

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

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

Утверждаю:

Зав. кафедрой строительной механики

 Козлов В.А.
«17»  2025 г.

ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

по дисциплине

«Прикладная теория упругости, ползучести и пластичности»

Направление подготовки: 08.04.01 Строительство

**Программа Проектирование, расчёт и изготовление строительных
сооружений и их элементов**

Квалификация выпускника магистр

Нормативный период обучения 2 года

Форма обучения: очная

Год начала подготовки: 2025

Разработчик  В.С. Варнавский

Процесс изучения дисциплины «Прикладная теория упругости, ползучести и пластичности» направлен на формирование у обучающихся 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.

Перечень планируемых результатов обучения и показателей оценивания сформированности компетенций на этапе промежуточной аттестации

№ п/п	Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Тип ОМ	Показатели оценивания
1	ПК-2	знать теоретические основы современных методов проектирования зданий и сооружений, их конструктивных элементов, включая методы расчётного обоснования	Вопросы (тест) к зачету/ экзамену	Полнота знаний
		уметь использовать универсальные и специализированные программно-вычислительные комплексы и системы автоматизированного проектирования	Стандартные задания	Наличие умений
		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	Прикладные задания	Наличие навыков
2	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	Вопросы (тест) к зачету/ экзамену	Полнота знаний
		уметь разрабатывать новые и совершенствовать существующие методики расчета и проектирования строительных конструкций и	Стандартные задания	Наличие умений

		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	Прикладные задания	Наличие навыков

ОПИСАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ, КРИТЕРИЕВ И ШКАЛ ОЦЕНИВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИЙ НА ЭТАПЕ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

Показатели оценивания компетенций	Шкала и критерии оценки уровня сформированности компетенции			
	Неудовлетворительный	Минимально допустимый (пороговый)	Средний	Высокий
Полнота знаний	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки ¹	Минимально допустимый уровень знаний. Допущены не грубые ошибки.	Уровень знаний в объёме, соответствующем программе подготовки. Допущены некоторые погрешности.	Уровень знаний в объёме, соответствующем программе подготовки
Наличие умений	При выполнении стандартных заданий не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки.	Продemonстрированы основные умения. Выполнены типовые задания с не грубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объёме (отсутствуют пояснения, неполные выводы)	Продemonстрированы все основные умения. Выполнены все основные задания с некоторыми погрешностями. Выполнены все задания в полном объёме, но некоторые с недочётами.	Продemonстрированы все основные умения. Выполнены все основные и дополнительные задания без ошибок и погрешностей. Задания выполнены в полном объёме без недочётов.
Наличие навыков (владение опытом)	При выполнении стандартных заданий не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки	Имеется минимальный набор навыков для выполнения стандартных заданий с некоторыми недочётами.	Продemonстрированы базовые навыки при выполнении стандартных заданий с некоторыми недочётами.	Продemonстрированы все основные умения. Выполнены все основные и дополнительные задания без ошибок и погрешностей. Продemonстрирован творческий подход к решению нестандартных задач.
Характеристика сформированности компетенции	Компетенция в полной мере не сформирована. Имеющихся знаний, умений, навыков недостаточно для решения практических (профессиональных) задач. Требуется повторное обучение.	Сформированность компетенции соответствует минимальным требованиям. Имеющихся знаний, умений, навыков в целом достаточно для решения практических (профессиональных) задач, но требуется дополнительная практика по большинству профессиональных задач.	Сформированность компетенций в целом соответствует требованиям. Имеющихся знаний, умений, навыков и мотивации в целом достаточно для решения стандартных профессиональных задач.	Сформированность компетенции полностью соответствует требованиям. Имеющихся знаний, умений, навыков и мотивации в полной мере достаточно для решения сложных профессиональных задач.

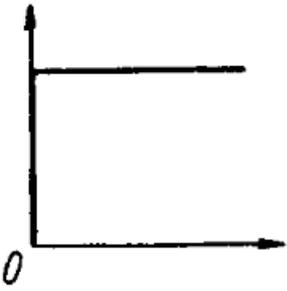
ПЕРЕЧЕНЬ ОЦЕНОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Вопросы для оценки результатов обучения, характеризующих сформированность компетенций

ПК-2 - Способность применять методы проектирования, учитывая расчетные обоснования, с использованием универсальных и специализированных программно-вычислительных комплексов	
1.	Нагрузки и напряжения. Перемещения и деформации. Тензоры напряжений и деформаций. Интенсивности напряжений и деформаций.
2.	Главные напряжения и деформации.
3.	Постановка задачи теории упругости. Уравнения равновесия (статики) элемента тела.
4.	Геометрические уравнения элемента тела. Уравнения совместности деформаций.
5.	Физические уравнения теории упругости
6.	Энергия деформируемого тела как функционал. Вариационный принцип Лагранжа
7.	Метод Ритца. Принцип Кастильяно
8.	Постановка задачи и уравнения теории пластичности. Общее и различие с постановкой задачи теории упругости
9.	Применение метода напряжений для решения задачи теории упругости
10.	Применение метода перемещений для решения задачи теории упругости.
11.	Плоское напряжённое состояние. Основные уравнения плоской задачи.
12.	Плоское деформированное состояние. Основные уравнения плоской задачи.
ПК-5 - Способен создавать новые и совершенствовать существующие методики расчета и проектирования строительных конструкций и их элементов	
1.	Разрешающие уравнения в напряжениях и перемещениях. Функция напряжений.
2.	Линейно – упругий, нелинейно – упругий и упругопластичный материалы. Физическая нелинейность.
3.	Активное нагружение и разгрузка. Повторно– переменное и знакопеременное нагружение.
4.	Аппроксимация диаграмм деформирования материалов и требования к ней. Упругопластическая и жесткопластическая задачи
5.	Математическое моделирование поведения материалов и элементов конструкций в условиях повторно–попеременного и знакопеременного нагружений
6.	Назначение критериев (условий) пластичности. Критерий Треска – Сен – Венана – Леви. Критерий Губера – Мизеса – Генки. Условия упрочнения материала.
7.	Простое и сложное нагружение. Теорема Ильюшина о простом нагружении. Основные типы теорий пластичности и их назначение.
8.	Понятие о теории малых упругопластических деформаций Генки – Надаи и ее развитие А.А. Ильюшиным
9.	Понятие о теории пластического течения (дифференциальная теория).
10.	Понятие и виды ползучести. Упругомгновенные деформации и деформации ползучести. Мера ползучести. Характеристика ползучести
11.	Модели упруговязких тел.
12.	Линейная и нелинейная теории ползучести. Гипотезы линейной теории ползучести. Стареющие и нестареющие материалы. Принцип наложения деформаций ползучести, соответствующих приращениям напряжений

**Практические задания для оценки результатов обучения,
характеризующих сформированность компетенций**

ПК-2 - Способность применять методы проектирования, учитывая расчетные обоснования, с использованием универсальных и специализированных программно-вычислительных комплексов	
1	<p>Какие величины связывают между собой уравнения равновесия (статики) элемента тела?</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Напряжения и деформации 2) Напряжения и перемещения 3) Напряжения и объёмные силы 4) Нагрузку и перемещения
2	<p>Какие величины связывают между собой геометрические уравнения Коши элемента тела?</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Перемещения и нагрузку 2) Перемещения и напряжения 3) Нагрузку и деформации 4) Деформации и перемещения
3	<p>Какие величины связывают между собой физические уравнения элемента тела?</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Перемещения и нагрузку 2) Напряжения и деформации 3) Напряжения и перемещения 4) Нагрузку и деформации
4	<p>Какие уравнения в постановке задачи теории пластичности принципиально отличаются от уравнений теории упругости</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Уравнения равновесия (статики) элемента тела 2) Геометрические уравнения Коши элемента тела 3) Физические уравнения элемента тела 4) Уравнения совместности деформаций элемента тела
5	<p>Какие критерии пластичности применяются в теории пластичности</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) Критерий наибольших нормальных напряжений 2) Критерий наибольших касательных напряжений 3) Критерий наибольших растягивающих деформаций 4) Критерий удельной энергии формоизменения элемента тела
6	<p>Условие текучести Треска – Сен-Венана имеет вид (K – предел текучести при сдвиге)</p> $1) \left. \begin{array}{l} \sigma_1 - \sigma_2 \leq K, \\ \sigma_2 - \sigma_3 \leq K, \\ \sigma_3 - \sigma_1 \leq K. \end{array} \right\}; \quad 2) \left. \begin{array}{l} \sigma_1 - \sigma_2 \geq K, \\ \sigma_2 - \sigma_3 \geq K, \\ \sigma_3 - \sigma_1 \geq K. \end{array} \right\}; \quad 3) \left. \begin{array}{l} \sigma_1 - \sigma_2 \geq 2K, \\ \sigma_2 - \sigma_3 \geq 2K, \\ \sigma_3 - \sigma_1 \geq 2K. \end{array} \right\}; \quad 4) \left. \begin{array}{l} \sigma_1 - \sigma_2 \leq 2K, \\ \sigma_2 - \sigma_3 \leq 2K, \\ \sigma_3 - \sigma_1 \leq 2K. \end{array} \right\}.$
7	<p>Пределом текучести называется</p> <ol style="list-style-type: none"> 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.
8	<p>Ползучестью называется</p> <ol style="list-style-type: none"> 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 тем-

	<p>пературе;</p> <p>4) рост упругих деформаций с течением времени при постоянных напряжениях и температуре</p>
9	<p>Диаграмма растяжения какого материала показана на рисунке</p>  <p>1) нелинейно упругого; 2) упругопластического; 3) линейно упругого; 4) жестко пластического.</p>
10	<p>Простым называется нагружение, при котором</p> <p>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.</p>
11	<p>Какая механическая характеристика определяет наступление неустановившейся ползучести?</p> <p>1) предел текучести; 2) предел выносливости; 3) предел длительного сопротивления; 4) предел ползучести.</p>
12	<p>Как преобразуются уравнения равновесия твердого тела при решении задачи теории упругости в перемещениях?</p> <p>1) Путем выражения в данных уравнениях напряжений через перемещения. 2) Путем выражения в данных уравнениях напряжений через деформации 3) Путем выражения в данных уравнениях напряжений через интенсивность напряжений 4) Путем выражения в данных уравнениях напряжений через интенсивность деформаций</p>
13	<p>Как преобразуются условия на поверхности твердого тела при решении задачи теории упругости в перемещениях?</p> <p>1) Путем выражения нормальных напряжений на наклонных площадках через деформации 2) Путем выражения нормальных напряжений на наклонных площадках через перемещения 3) Путем выражения нормальных напряжений на наклонных площадках через интенсивность деформаций 4) Путем выражения нормальных напряжений на наклонных площадках через интенсивность напряжений</p>
14	<p>Какую систему уравнений необходимо интегрировать при решении задачи теории упругости в напряжениях?</p> <p>1) Три уравнения равновесия в проекции на оси X, Y, Z, записанные в напряжениях, и три уравнения неразрывности деформаций, записанные в напряжениях 2) Шесть уравнений равновесия в проекции на оси X, Y, Z, записанные в напряжениях, и три уравнения неразрывности деформаций, записанные в напряжениях 3) Три уравнения равновесия в проекции на оси X, Y, Z, записанные в напряжениях, и шесть уравнений неразрывности деформаций, записанные в напряжениях 4) Шесть уравнений равновесия в проекции на оси X, Y, Z, записанные в напряжениях, и шесть уравнений неразрывности деформаций, записанные в напряжениях</p>
15	<p>Дайте определение кинематической краевой задаче, определяемой граничными условиями на поверхности тела.</p> <p>1) Во внутренних точках тела отыскиваются перемещения, принимающие на поверхности тела определенные значения, для чего необходимо задать уравнение поверхности и значения составляющих перемещений на этой поверхности 2) На поверхность тела не наложены никакие ограничения на перемещения, а задаются</p>

	<p>уравнение поверхности, направляющие косинусы нормали к поверхности и значения составляющих поверхностных нагрузок.</p> <p>3) На поверхность тела не наложены никакие ограничения на перемещения, а задаются уравнение поверхности и значения составляющих поверхностных нагрузок.</p> <p>4) В объеме тела отыскиваются составляющие перемещений, принимающие на поверхности тела определенные значения, для чего необходимо задать уравнение поверхности и значения составляющих перемещений на этой поверхности</p>
16	<p>Дайте определение статической краевой задаче, определяемой граничными условиями на поверхности тела.</p> <p>1) На поверхность тела не наложены никакие ограничения на перемещения, а задаются уравнение поверхности, направляющие косинусы нормали к поверхности и значения составляющих поверхностных нагрузок.</p> <p>2) Во внутренних точках тела отыскиваются перемещения, принимающие на поверхности тела определенные значения, для чего необходимо задать уравнение поверхности и значения составляющих перемещений на этой поверхности</p> <p>3) На поверхность тела не наложены никакие ограничения на перемещения, а задаются направляющие косинусы нормали к поверхности и значения составляющих поверхностных нагрузок.</p> <p>4) В объеме тела отыскиваются составляющие перемещений, принимающие на поверхности тела определенные значения, для чего необходимо задать уравнение поверхности и значения составляющих перемещений на этой поверхности</p>
<p>ПК-5 - Способен создавать новые и совершенствовать существующие методики расчета и проектирования строительных конструкций и их элементов</p>	
1	<p>Суть содержания выражений, представленных формулами (1)</p> $\sigma_x \cdot l + \tau_{yx} \cdot m = p_x, \tau_{xy} \cdot l + \sigma_y \cdot m = p_y. \quad (1)$ <p>А. уравнения равновесия Б. условия на поверхности В. уравнения закона Гука в прямой форме Г. уравнения Коши</p>
2	<p>Суть содержания выражений, представленных формулами (2)</p> $\left(\frac{\partial}{\partial x} \sigma_x\right) + \left(\frac{\partial}{\partial y} \tau_{xy}\right) + X = 0, \left(\frac{\partial}{\partial x} \tau_{xy}\right) + \left(\frac{\partial}{\partial y} \sigma_y\right) + Y = 0 \quad (2)$ <p>А. уравнения равновесия Б. условия на поверхности В. уравнения закона Гука в обратной форме Г. уравнения Коши</p>
3	<p>Суть содержания выражений, представленных формулами (3)</p> $\varepsilon_x = \frac{\partial}{\partial x} u, \varepsilon_y = \frac{\partial}{\partial y} v, \gamma_{xy} = \left(\frac{\partial}{\partial y} u\right) + \left(\frac{\partial}{\partial x} v\right). \quad (3)$ <p>А. уравнения равновесия Б. условия на поверхности В. уравнения закона Гука в прямой форме Г. уравнения Коши</p>
4	<p>Суть содержания выражений, представленных формулами (4)</p> $\varepsilon_x = \frac{\sigma_x - \mu \sigma_y}{E}, \varepsilon_y = \frac{\sigma_y - \mu \sigma_x}{E}, \gamma_{xy} = \frac{\tau_{xy}}{G}, \text{ где } G = \frac{E}{2(1 + \mu)} \quad (4)$

	<p>А. уравнения равновесия Б. условия на поверхности В. закон Гука в прямой форме Г. уравнения Коши</p>
5	<p>Суть содержания выражений, представленных формулами (5)</p> $\sigma_x = \frac{E(\varepsilon_x + \mu \varepsilon_y)}{1 - \mu^2}, \sigma_y = \frac{E(\varepsilon_y + \mu \varepsilon_x)}{1 - \mu^2}, \tau_{xy} = \frac{1}{2} \frac{\gamma_{xy} E}{1 + \mu} \quad (5)$ <p>А. уравнения равновесия Б. условия на поверхности В. уравнения закона Гука в обратной форме Г. уравнения Коши</p>
6	<p>Суть содержания выражений, представленных формулами (6)</p> $\frac{\partial^4 \varphi}{\partial x^4} + 2 \cdot \frac{\partial^4 \varphi}{\partial x^2 \partial y^2} + \frac{\partial^4 \varphi}{\partial y^4} = 0 \quad (6)$ <p>А. уравнения равновесия Б. условия на поверхности В. уравнения совместности деформации Г. уравнения Коши</p>
7	<p>Нормальные и касательные напряжения через функцию напряжений определяются по формулам</p> <p>А. $\varepsilon_x = \frac{\sigma_x - \mu \sigma_y}{E}, \varepsilon_y = \frac{\sigma_y - \mu \sigma_x}{E}, \gamma_{xy} = \frac{\tau_{xy}}{G}, \text{ где } G = \frac{E}{2(1 + \mu)}$</p> <p>Б. $\sigma_x = \frac{E(\varepsilon_x + \mu \varepsilon_y)}{1 - \mu^2}, \sigma_y = \frac{E(\varepsilon_y + \mu \varepsilon_x)}{1 - \mu^2}, \tau_{xy} = \frac{1}{2} \frac{\gamma_{xy} E}{1 + \mu}$</p> <p>В. $\varepsilon_x = \frac{\partial}{\partial x} u, \varepsilon_y = \frac{\partial}{\partial y} v, \gamma_{xy} = \left(\frac{\partial}{\partial y} u \right) + \left(\frac{\partial}{\partial x} v \right)$</p> <p>Г. $\sigma_x = \frac{\partial^2 \varphi}{\partial y^2}, \sigma_y = \frac{\partial^2 \varphi}{\partial x^2}, \tau_{xy} = -\frac{\partial^2 \varphi}{\partial x \partial y}$</p>
8	<p>Функция напряжений задана формулой</p> $\varphi = -50 \cdot y^3$ <p>найти выражения для нормальных и касательных напряжений</p> <p>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. $\sigma_x = -300y, \sigma_y = 0, \tau_{xy} = 150y^2.$</p>
9	<p>Функция напряжений задана формулой</p> $\varphi = -50 \cdot y^3$ <p>найти выражения для линейных и угловых деформаций</p> <p>А. $\varepsilon_x = -\frac{300}{E}, \varepsilon_y = \frac{300\mu y}{E}, \gamma_{xy} = 0.$</p>

- 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

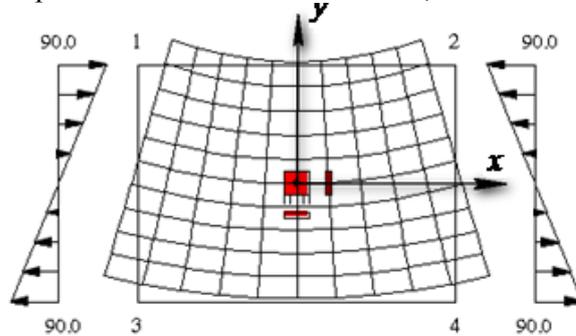


Рис. 1

- А. чистый сдвиг
- Б. чистый изгиб
- В. чистое растяжение
- Г. растяжение-сжатие

11

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

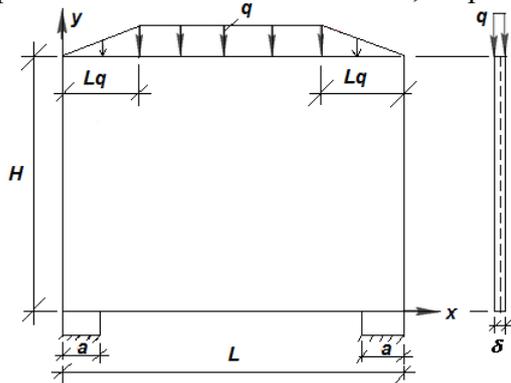


Рис. 2.а

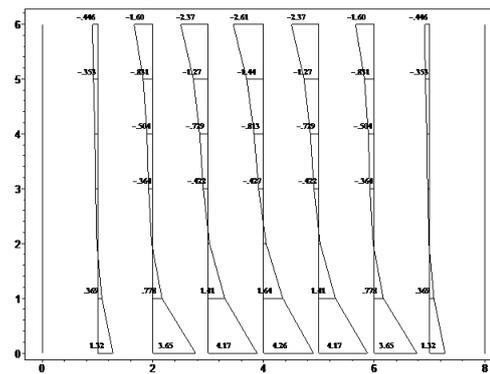


Рис. 2.б

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

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

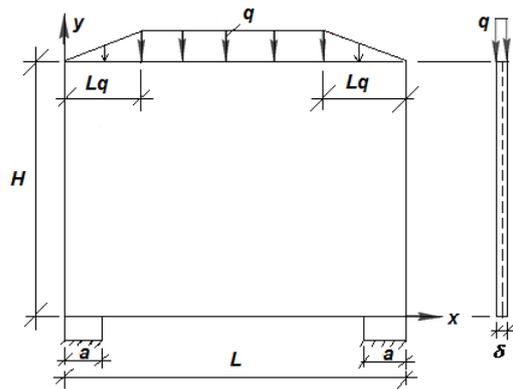


Рис. 3.а

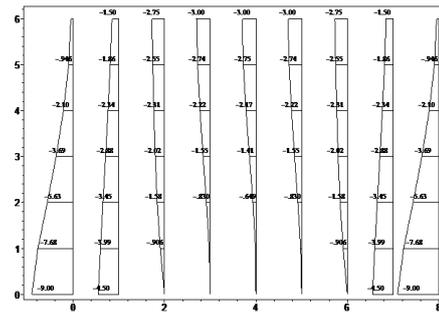


Рис. 3.б

12

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

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

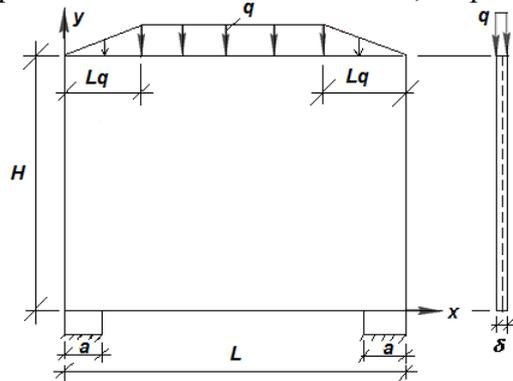


Рис. 4.а

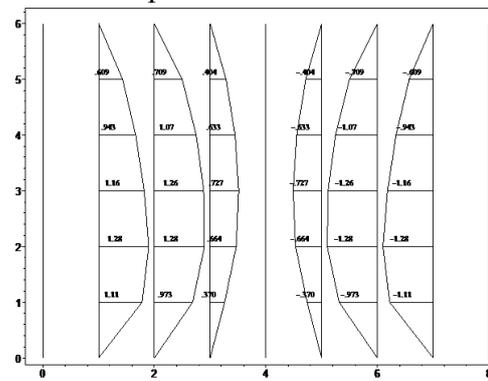


Рис.4.б

13

- 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.