

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Воронежский государственный технический университет»

«УТВЕРЖДАЮ»

Декан строительного факультета

/ Панфилов Д. В. /

«17» _____ 2025 г.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Прикладная теория упругости, ползучести и пластичности»

Направление подготовки 08.04.01 Строительство

Программа Проектирование, расчет и изготовление строительных сооружений и их элементов

Квалификация выпускника магистр

Нормативный период обучения 2 года

Форма обучения очная

Год начала подготовки 2025

Автор программы _____ В. С. Варнавский

Заведующий кафедрой
Строительной механики _____ В. А. Козлов

Руководитель ОПОП _____ В. А. Козлов

Воронеж 2025

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1. Цели дисциплины

Курс «Прикладная теория упругости, ползучести и пластичности» имеет своей **целью** ознакомить магистранта с основными методами теории упругости, ползучести и пластичности, используемыми при проектировании и прочностных расчетах конструкций зданий и сооружений.

1.2. Задачи освоения дисциплины

Получить необходимые представления о характере упругого и неупругого деформирования элементов конструкций. Освоить методы теории упругости, ползучести и пластичности для анализа и оценки напряжённо-деформированного состояния стержневых, плоских и пространственных элементов строительных конструкций.

Изучить общие методы определения напряжений, деформаций, усилий и перемещений в элементах конструкций любой формы, а так же оценить точность полученных в сопротивлении материалов приближенных решений.

Приобретенные знания способствуют формированию инженерного мышления.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина «Прикладная теория упругости, ползучести и пластичности» относится к дисциплинам части, формируемой участниками образовательных отношений блока Б1.

Дисциплина «Прикладная теория упругости, ползучести и пластичности» является предшествующей для курсов железобетонные и каменные конструкции, металлические конструкции, конструкции из дерева и пластмасс, основания и фундаменты.

3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Процесс изучения дисциплины «Прикладная теория упругости, ползучести и пластичности» направлен на формирование следующих компетенций:

ПК-2 - Способность применять методы проектирования, учитывая расчетные обоснования, с использованием универсальных и специализированных программно-вычислительных комплексов.

ПК-5 - Способен создавать новые и совершенствовать существующие методики расчета и проектирования строительных конструкций и их элементов.

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции
ПК-2	знать теоретические основы современных методов проектирования зданий и сооружений, их конструктивных элементов, включая методы расчётного обоснования
	уметь использовать универсальные и специализированные программно-вычислительные комплексы и системы автоматизированного проектирования
	владеть современными методами проектирования зданий и сооружений, их конструктивных элементов, включая методы расчётного обоснования, с использованием универсальных и специализированных программно-вычислительных комплексов и систем автоматизированного проектирования
ПК-5	знать современные принципы создания новых и совершенствования существующих методик расчета и проектирования строительных конструкций и их элементов, в том числе с использованием систем автоматизированного проектирования
	уметь разрабатывать новые и совершенствовать существующие методики расчета и проектирования строительных конструкций и их элементов, в том числе с использованием систем автоматизированного проектирования
	владеть практическими приемами применения новых и усовершенствованных методик расчета и проектирования строительных конструкций и их элементов, в том числе с использованием систем автоматизированного проектирования

4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины «Прикладная теория упругости, ползучести и пластичности» составляет 4 з.е.

Распределение трудоемкости дисциплины по видам занятий
очная форма обучения

Виды учебной работы	Всего часов	Семестры
		2
Аудиторные занятия (всего)	48	48
В том числе:		
Лекции	16	16
Практические занятия (ПЗ)	16	16
Лабораторные работы (ЛР)	16	16
Самостоятельная работа	96	96

Виды промежуточной аттестации - зачет	+	+
Общая трудоемкость: академические часы	144	144
зач.ед.	4	4

5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

5.1 Содержание разделов дисциплины и распределение трудоемкости по видам занятий

очная форма обучения

№ п/п	Наименование темы	Содержание раздела	Лекц	Прак зан.	Лаб. зан.	СРС	Всего, час
1	<u>Основы теории напряжённо-деформированного состояния в точке тела.</u>	Предмет теории упругости. Прикладные аспекты теории упругости. Нагрузки и напряжения. Перемещения и деформации. Тензоры напряжений и деформаций. Интенсивности напряжений и деформаций. Главные напряжения и деформации.	2	2	3	13	20
2	<u>Основные уравнения теории упругости.</u>	Постановка задачи теории пружности. Уравнения равновесия (статики) элемента тела. Геометрические уравнения. Уравнения совместности деформаций. Физические уравнения. Применение метода напряжений и метода перемещений.	2	2	2	12	18
3	<u>Плоская задача теории упругости.</u>	Плоское напряжённое состояние и плоская деформация. Основные уравнения плоской задачи. Разрешающие уравнения в напряжениях и перемещениях. Функция напряжений. Методы решения плоской задачи для прямоугольных односвязных областей. Плоская задача в полярных координатах.	2	2	3	26	33

4	<u>Вариационная формулировка задач теории упругости.</u>	Энергия деформируемого тела как функционал. Вариационный принцип Лагранжа. Метод Ритца. Принцип Кастильяно.	2	4	-	10	16
5	<u>Основные понятия теории пластичности. Математические модели пластичных материалов.</u>	<p>Линейно – упругий, нелинейно – упругий и упругопластичный материалы. Физическая нелинейность. Постановка задачи и уравнения теории пластичности. Общее и различие с постановкой задачи теории упругости.</p> <p>Активное нагружение и разгрузка. Повторно–переменное и знакопеременное нагружение. Аппроксимация диаграмм деформирования материалов и требования к ней. Упругопластическая и жесткопластическая задачи.</p> <p>Математическое моделирование поведения материалов и элементов конструкций в условиях повторно–попеременного и знакопеременного нагружений.</p>	2	2	2	12	18
6	<u>Критерии пластичности материала. Условия упрочнения. Основные теории пластичности. Гипотезы, положения, условия применимости.</u>	<p>Назначение критериев (условий) пластичности. Критерий Треска – Сен – Венана – Леви. Критерий Губера – Мизеса – Генки. Условия упрочнения материала.</p> <p>Простое и сложное нагружение. Основные типы теорий пластичности и их назначение. Теория малых упругопластических деформаций Генки – Надаи и ее развитие А.А.</p>	2	2	2	12	18

		Ильюшным. Теория пластического течения (дифференциальная теория). Вариационные принципы теории пластичности.					
7	<u>Основные понятия теории ползучести.</u>	Понятие и виды ползучести. Упругомгновенные деформации и деформации ползучести. Мера ползучести. Характеристика ползучести. Модели упруговязких тел. Линейная и нелинейная теории ползучести. Гипотезы линейной теории ползучести. Стареющие и нестареющие материалы. Принцип наложения деформаций ползучести, соответствующих приращениям напряжений. Понятие о наследственной теории старения (теории ползучести Г.Н. Маслова – Н.Х. Арутюняна), теории упругой наследственности, теории старения. Интегральные уравнения Вольтерры.	4	2	4	11	21
Итого			16	16	16	96	144

5.2 Перечень лабораторных работ

№ п/п	№ Раздела дисциплины	Наименование лабораторной работы	Кол-во часов
1	1	Расчёт пространственного напряжённого состояния элемента конструкции на прочность	3
2	2	Расчёт плоского напряжённого состояния балки на прочность методами теории упругости	2
3	3	Решение плоской задачи теории упругости для прямоугольной пластины	3
4	5	Исследование влияния аппроксимации диаграммы неупругого деформирования материала на	2

		определение усилий в элементе конструкции	
5	6	Моделирование упругопластического повторно-переменного нагружения для центрального растяжения-сжатия стержня и плоского изгиба балки	2
6	7	Расчётный анализ напряжённо-деформированного состояния железобетонной предварительно-напряжённой балки с учётом деформаций ползучести	4

№ п/п	Расчетно-графические работы
1	Расчёт предварительно напряжённой железобетонной балки на статическую нагрузку с учётом физически нелинейных свойств материала

7. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

7.1. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

7.1.1 Этап текущего контроля

Результаты текущего контроля знаний и межсессионной аттестации оцениваются по следующей системе:

«аттестован»;

«не аттестован».

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Аттестован	Не аттестован
ПК-2	знать теоретические основы современных методов проектирования зданий и сооружений, их конструктивных элементов, включая методы расчётного обоснования	знание теоретических основ современных методов проектирования	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	уметь использовать универсальные и специализированные программно-вычислительные комплексы и системы автоматизированного	умение использовать специализированные программно-вычислительные	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах

	проектирования	комплексы и системы автоматизированного проектирования		
	владеть современными методами проектирования зданий и сооружений, их конструктивных элементов, включая методы расчётного обоснования, с использованием универсальных и специализированных программно-вычислительных комплексов и систем автоматизированного проектирования	владение современными методами проектирования	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
ПК-5	знать современные принципы создания новых и совершенствования существующих методик расчета и проектирования строительных конструкций и их элементов, в том числе с использованием систем автоматизированного проектирования	знание современных принципов создания новых и совершенствования существующих методик расчета и проектирования строительных конструкций	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	уметь разрабатывать новые и совершенствовать существующие методики расчета и проектирования строительных конструкций и их элементов, в том числе с использованием систем автоматизированного проектирования	уметь разрабатывать новые и совершенствовать существующие методики расчета и проектирования строительных конструкций	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	владеть практическими приемами применения новых и усовершенствованных методик расчета и проектирования строительных конструкций и их элементов	владение практическим применением новых и усовершенствованных методик расчета и проектирования строительных конструкций	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах

7.1.2 Этап промежуточного контроля знаний

Результаты промежуточного контроля знаний оцениваются в 2 семестре для очной формы обучения по двухбалльной системе:

«зачтено»

«не зачтено»

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Зачтено	Не зачтено
ПК-2	знать теоретические основы современных методов проектирования зданий и сооружений, их конструктивных элементов, включая методы расчётного обоснования	Тест	Выполнение теста на 70-100%	Выполнение менее 70%
	уметь использовать универсальные и специализированные программно-вычислительные комплексы и системы автоматизированного проектирования	Решение стандартных практических задач	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
	владеть современными методами проектирования зданий и сооружений, их конструктивных элементов, включая методы расчётного обоснования, с использованием универсальных и специализированных программно-вычислительных комплексов и систем автоматизированного проектирования	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
ПК-5	знать современные принципы создания новых и совершенствования существующих методик расчета и проектирования строительных конструкций и их элементов, в том числе с использованием систем автоматизированного проектирования	Тест	Выполнение теста на 70-100%	Выполнение менее 70%
	уметь разрабатывать новые и совершенствовать существующие методики расчета и проектирования строительных конструкций и их элементов, в том числе с использованием систем автоматизированного проектирования	Решение стандартных практических задач	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
	владеть практическими приемами применения новых и	Решение прикладных задач в	Продемонстрирован верный ход решения в	Задачи не решены

	усовершенствованных методик расчета и проектирования строительных конструкций и их элементов	конкретной предметной области	большинстве задач	
--	--	-------------------------------	-------------------	--

7.2 Примерный перечень оценочных средств (типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности)

7.2.1 Примерный перечень заданий для подготовки к тестированию

1. Сколько неизвестных величин входят в общем случае в систему уравнений теории упругости?

1) 8; 2) 15; 3) 10; 4) 12.

2. Сколько уравнений входят в систему уравнений плоской задачи теории упругости?

1) 10; 2) 12; 3) 8; 4) 6.

3. Как записывается уравнение совместности деформаций для плоской задачи теории упругости?

$$1) \frac{\partial^2 \varepsilon_x}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \varepsilon_y}{\partial x^2} = \frac{\partial^2 \gamma_{xy}}{\partial x \partial y}; \quad 2) \frac{\partial^2 \varepsilon_x}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \varepsilon_y}{\partial x^2} = 2 \frac{\partial^2 \gamma_{xy}}{\partial x \partial y}; \quad 3) \frac{\partial^2 \varepsilon_x}{\partial y^2} - \frac{\partial^2 \varepsilon_y}{\partial x^2} = \frac{\partial^2 \gamma_{xy}}{\partial x \partial y};$$

$$4) \frac{\partial^2 \varepsilon_x}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 \varepsilon_y}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 \gamma_{xy}}{\partial x \partial y} = 0.$$

4. Как выражаются напряжения через функцию напряжений φ в случае плоского напряженного состояния (при отсутствии объемных сил)?

$$1) \sigma_x = \frac{\partial^2 \varphi}{\partial y^2}, \quad \sigma_y = \frac{\partial^2 \varphi}{\partial x^2}, \quad \tau_{xy} = \frac{\partial^2 \varphi}{\partial x \partial y}; \quad 2) \sigma_x = \frac{\partial^2 \varphi}{\partial y^2}, \quad \sigma_y = \frac{\partial^2 \varphi}{\partial x^2}, \quad \tau_{xy} = -\frac{\partial^2 \varphi}{\partial x \partial y};$$

$$3) \sigma_x = -\frac{\partial^2 \varphi}{\partial y^2}, \quad \sigma_y = -\frac{\partial^2 \varphi}{\partial x^2}, \quad \tau_{xy} = \frac{\partial^2 \varphi}{\partial x \partial y}; \quad 4) \sigma_x = -\frac{\partial^2 \varphi}{\partial y^2}, \quad \sigma_y = -\frac{\partial^2 \varphi}{\partial x^2}, \quad \tau_{xy} = -\frac{\partial^2 \varphi}{\partial x \partial y}.$$

5. Как записывается бигармоническое уравнение для определения функции напряжений для плоской задачи теории упругости?

$$1) \frac{\partial^4 \varphi}{\partial x^4} + \frac{\partial^4 \varphi}{\partial x^2 \partial y^2} + \frac{\partial^4 \varphi}{\partial y^4} = 0; \quad 2) \frac{\partial^4 \varphi}{\partial x^4} - \frac{\partial^4 \varphi}{\partial x^2 \partial y^2} + \frac{\partial^4 \varphi}{\partial y^4} = 0; \quad 3) \frac{\partial^4 \varphi}{\partial x^4} + 2 \frac{\partial^4 \varphi}{\partial x^2 \partial y^2} + \frac{\partial^4 \varphi}{\partial y^4} = 0;$$

$$4) \frac{\partial^4 \varphi}{\partial x^4} - 2 \frac{\partial^4 \varphi}{\partial x^2 \partial y^2} + \frac{\partial^4 \varphi}{\partial y^4} = 0.$$

6. Какие величины связывают между собой уравнения равновесия (статики) элемента тела?

- 1) Напряжения и деформации
- 2) Напряжения и перемещения
- 3) Напряжения и объёмные силы
- 4) Нагрузку и перемещения

7. Какие величины связывают между собой геометрические уравнения Коши элемента тела?

- 1) Перемещения и нагрузку
- 2) Перемещения и напряжения
- 3) Нагрузку и деформации
- 4) Деформации и перемещения

8. Какие величины связывают между собой физические уравнения элемента тела?

- 1) Перемещения и нагрузку
- 2) Напряжения и деформации
- 3) Напряжения и перемещения
- 4) Нагрузку и деформации

9. Какие уравнения в постановке задачи теории пластичности принципиально отличаются от уравнений теории упругости

- 1) Уравнения равновесия (статики) элемента тела
- 2) Геометрические уравнения Коши элемента тела
- 3) Физические уравнения элемента тела
- 4) Уравнения совместности деформаций элемента тела

10. Какие критерии пластичности применяются в теории пластичности

- 1) Критерий наибольших нормальных напряжений
- 2) Критерий наибольших касательных напряжений
- 3) Критерий наибольших растягивающих деформаций
- 4) Критерий удельной энергии формоизменения элемента тела

11. Условие текучести Треска – Сен-Венана имеет вид (K – предел текучести при сдвиге)

$$1) \left. \begin{array}{l} |\sigma_1 - \sigma_2| \leq K, \\ |\sigma_2 - \sigma_3| \leq K, \\ |\sigma_3 - \sigma_1| \leq K. \end{array} \right\}; \quad 2) \left. \begin{array}{l} |\sigma_1 - \sigma_2| \geq K, \\ |\sigma_2 - \sigma_3| \geq K, \\ |\sigma_3 - \sigma_1| \geq K. \end{array} \right\}; \quad 3) \left. \begin{array}{l} |\sigma_1 - \sigma_2| \geq 2K, \\ |\sigma_2 - \sigma_3| \geq 2K, \\ |\sigma_3 - \sigma_1| \geq 2K. \end{array} \right\}; \quad 4) \left. \begin{array}{l} |\sigma_1 - \sigma_2| \leq 2K, \\ |\sigma_2 - \sigma_3| \leq 2K, \\ |\sigma_3 - \sigma_1| \leq 2K. \end{array} \right\}.$$

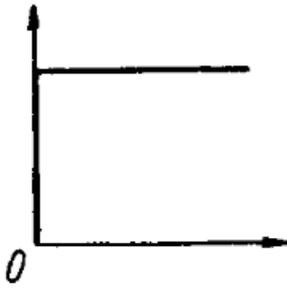
12. Пределом текучести называется

- 1) максимальное напряжение, до которого выполняется закон Гука;
- 2) максимальное напряжение, которое выдерживает материал;
- 3) напряжение, до которого деформации упругие;
- 4) напряжение, при котором наблюдается рост деформаций без увеличения нагрузки.

13. Ползучестью называется

- 1) рост деформаций с течением времени;
- 2) уменьшение напряжений с течением времени при постоянных деформациях;
- 3) рост пластических деформаций с течением времени при постоянных напряжениях и температуре;
- 4) рост упругих деформаций с течением времени при постоянных напряжениях и температуре.

14. Диаграмма растяжения какого материала показана на рисунке



- 1) нелинейно упругого;
- 2) упругопластического;
- 3) линейно упругого;
- 4) жестко пластического.

15. Простым называется нагружение, при котором

- 1) все нагрузки, действующие на тело, постоянны;
- 2) все нагрузки, действующие на тело, увеличиваются;
- 3) все нагрузки, действующие на тело, увеличиваются пропорционально одному параметру;
- 4) на тело действует только одна нагрузка.

16. Какая механическая характеристика определяет наступление неустановившейся ползучести?

- 1) предел текучести;
- 2) предел выносливости;
- 3) предел длительного сопротивления;
- 4) предел ползучести.

7.2.2 Примерный перечень заданий для решения стандартных задач

1. Записать уравнения равновесия на контуре тонкой пластинки при известных нагрузках.
2. Выполнить проверку выполнения дифференциальных уравнений равновесия для напряжений в простой балке, найденных по формулам сопротивления материалов.
3. Найти напряжения на контуре прямоугольной пластинки, испытывающей плоское напряженное состояние, по заданной функции напряжений.
4. Найти выражения для нормальных и касательных напряжений в произвольном сечении, проходящем через внутреннюю точку тонкой пластинки, испытывающей однородное плоское напряженное состояние, по известным напряжениям на координатных сечениях.
5. Найти главные напряжения и положение главных сечений для плоского напряженного состояния по известным координатным напряжениям.
6. Найти главные напряжения для объемного напряженного состояния по известным координатным напряжениям.
7. Построить кривую пластичности для плоского напряженного состояния по заданным главным напряжениям и пределу текучести σ_T для условия текучести Треска – Сен-Венана.
8. Построить кривую пластичности для плоского напряженного состояния по заданным главным напряжениям и пределу текучести σ_T для условия текучести Губера-Мизеса.
9. Найти решение обратной задачи для прямоугольной пластинки, находящейся в условиях плоского напряженного состояния, по известной

функции напряжений.

10. Упругопластический расчет стержня при действии продольной силы.

7.2.3 Примерный перечень заданий для решения прикладных задач

1	Суть содержания выражений, представленных формулами (1) $\sigma_x \cdot l + \tau_{yx} \cdot m = p_x, \quad \tau_{xy} \cdot l + \sigma_y \cdot m = p_y. \quad (1)$ <p>А. уравнения равновесия Б. условия на поверхности В. уравнения закона Гука в прямой форме Г. уравнения Коши</p>
2	Суть содержания выражений, представленных формулами (2) $\left(\frac{\partial}{\partial x} \sigma_x\right) + \left(\frac{\partial}{\partial y} \tau_{xy}\right) + X = 0, \quad \left(\frac{\partial}{\partial x} \tau_{xy}\right) + \left(\frac{\partial}{\partial y} \sigma_y\right) + Y = 0 \quad (2)$ <p>А. уравнения равновесия Б. условия на поверхности В. уравнения закона Гука в обратной форме Г. уравнения Коши</p>
3	Суть содержания выражений, представленных формулами (3) $\varepsilon_x = \frac{\partial}{\partial x} u, \quad \varepsilon_y = \frac{\partial}{\partial y} v, \quad \gamma_{xy} = \left(\frac{\partial}{\partial y} u\right) + \left(\frac{\partial}{\partial x} v\right). \quad (3)$ <p>А. уравнения равновесия Б. условия на поверхности В. уравнения закона Гука в прямой форме Г. уравнения Коши</p>
4	Суть содержания выражений, представленных формулами (4) $\varepsilon_x = \frac{\sigma_x - \mu \sigma_y}{E}, \quad \varepsilon_y = \frac{\sigma_y - \mu \sigma_x}{E}, \quad \gamma_{xy} = \frac{\tau_{xy}}{G}, \quad \text{где } G = \frac{E}{2(1 + \mu)} \quad (4)$ <p>А. уравнения равновесия Б. условия на поверхности В. закон Гука в прямой форме Г. уравнения Коши</p>

5 Суть содержания выражений, представленных формулами (5)

$$\sigma_x = \frac{E(\varepsilon_x + \mu \varepsilon_y)}{1 - \mu^2}, \sigma_y = \frac{E(\varepsilon_y + \mu \varepsilon_x)}{1 - \mu^2}, \tau_{xy} = \frac{1}{2} \frac{\gamma_{xy} E}{1 + \mu} \quad (5)$$

- А. уравнения равновесия
- Б. условия на поверхности
- В. уравнения закона Гука в обратной форме
- Г. уравнения Коши

6 Суть содержания выражений, представленных формулами (6)

$$\frac{\partial^4 \varphi}{\partial x^4} + 2 \cdot \frac{\partial^4 \varphi}{\partial x^2 \partial y^2} + \frac{\partial^4 \varphi}{\partial y^4} = 0 \quad (6)$$

- А. уравнения равновесия
- Б. условия на поверхности
- В. уравнения совместности деформации
- Г. уравнения Коши

7 Нормальные и касательные напряжения через функцию напряжений определяются по формулам

- А. $\varepsilon_x = \frac{\sigma_x - \mu \sigma_y}{E}, \varepsilon_y = \frac{\sigma_y - \mu \sigma_x}{E}, \gamma_{xy} = \frac{\tau_{xy}}{G}, \text{ где } G = \frac{E}{2(1 + \mu)}$
- Б. $\sigma_x = \frac{E(\varepsilon_x + \mu \varepsilon_y)}{1 - \mu^2}, \sigma_y = \frac{E(\varepsilon_y + \mu \varepsilon_x)}{1 - \mu^2}, \tau_{xy} = \frac{1}{2} \frac{\gamma_{xy} E}{1 + \mu}$
- В. $\varepsilon_x = \frac{\partial}{\partial x} u, \varepsilon_y = \frac{\partial}{\partial y} v, \gamma_{xy} = \left(\frac{\partial}{\partial y} u \right) + \left(\frac{\partial}{\partial x} v \right)$
- Г. $\sigma_x = \frac{\partial^2 \varphi}{\partial y^2}, \sigma_y = \frac{\partial^2 \varphi}{\partial x^2}, \tau_{xy} = -\frac{\partial^2 \varphi}{\partial x \partial y}$

8 Функция напряжений задана формулой

$$\varphi = -50 \cdot y^3$$

найти выражения для нормальных и касательных напряжений

- А. $\sigma_x = -300y, \sigma_y = 0, \tau_{xy} = 0.$
- Б. $\sigma_x = -300y, \sigma_y = 300, \tau_{xy} = 0.$
- В. $\sigma_x = 0, \sigma_y = 300x, \tau_{xy} = 300.$
- Г. $\sigma_x = -300y, \sigma_y = 0, \tau_{xy} = 150y^2.$

9 Функция напряжений задана формулой

$$\varphi = -50 \cdot y^3$$

найти выражения для линейных и угловых деформаций

А. $\varepsilon_x = -\frac{300}{E}, \varepsilon_y = \frac{300\mu y}{E}, \gamma_{xy} = 0.$

Б. $\varepsilon_x = -\frac{300y}{E}, \varepsilon_y = \frac{300\mu y}{E}, \gamma_{xy} = 0.$

В. $\varepsilon_x = -\frac{300y}{E}, \varepsilon_y = \frac{300y}{E}, \gamma_{xy} = 0.$

Г. $\varepsilon_x = -\frac{300\mu y}{E}, \varepsilon_y = \frac{300y}{E}, \gamma_{xy} = 0.$

10 Напряженно-деформированное состояние пластинки, показанной на рис. 1 представляет собой

А. чистый сдвиг

Б. чистый изгиб

В. чистое растяжение

Г. растяжение-сжатие

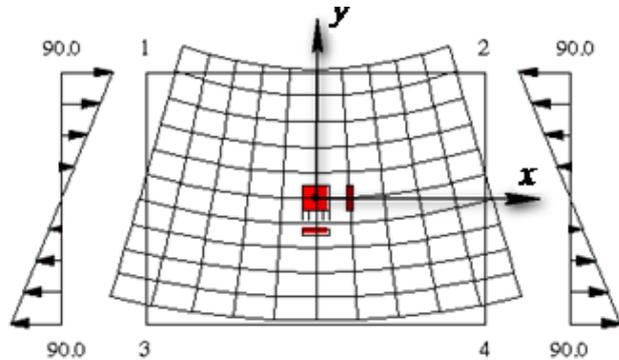


Рис. 1

11 На рис. 2.а показана балка-стенка, на рис. 2.б показаны эпюры

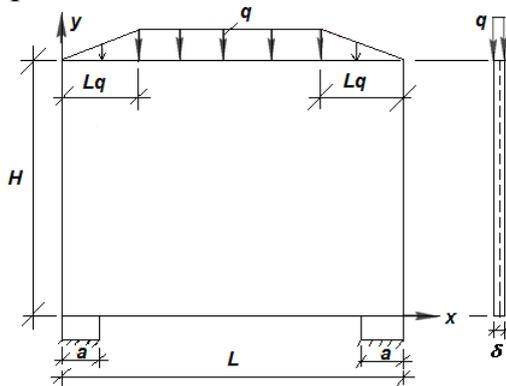


Рис. 2.а

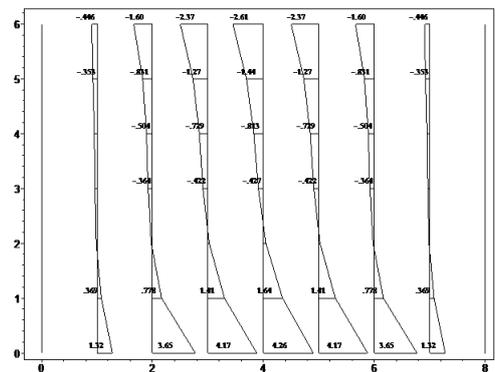


Рис. 2.б

А. нормальных напряжений σ_y

Б. нормальных напряжений σ_x

В. касательных напряжений τ_x

Г. наибольших касательных напряжений τ_i

12 На рис. 3.а показана балка-стенка, на рис. 3.б показаны эпюры

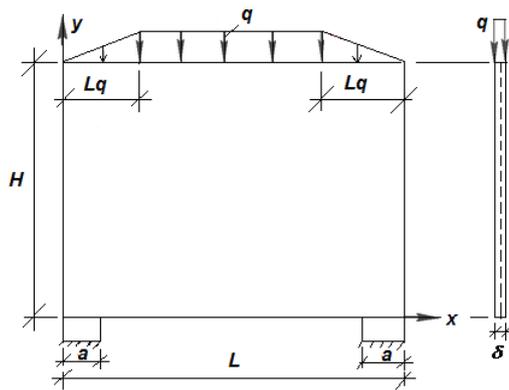


Рис. 3.а

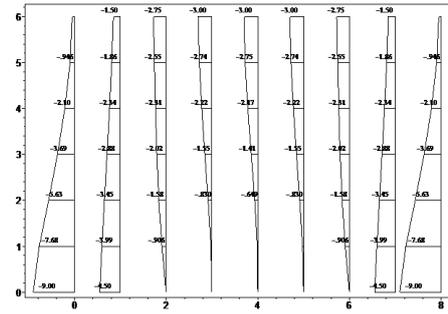


Рис. 3.б

- А. нормальных напряжений σ_y
- Б. нормальных напряжений σ_x
- В. касательных напряжений τ_x
- Г. наибольших касательных напряжений τ_i

13 На рис. 4.а показана балка-стенка, на рис. 4.б показаны эпюры

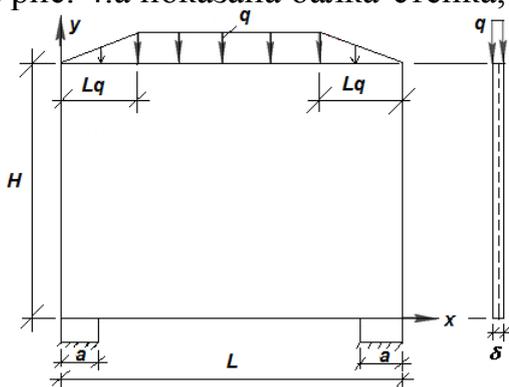


Рис. 4.а

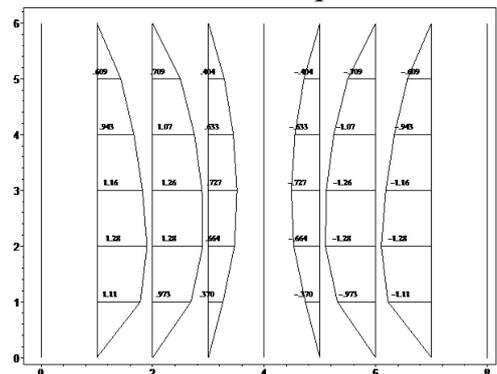


Рис.4.б

- А. нормальных напряжений σ_y
- Б. нормальных напряжений σ_x
- В. касательных напряжений τ_{xy}
- Г. наибольших касательных напряжений τ_i

14 Какое напряженно-деформированное состояние имеет место в поперечных сечениях треугольной плотины?

- А. плоское напряженное состояние;
- Б. внецентренное сжатие;
- В. плоская деформация;
- Г. изгиб.

- 15 Какое напряженно-деформированное состояние реализуется в балке-стенке?
- А. плоское напряженное состояние;
 - Б. внецентренное сжатие;
 - В. плоская деформация;
 - Г. чистый сдвиг.

7.2.4 Примерный перечень вопросов для подготовки к зачету

1. Предмет теории упругости. Прикладные аспекты теории упругости.
2. Нагрузки и напряжения. Перемещения и деформации. Тензоры напряжений и деформаций. Интенсивности напряжений и деформаций.
3. Главные напряжения и деформации.
4. Постановка задачи теории упругости. Уравнения равновесия (статики) элемента тела.
5. Геометрические уравнения. Уравнения совместности деформаций.
6. Физические уравнения.
7. Применение метода напряжений и метода перемещений.
8. Плоское напряжённое состояние. Основные уравнения плоской задачи.
9. Плоская деформация. Основные уравнения плоской задачи.
10. Разрешающие уравнения в напряжениях и перемещениях. Функция напряжений.
11. Методы решения плоской задачи для прямоугольных односвязных областей.
12. Плоская задача в полярных координатах.
13. Энергия деформируемого тела как функционал. Вариационный принцип Лагранжа.
14. Метод Ритца. Принцип Кастильяно.
15. Линейно – упругий, нелинейно – упругий и упругопластичный материалы. Физическая нелинейность.
16. Постановка задачи и уравнения теории пластичности. Общее и различие с постановкой задачи теории упругости.
17. Активное нагружение и разгрузка. Повторно– переменное и знакопеременное нагружение.
18. Аппроксимация диаграмм деформирования материалов и требования к ней. Упругопластическая и жесткопластическая задачи.
19. Математическое моделирование поведения материалов и элементов конструкций в условиях повторно–попеременного и знакопеременного нагружений.
20. Назначение критериев (условий) пластичности. Критерий Треска – Сен – Венана – Леви. Критерий Губера – Мизеса – Генки. Условия упрочнения материала.
21. Простое и сложное нагружение. Теорема Ильюшина о простом нагружении. Основные типы теорий пластичности и их назначение.

22. Понятие о теории малых упругопластических деформаций Генки – Надаи и ее развитие А.А. Ильющным.
23. Понятие о теории пластического течения (дифференциальная теория).
24. Понятие и виды ползучести. Упругомгновенные деформации и деформации ползучести. Мера ползучести. Характеристика ползучести.
25. Модели упруговязких тел.
26. Линейная и нелинейная теории ползучести. Гипотезы линейной теории ползучести. Стареющие и нестареющие материалы. Принцип наложения деформаций ползучести, соответствующих приращениям напряжений.
27. Понятие о наследственной теории старения (теории ползучести Г.Н. Маслова – Н.Х. Арутюняна), теории упругой наследственности, теории старения.
28. Интегральные уравнения Вольтерры.

7.2.5 Примерный перечень вопросов для подготовки к экзамену Не предусмотрено учебным планом

7.2.6. Методика выставления оценки при проведении промежуточной аттестации

Зачет проводится по тест-билетам, каждый из которых содержит три вопроса из числа включенных в перечень, представленных в разделе 7.2.4 настоящей программы, и контрольную задачу. Правильное решение задачи оценивается в чёyre балла, правильный ответ на теоретической вопрос оценивается в два балла. Максимальное количество набранных баллов – 10.

1. Оценка «Неудовлетворительно» ставится в случае, если студент набрал менее 3 баллов.

2. Оценка «Удовлетворительно» ставится в случае, если студент набрал от 3 до 6 баллов

3. Оценка «Хорошо» ставится в случае, если студент набрал от 6 до 8 баллов.

4. Оценка «Отлично» ставится, если студент набрал от 8 до 10 баллов.)

7.2.7 Паспорт оценочных материалов

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции	Наименование оценочного средства
1	Основы теории напряжённо-деформированного состояния в точке тела.	ПК-2, ПК-5	Тест, контрольная работа, зачёт
2	Основные уравнения теории упругости.	ПК-2, ПК-5	Тест, контрольная работа, зачёт
3	Плоская задача теории упругости.	ПК-2, ПК-5	Тест, контрольная работа, зачёт

4	Вариационная формулировка задач теории упругости.	ПК-2, ПК-5	Тест, контрольная работа, зачёт
5	Основные понятия теории пластичности. Математические модели пластичных материалов.	ПК-2, ПК-5	Тест, контрольная работа, зачёт
6	Критерии пластичности материала. Условия упрочнения. Основные теории пластичности. Гипотезы, положения, условия применимости.	ПК-2, ПК-5	Тест, контрольная работа, зачёт
7	Основные понятия теории ползучести.	ПК-2, ПК-5	Тест, контрольная работа, зачёт

7.3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

Тестирование осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных тест-заданий на бумажном носителе. Время тестирования 30 мин. Затем осуществляется проверка теста экзаменатором и выставляется оценка согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение стандартных задач осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется проверка решения задач экзаменатором и выставляется оценка, согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение прикладных задач осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется проверка решения задач экзаменатором и выставляется оценка, согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

8 УЧЕБНО МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ)

8.1 Перечень учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

8.1.1 Основная литература:

1. Молотников, В. Я.

Теория упругости и пластичности [Электронный ресурс] / Молотников В. Я., Молотникова А. А. - 1-е изд. - : Лань, 2017. - 532 с. - Книга из коллекции Лань - Инженерно-технические науки. - ISBN 978-5-8114-2603-4.

URL: <https://e.lanbook.com/book/94741>

2. Новожилов, В. В.

Теория упругости / В. В. Новожилов. - Теория упругости ; 2023-09-02. -

Санкт-Петербург : Политехника, 2020. - 410 с. - Текст. - Лицензия до 02.09.2023. - ISBN 978-5-7325-0956-4.

URL: <http://www.iprbookshop.ru/94829.html>

8.1.2 Дополнительная литература:

1. Кальмова, М. А.

Теория упругости : учебно-методическое пособие / М. А. Кальмова. - Теория упругости ; 2026-09-20. - Самара : Самарский государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2019. - 43 с. - Текст. - Гарантированный срок размещения в ЭБС до 20.09.2026 (автопродлонгация). - ISBN 2227-8397.

URL: <http://www.iprbookshop.ru/111596.html>

2. Стружанов, В. В.

Теория упругости: основные положения : учеб. пособие / В. В. Стружанов, Н. В. Бурмашева ; М-во науки и высш. образования Рос. Федерации, Урал. федер. ун-т. — Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2019. — 204 с. ISBN 978-5-7996-2541-2

8.2 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень лицензионного программного обеспечения, ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем:

1. Консультирование посредством электронной почты, Skype, WhatsApp, Viber.
2. Использование презентаций при проведении лекционных занятий.
3. Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы по строительству.
4. Базы данных, информационно-справочная и нормативная документация по разделам «Строительство» и «Расчёт строительных конструкций».
5. Программные продукты MS Office Word, MS Office Excel.
6. Программные комплекс ЛИРА-САПР-2016;
7. Вычислительная статистическая программа STADIA разработки Московского государственного университета (НПО «Информатика и компьютеры»).
8. Вычислительный пакет MatLab.
9. Информационно–поисковая система «СтройКонсультант»: доступ в локальной сети ВГТУ (библиотечный корпус).
10. <http://www.cchgeu.ru>. Учебный портал ВГТУ.
11. <http://cchgeu.ru/university/library/elektronnyy-katalog/> Электронный каталог Научной Библиотеки ВГТУ.
12. <http://cchgeu.ru/education/cafedras/kafsm/> Учебно-методические разработки кафедры строительной механики.
13. ELIBRARY.ru;
14. <https://картанауки.рф/>;
15. dwg.ru.

9 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БАЗА, НЕОБХОДИМАЯ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА

<p>Наименование помещений для проведения всех видов учебной деятельности, предусмотренной учебным планом, в том числе помещения для самостоятельной работы, с указанием перечня основного оборудования, учебно-наглядных пособий</p>	<p>Адрес (местоположение) помещений для проведения всех видов учебной деятельности, предусмотренной учебным планом (в случае реализации образовательной программы в сетевой форме дополнительно указывается наименование организации, с которой заключен договор)</p>
<p style="text-align: center;">Ауд. 2121</p> <p>Комплект учебной мебели: -рабочее место преподавателя (стол, стул); -рабочие места обучающихся (столы, стулья) на 23 человека Персональные компьютеры с установленным ПО, подключенные к сети Интернет – 11 штук Типовой ком-кт д/информатики Интерактивный комплект SMART SBM680A5</p>	<p style="text-align: center;">394006, Воронежская область, г. Воронеж, ул. 20-летия Октября д. 84 (Здание – учебный корпус №2)</p>
<p style="text-align: center;">Ауд. 3117</p> <p>Комплект учебной мебели: -рабочее место преподавателя (стол, стул); -рабочие места обучающихся (столы, стулья) на 150 человек Акустическая система Система акустическая Экран с электроприводом Spectra</p>	<p style="text-align: center;">394006, Воронежская область, г. Воронеж, ул. 20-летия Октября д. 84 (Здание – учебный корпус №3)</p>
<p style="text-align: center;">Ауд. 2303</p> <p>Комплект учебной мебели: -рабочее место преподавателя (стол, стул); -рабочие места обучающихся (столы, стулья) на 30 человек</p>	<p style="text-align: center;">394006, Воронежская область, г. Воронеж, ул. 20-летия Октября д. 84 (Здание – учебный корпус №2)</p>
<p style="text-align: center;">Ауд. 2307</p> <p>Комплект учебной мебели: -рабочее место преподавателя (стол, стул); -рабочие места обучающихся (столы, стулья) на 26 человек</p>	<p style="text-align: center;">394006, Воронежская область, г. Воронеж, ул. 20-летия Октября д. 84 (Здание – учебный корпус №2)</p>
<p style="text-align: center;">Ауд. 2104</p> <p>Комплект учебной мебели: -рабочее место преподавателя (стол, стул); -рабочие места обучающихся (столы, стулья) на 20 человек 1. Комплект плакатов для сварочного производства</p>	<p style="text-align: center;">394006, Воронежская область, г. Воронеж, ул. 20-летия Октября д. 84 (Здание – учебный корпус №2)</p>

<p>Ауд. 6412</p> <p>Комплект учебной мебели: -рабочее место преподавателя (стол, стул); -рабочие места обучающихся (столы, стулья) на 30 человек</p>	<p>394006, Воронежская область, г. Воронеж, ул. 20-летия Октября д. 84 (Здание – учебный корпус №6)</p>
<p>Ауд. 2305</p> <p>Комплект учебной мебели: -рабочее место преподавателя (стол, стул); -рабочие места обучающихся (столы, стулья) на 30 человек</p>	<p>394006, Воронежская область, г. Воронеж, ул. 20-летия Октября д. 84 (Здание – учебный корпус №2)</p>
<p>Ауд. 2209</p> <p>Комплект учебной мебели: -рабочее место преподавателя (стол, стул); -рабочие места обучающихся (столы, стулья) на 42 человека</p>	<p>394006, Воронежская область, г. Воронеж, ул. 20-летия Октября д. 84 (Здание – учебный корпус №2)</p>

Перечень материально-технического обеспечения дисциплины

В наличии имеется специализированная аудитория, оборудованная интерактивными технологиями (интерактивная доска, проектор, персональный компьютер или ноутбук) представления видеоматериала при проведении лекционных и практических занятий. Компьютерный класс (ауд. 2121).

10. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

По дисциплине «Прикладная теория упругости, ползучести и пластичности» читаются лекции, проводятся практические занятия и лабораторные работы.

Основой изучения дисциплины являются лекции, на которых излагаются наиболее существенные и трудные вопросы, а также вопросы, не нашедшие отражения в учебной литературе.

Практические занятия направлены на приобретение практических навыков представления о характере упругого и неупругого деформирования элементов конструкций. Освоению методов теории упругости, ползучести и пластичности для анализа и оценки напряжённо-деформированного состояния стержневых, плоских и пространственных элементов строительных конструкций.

Изучить общие методы определения напряжений, деформаций, усилий и перемещений в элементах конструкций любой формы, а так же оценить точность полученных в сопротивлении материалов приближенных решений

Занятия проводятся путем решения конкретных задач в аудитории.

Лабораторные работы выполняются на лабораторном оборудовании в соответствии с методиками, приведенными в указаниях к выполнению работ.

Вид учебных занятий	Деятельность студента
Лекция	Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; пометать важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Проверка терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь. Обозначение вопросов, терминов, материала, которые вызывают трудности, поиск ответов в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на лекции или на практическом занятии.
Практическое занятие	Конспектирование рекомендуемых источников. Работа с конспектом лекций, подготовка ответов к контрольным вопросам, просмотр рекомендуемой литературы. Прослушивание аудио- и видеозаписей по заданной теме, выполнение расчетно-графических заданий, решение задач по алгоритму.
Лабораторная работа	Лабораторные работы позволяют научиться применять теоретические знания, полученные на лекции при решении конкретных задач. Чтобы наиболее рационально и полно использовать все возможности лабораторных для подготовки к ним необходимо: следует разобрать лекцию по соответствующей теме, ознакомиться с соответствующим разделом учебника, проработать дополнительную литературу и источники, решить задачи и выполнить другие письменные задания.
Самостоятельная работа	Самостоятельная работа студентов способствует глубокому усвоению учебного материала и развитию навыков самообразования. Самостоятельная работа предполагает следующие составляющие: <ul style="list-style-type: none"> - работа с текстами: учебниками, справочниками, дополнительной литературой, а также проработка конспектов лекций; - выполнение домашних заданий и расчетов; - работа над темами для самостоятельного изучения; - участие в работе студенческих научных конференций, олимпиад; - подготовка к промежуточной аттестации.
Подготовка к промежуточной аттестации	Готовиться к промежуточной аттестации следует систематически, в течение всего семестра. Интенсивная подготовка должна начаться не позднее, чем за месяц-полтора до промежуточной аттестации. Данные перед зачетом три дня эффективнее всего использовать для повторения и систематизации материала.

