [\sigma_z - \nu(\sigma_x + \sigma_y)] \\ \gamma_{xy} = \frac{\tau_{xy}}{G} \\ \gamma_{yz} = \frac{\tau_{yz}}{G} \\ \gamma_{zx} = \frac{\tau_{zx}}{G} \end{cases}$	$\begin{cases} \varepsilon_x = \frac{\partial u}{\partial x} \\ \varepsilon_y = \frac{\partial v}{\partial y} \\ \varepsilon_z = \frac{\partial w}{\partial z} \end{cases} \quad \begin{cases} \gamma_{xy} = \frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} \\ \gamma_{yz} = \frac{\partial v}{\partial z} + \frac{\partial w}{\partial y} \\ \gamma_{zx} = \frac{\partial w}{\partial x} + \frac{\partial u}{\partial z} \end{cases}$

16. Обратная форма закона Гука

а)	б)	в)
$\begin{cases} \sigma_x = \lambda\theta + 2\mu\varepsilon_x \\ \sigma_y = \lambda\theta + 2\mu\varepsilon_y \\ \sigma_z = \lambda\theta + 2\mu\varepsilon_z \\ \tau_{xy} = \mu\gamma_{xy} \\ \tau_{yz} = \mu\gamma_{yz} \\ \tau_{zx} = \mu\gamma_{zx} \end{cases}$	$\begin{cases} \varepsilon_x = \frac{1}{E}[\sigma_x - \nu(\sigma_y + \sigma_z)] \\ \varepsilon_y = \frac{1}{E}[\sigma_y - \nu(\sigma_x + \sigma_z)] \\ \varepsilon_z = \frac{1}{E}[\sigma_z - \nu(\sigma_x + \sigma_y)] \\ \gamma_{xy} = \frac{\tau_{xy}}{G} \\ \gamma_{yz} = \frac{\tau_{yz}}{G} \\ \gamma_{zx} = \frac{\tau_{zx}}{G} \end{cases}$	$\begin{cases} \varepsilon_x = \frac{\partial u}{\partial x} \\ \varepsilon_y = \frac{\partial v}{\partial y} \\ \varepsilon_z = \frac{\partial w}{\partial z} \end{cases} \quad \begin{cases} \gamma_{xy} = \frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} \\ \gamma_{yz} = \frac{\partial v}{\partial z} + \frac{\partial w}{\partial y} \\ \gamma_{zx} = \frac{\partial w}{\partial x} + \frac{\partial u}{\partial z} \end{cases}$

17. Уравнения Ляме

а)	б)	в)
$\begin{cases} \sigma_x = \lambda\theta + 2\mu\varepsilon_x \\ \sigma_y = \lambda\theta + 2\mu\varepsilon_y \\ \sigma_z = \lambda\theta + 2\mu\varepsilon_z \\ \tau_{xy} = \mu\gamma_{xy} \\ \tau_{yz} = \mu\gamma_{yz} \\ \tau_{zx} = \mu\gamma_{zx} \end{cases}$	$\begin{cases} (\lambda + \mu)\frac{\partial e}{\partial x} + \mu\nabla^2 u + X = 0 \\ (\lambda + \mu)\frac{\partial e}{\partial y} + \mu\nabla^2 v + Y = 0 \\ (\lambda + \mu)\frac{\partial e}{\partial z} + \mu\nabla^2 w + Z = 0 \end{cases}$	$\begin{cases} \varepsilon_x = \frac{\partial u}{\partial x} \\ \varepsilon_y = \frac{\partial v}{\partial y} \\ \varepsilon_z = \frac{\partial w}{\partial z} \end{cases} \quad \begin{cases} \gamma_{xy} = \frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} \\ \gamma_{yz} = \frac{\partial v}{\partial z} + \frac{\partial w}{\partial y} \\ \gamma_{zx} = \frac{\partial w}{\partial x} + \frac{\partial u}{\partial z} \end{cases}$

18. Уравнения равновесия в перемещениях

а)	б)	в)
$\begin{cases} (\lambda + \mu)\frac{\partial e}{\partial x} + \mu\nabla^2 u + X = 0 \\ (\lambda + \mu)\frac{\partial e}{\partial y} + \mu\nabla^2 v + Y = 0 \\ (\lambda + \mu)\frac{\partial e}{\partial z} + \mu\nabla^2 w + Z = 0 \end{cases}$	$\begin{cases} \frac{\partial \sigma_x}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{xy}}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{xz}}{\partial z} + X = 0 \\ \frac{\partial \tau_{yx}}{\partial x} + \frac{\partial \sigma_y}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{yz}}{\partial z} + Y = 0 \\ \frac{\partial \tau_{zx}}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{zy}}{\partial y} + \frac{\partial \sigma_z}{\partial z} + Z = 0 \end{cases}$	$\begin{cases} \varepsilon_x = \frac{\partial u}{\partial x} \\ \varepsilon_y = \frac{\partial v}{\partial y} \\ \varepsilon_z = \frac{\partial w}{\partial z} \end{cases} \quad \begin{cases} \gamma_{xy} = \frac{\partial u}{\partial y} + \frac{\partial v}{\partial x} \\ \gamma_{yz} = \frac{\partial v}{\partial z} + \frac{\partial w}{\partial y} \\ \gamma_{zx} = \frac{\partial w}{\partial x} + \frac{\partial u}{\partial z} \end{cases}$



## 19. Уравнения Бельтрами-Митчелла

а)	б)	в)
$\left\{ \begin{aligned} (1+\nu)\nabla^2\sigma_x + \frac{\partial^2 I_1}{\partial x^2} &= 0 \\ (1+\nu)\nabla^2\sigma_y + \frac{\partial^2 I_1}{\partial y^2} &= 0 \\ (1+\nu)\nabla^2\sigma_z + \frac{\partial^2 I_1}{\partial z^2} &= 0 \\ (1+\nu)\nabla^2\tau_{xy} + \frac{\partial^2 I_1}{\partial x\partial y} &= 0 \\ (1+\nu)\nabla^2\tau_{yz} + \frac{\partial^2 I_1}{\partial y\partial z} &= 0 \\ (1+\nu)\nabla^2\tau_{zx} + \frac{\partial^2 I_1}{\partial x\partial z} &= 0 \end{aligned} \right.$	$\left\{ \begin{aligned} (\lambda + \mu)\frac{\partial e}{\partial x} + \mu\nabla^2 u + X &= 0 \\ (\lambda + \mu)\frac{\partial e}{\partial y} + \mu\nabla^2 v + Y &= 0 \\ (\lambda + \mu)\frac{\partial e}{\partial z} + \mu\nabla^2 w + Z &= 0 \end{aligned} \right.$	$\left\{ \begin{aligned} \frac{\partial^2 \varepsilon_x}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \varepsilon_y}{\partial x^2} &= \frac{\partial^2 \gamma_{xy}}{\partial x\partial y} \\ \frac{\partial^2 \varepsilon_y}{\partial z^2} + \frac{\partial^2 \varepsilon_z}{\partial y^2} &= \frac{\partial^2 \gamma_{yz}}{\partial y\partial z} \\ \frac{\partial^2 \varepsilon_z}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \varepsilon_x}{\partial z^2} &= \frac{\partial^2 \gamma_{zx}}{\partial z\partial x} \\ \frac{\partial}{\partial x} \left( \frac{\partial \gamma_{zx}}{\partial y} + \frac{\partial \gamma_{xy}}{\partial z} - \frac{\partial \gamma_{yz}}{\partial x} \right) &= 2 \frac{\partial \varepsilon_x}{\partial y\partial z} \\ \frac{\partial}{\partial y} \left( \frac{\partial \gamma_{xy}}{\partial z} + \frac{\partial \gamma_{yz}}{\partial x} - \frac{\partial \gamma_{zx}}{\partial y} \right) &= 2 \frac{\partial \varepsilon_y}{\partial x\partial z} \\ \frac{\partial}{\partial z} \left( \frac{\partial \gamma_{yz}}{\partial x} + \frac{\partial \gamma_{zx}}{\partial y} - \frac{\partial \gamma_{xy}}{\partial z} \right) &= 2 \frac{\partial \varepsilon_z}{\partial x\partial y} \end{aligned} \right.$

## 20. Уравнения совместности деформаций в напряжениях

а)	б)	в)
$\left\{ \begin{aligned} (1+\nu)\nabla^2\sigma_x + \frac{\partial^2 I_1}{\partial x^2} &= 0 \\ (1+\nu)\nabla^2\sigma_y + \frac{\partial^2 I_1}{\partial y^2} &= 0 \\ (1+\nu)\nabla^2\sigma_z + \frac{\partial^2 I_1}{\partial z^2} &= 0 \\ (1+\nu)\nabla^2\tau_{xy} + \frac{\partial^2 I_1}{\partial x\partial y} &= 0 \\ (1+\nu)\nabla^2\tau_{yz} + \frac{\partial^2 I_1}{\partial y\partial z} &= 0 \\ (1+\nu)\nabla^2\tau_{zx} + \frac{\partial^2 I_1}{\partial x\partial z} &= 0 \end{aligned} \right.$	$\left\{ \begin{aligned} (\lambda + \mu)\frac{\partial e}{\partial x} + \mu\nabla^2 u + X &= 0 \\ (\lambda + \mu)\frac{\partial e}{\partial y} + \mu\nabla^2 v + Y &= 0 \\ (\lambda + \mu)\frac{\partial e}{\partial z} + \mu\nabla^2 w + Z &= 0 \end{aligned} \right.$	$\left\{ \begin{aligned} \frac{\partial^2 \varepsilon_x}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \varepsilon_y}{\partial x^2} &= \frac{\partial^2 \gamma_{xy}}{\partial x\partial y} \\ \frac{\partial^2 \varepsilon_y}{\partial z^2} + \frac{\partial^2 \varepsilon_z}{\partial y^2} &= \frac{\partial^2 \gamma_{yz}}{\partial y\partial z} \\ \frac{\partial^2 \varepsilon_z}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \varepsilon_x}{\partial z^2} &= \frac{\partial^2 \gamma_{zx}}{\partial z\partial x} \\ \frac{\partial}{\partial x} \left( \frac{\partial \gamma_{zx}}{\partial y} + \frac{\partial \gamma_{xy}}{\partial z} - \frac{\partial \gamma_{yz}}{\partial x} \right) &= 2 \frac{\partial \varepsilon_x}{\partial y\partial z} \\ \frac{\partial}{\partial y} \left( \frac{\partial \gamma_{xy}}{\partial z} + \frac{\partial \gamma_{yz}}{\partial x} - \frac{\partial \gamma_{zx}}{\partial y} \right) &= 2 \frac{\partial \varepsilon_y}{\partial x\partial z} \\ \frac{\partial}{\partial z} \left( \frac{\partial \gamma_{yz}}{\partial x} + \frac{\partial \gamma_{zx}}{\partial y} - \frac{\partial \gamma_{xy}}{\partial z} \right) &= 2 \frac{\partial \varepsilon_z}{\partial x\partial y} \end{aligned} \right.$

### Перечень типовых вопросов к экзамену

1. Дифференциальные уравнения равновесия.
  2. Тензор напряжений, шаровой тензор, девиатор.
  3. Напряжения на наклонных площадках.
  4. Главные площадки и главные напряжения. Инварианты тензора напряжений.
  5. Перемещения и деформации. Виды деформации. Геометрические соотношения
- Коши.
6. Уравнения неразрывности деформаций Сен-Венана.
  7. Обобщенный закон Гука.
  8. Полная система уравнений теории упругости в декартовых координатах. Постановка граничных условий в напряжениях и в перемещениях.
  9. Постановка задач теории упругости в перемещениях. Уравнения Ляме.
  10. Постановка задач теории упругости в напряжениях. Уравнения Бельтрами–Митчелла.
  11. Плоская деформация.
  12. Плоское напряженное состояние.
  13. Постановка плоской задачи теории упругости в напряжениях. Уравнение Мориса Леви. Функция напряжений.

14. Решение плоской задачи в полиномах.
15. Общие уравнения плоской задачи в полярных координатах.
16. Осесимметричные задачи.
17. Упруго-пластическое и жестко-пластическое тело.
18. Постановка задач теории идеальной пластичности. Условие пластичности для несжимаемого материала.
19. Деформационная теория пластичности и границы её применения.
20. Постановка задач теории упругости в матричной форме. Основная интегральная формула.
21. Вариационное уравнение Лагранжа. Принцип стационарности полной потенциальной энергии.
22. Метод конечных элементов в форме метода перемещений для задачи теории упругости.

**Критерии выставления оценки студенту на зачете по дисциплине  
«Теория упругости с основами теории пластичности и ползучести»:**

Баллы (рейтинговая оценка)	Оценка зачета/ экзамена (стандартная)	Требования к сформированным компетенциям
100-86 баллов	<i>«отлично»</i>	Оценка «отлично» выставляется студенту, если он глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, свободно справляется с задачами, вопросами и другими видами применения знаний, причем не затрудняется с ответом при видоизменении заданий, использует в ответе материал монографической литературы, правильно обосновывает принятое решение, владеет разносторонними навыками и приемами выполнения практических задач.
85-76 баллов	<i>«хорошо»</i>	Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос, правильно применяет теоретические положения при решении практических вопросов и задач, владеет необходимыми навыками и приемами их выполнения.
75-61 баллов	<i>«удовл.»</i>	Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, испытывает затруднения при выполнении практических работ.

**Критерии оценки (устный ответ) при собеседовании**

100-85 баллов - если ответ показывает прочные знания основных процессов изучаемой предметной области, отличается глубиной и полнотой раскрытия темы; владение терминологическим аппаратом; умение объяснять сущность, явлений, процессов, событий, делать выводы и обобщения, давать аргументированные ответы, приводить примеры; свободное владение монологической речью, логичность и последовательность ответа; умение приводить примеры современных проблем изучаемой области.

85-76 - баллов - ответ, обнаруживающий прочные знания основных процессов изучаемой предметной области, отличается глубиной и полнотой раскрытия темы; владение терминологическим аппаратом; умение объяснять сущность, явлений, процессов, событий, делать выводы и обобщения, давать аргументированные ответы, приводить примеры; свободное владение монологической речью, логичность и последовательность ответа. Однако допускается одна - две неточности в ответе.

75-61 - балл – оценивается ответ, свидетельствующий в основном о знании процессов изучаемой предметной области, отличающийся недостаточной глубиной и полнотой раскрытия темы; знанием основных вопросов теории; слабо сформированными навыками анализа явлений, процессов, недостаточным умением давать аргументированные ответы и приводить примеры; недостаточно свободным владением монологической речью, логичностью и последовательностью ответа. Допускается несколько ошибок в содержании ответа; неумение привести пример развития ситуации, провести связь с другими аспектами изучаемой области.

60-50 баллов – ответ, обнаруживающий незнание процессов изучаемой предметной области, отличающийся неглубоким раскрытием темы; незнанием основных вопросов теории, несформированными навыками анализа явлений, процессов; неумением давать аргументированные ответы, слабым владением монологической речью, отсутствием логичности и последовательности. Допускаются серьезные ошибки в содержании ответа; незнание современной проблематики изучаемой области.