

Документ подписан при помощи ЭЦП Ю.Н.Паничкин
Информация о владельце:
ФИО: Кузнецова Эмилия Васильевна
Должность: Исполнительный директор
Дата подписания: 10.12.2025 20:58:27
Уникальный программный ключ:
01e1761670ae109e92d8bb7d8f55ec82bb087d0

**ЧАСТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«РЕГИОНАЛЬНЫЙ ИНСТИТУТ БИЗНЕСА И УПРАВЛЕНИЯ»**

Рассмотрено и одобрено на заседании
Ученого совета Протокол № 8 от 17
апреля 2023 года, с изменениями и
дополнениями, одобренными протоколами
Ученого совета №23/24-02 от 26 января
2024 года, №25/6 от 21 апреля 2025 года,
№25/11 от 28 ноября 2025 года

УТВЕРЖЕНО

Проректор по учебно-воспитательной
работе и качеству образования

Ю.Н.Паничкин



«28» ноября 2025 года

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ
к рабочей программе дисциплины**

Сопротивление материалов

Направление подготовки: **23.03.01 Технология транспортных процессов**
Направленность подготовки
(профиль): **Организация перевозок и безопасность движения**
Уровень программы: **бакалавриат**
Форма обучения: **очная**

Для оценки сформированности компетенций:

ОПК-1 Способен применять естественнонаучные и общинженерные знания, методы математического анализа и моделирования в профессиональной деятельности

Индикатор: ОПК-1.1 Знает:

- теорию, методики и основные законы в области естественные наук;
- теорию, методики и основные законы в области общинженерных наук

Индикатор: ОПК-1.2 Умеет:

- использовать полученные теоретические знания при решении задач в технических приложениях профессиональной деятельности

Индикатор: ОПК-1.3 Владеет:

- навыкам применения естественнонаучных методик в реализации технологических процессов в профессиональной деятельности;

Закрытые задания на установление соответствия

Инструкция для выполнения задания: прочитайте текст и установите соответствие

Общепрофессиональная компетенция ОПК-1

Индикатор: ОПК-1.1

Время на ответ: 2 мин.

Задание 1: Установите соответствие между тип нагрузки и внутренний силовой фактор.

Тип нагрузки	Внутренний силовой фактор
А) Центральное растяжение-сжатие	1) Нормальная сила N
Б) Поперечный срез	2) Поперечная сила Q
В) Поперечный изгиб	3) Изгибающий момент M
Г) Кручение	4) Крутящий момент T

Запишите выбранные цифры под соответствующими буквами:

А	Б	В	Г

Индикатор: ОПК-1.2

Время на ответ: 4 мин.

Задание 2: Установите соответствие между характеристика и формула (b – ширина, h – высота).

Характеристика	Формула (b – ширина, h – высота)
А) Площадь A	1) $A = b \cdot h$
Б) Момент инерции I_x	2) $I_x = b \cdot h^3 / 12$
В) Момент сопротивления W_x	3) $W_x = b \cdot h^2 / 6$
Г) Радиус инерции i	4) $i = \sqrt{I/A}$

Запишите выбранные цифры под соответствующими буквами:

А	Б	В	Г

Индикатор: ОПК-1.2

Время на ответ: 4 мин.

Задание 3: Установите соответствие между свойство материала и метод определения.

Свойство материала	Метод определения
А) Модуль упругости Е	1) Наклон упругого участка диаграммы растяжения
Б) Предел текучести $\sigma_{0,2}$	2) Метод офсета 0,2 % на σ - ϵ диаграмме
В) Ударная вязкость КСУ	3) Испытание маятниковым копром
Г) Твёрдость НВ	4) Вдавливание стального шарика (метод Брюнелля)

Запишите выбранные цифры под соответствующими буквами:

А	Б	В	Г

Индикатор: ОПК-1.1

Время на ответ: 2 мин.

Задание 4: Установите соответствие между формула и процесс / величина.

- А) $\sigma = F/A$ 1) Нормальное напряжение при цент. растяжении
Б) $\tau = VQ/(I t)$ 2) Касательное напряжение в балке (формула Журавского)
В) $\theta = T L / (G J)$ 3) Угол закручивания вала
Г) $\delta = P L / (A E)$ 4) Удлинение стержня

Запишите выбранные цифры под соответствующими буквами:

А	Б	В	Г

Индикатор: ОПК-1.1

Время на ответ: 4 мин.

Задание 5: Установите соответствие между опора и неизвестные реакции.

А) Шарнирно-неподвижная	1) Вертикальная и горизонтальная силы (2)
Б) Шарнирно-подвижная (катковая)	2) Одна вертикальная сила (1)
В) Жёсткое защемление	3) Вертикальная, горизонтальная силы и момент (3)
Г) Пружинная опора	4) Вертикальная сила $k \cdot \delta$ (зависящая от прогиба)

Запишите выбранные цифры под соответствующими буквами:

А	Б	В	Г

Индикатор: ОПК-1.2

Время на ответ: 8 мин.

Задание 6: Установите соответствие между нагрузка на пролет балки и характер эпюры $m(x)$.

А) Равномерно распределённая нагрузка $q = \text{const}$	1) Квадратичная (параболическая) кривая
Б) Сосредоточенная сила Р в пролёте	2) Линейная (треугольная)

В) Сосредоточенный момент M_0 в точке	3) Скачок (постоянное значение по участкам)
Г) Участок без нагрузки	4) Горизонтальная прямая ($M=\text{const}$)

Запишите выбранные цифры под соответствующими буквами:

А	Б	В	Г

Индикатор: ОПК-1.1

Время на ответ: 4 мин.

Задание 7: Установите соответствие между закрепление концов стержня и коэффициент k ($I_e = k \cdot I$).

Закрепление концов стержня	Коэффициент k ($I_e = k \cdot I$)
А) Шарнир — шарнир	1) $k = 1$
Б) Защемление — свободный конец	2) $k = 2$
В) Защемление — шарнир	3) $k = \sqrt{2} \approx 1,414$
Г) Защемление — защемление	4) $k = 0,7$

Запишите выбранные цифры под соответствующими буквами:

А	Б	В	Г

Индикатор: ОПК-1.2

Время на ответ: 8 мин.

Задание 8: Установите соответствие между метод и принцип.

Метод	Принцип
А) Метод Мора	1) Работа взаимных моментов
Б) Метод сопряжённых сечений	2) Интегрирование углов поворота (θ)
В) Метод Кастильяно	3) Производная энергии по нагрузке
Г) Метод конечных элементов	4) Дискретизация и матрица жёсткости

Запишите выбранные цифры под соответствующими буквами:

А	Б	В	Г

Индикатор: ОПК-1.1

Время на ответ: 8 мин.

Задание 9 : Установите соответствие между критерий и формулировка.

Критерий	Формулировка
А) Максимальных нормальных напряжений (Ранкин)	1) $\sigma_{\text{max}} = \sigma_{\text{доп}}$
Б) Максимальных касательных	2) $\tau_{\text{max}} = \tau_{\text{доп}}$

напряжений (Треска)	
В) Энергии деформации (Мизеса)	3) $\sigma_{eq} = \sqrt{(\sigma_x^2 + \sigma_y^2 - \sigma_x \sigma_y + 3\tau_{xy}^2)} = \sigma_{доп}$
Г) Кулона-Мора (хрупкое тело)	4) $\sigma_{max}/\sigma_{раст} + \sigma_{min}/\sigma_{сж} \leq 1$

Запишите выбранные цифры под соответствующими буквами:

А	Б	В	Г

Индикатор: ОПК-1.1

Время на ответ: 4 мин.

Задание 10: Установите соответствие между уравнение и интерпретация.

Уравнение	Интерпретация
А) $dV/dx = -q(x)$	1) Связь распределённой нагрузки и поперечной силы
Б) $dM/dx = V(x)$	2) Связь поперечной силы и изгибающего момента
В) $EI d^2w/dx^2 = M(x)$	3) Прогиб w через момент
Г) $GJ d\theta/dx = T(x)$	4) Угол закручивания θ через крутящий момент

Запишите выбранные цифры под соответствующими буквами:

А	Б	В	Г

Индикатор: ОПК-1.2

Время на ответ: 2 мин.

Задание 11: Установите соответствие между участок диаграммы σ – ϵ и характеристика.

А) Линейный упругий	1) Прямая пропорциональность до предела пропорциональности
Б) Плато текучести	2) Константное σ при росте ϵ
В) Упрочнение	3) Рост σ после пластического течения
Г) Разрушение	4) Критическая точка разрыва

Запишите выбранные цифры под соответствующими буквами:

А	Б	В	Г

Индикатор: ОПК-1.1

Время на ответ: 2 мин.

Задание 12: Установите соответствие между коэффициент и проявление.

А) ν (Пуассон)	1) Поперечное сжатие при продольном растяжении
Б) α_T (линейное расширение)	2) Тепловое удлинение
В) G (модуль сдвига)	3) Угол сдвига γ
Г) E (модуль Юнга)	4) Продольное растяжение ϵ

Запишите выбранные цифры под соответствующими буквами:

А	Б	В	Г

Индикатор: ОПК-1.3

Время на ответ: 4 мин.

Задание 13: Установите соответствие между величина и определяющий параметр.

А) Критическая сила P_{cr}	1) Модуль упругости E и момент инерции I
Б) Гибкость μ	2) Отношение длины к радиусу инерции L/i
В) Коэффициент k (эффективная длина)	3) Условия закрепления концов
Г) Предел пропорциональности σ_p	4) Материал и термообработка

Запишите выбранные цифры под соответствующими буквами:

А	Б	В	Г

Индикатор: ОПК-1.2

Время на ответ: 4 мин.

Задание 14: Установите соответствие между соединением и основным механизмом отказа.

Соединение	Основной механизм отказа
А) Шпоночное	1) Срез шпонки
Б) Болтовое (с шайбой)	2) Смятие отверстия
В) Клеевое	3) Сдвиг в клеевом слое
Г) Шлицевое вал-ступица	4) Контактная усталость зубьев

Запишите выбранные цифры под соответствующими буквами:

А	Б	В	Г

Индикатор: ОПК-1.3

Время на ответ: 8 мин.

Задание 15: Установите соответствие между формулой энергии U и нагружением.

Формула энергии U	Нагружение
А) $U = \int N^2 / (2 E A) dx$	1) Центральное растяжение-сжатие
Б) $U = \int M^2 / (2 E I) dx$	2) Поперечный изгиб
В) $U = \int T^2 / (2 G J) dx$	3) Кручение
Г) $U = \int V^2 / (2 G A_s) dx$	4) Поперечный срез

Запишите выбранные цифры под соответствующими буквами:

А	Б	В	Г

Индикатор: ОПК-1.2

Время на ответ: 8 мин.

Задание 16: Установите соответствие между метод и что вычисляется первым.

Метод	Что вычисляется первым
А) Сопряжённых сечений	1) Угол поворота сечений θ
Б) Двойного интегрирования	2) Поперечный прогиб w
В) Единичной силы (работ)	3) Внутренняя работа $\int M M^*/EI dx$
Г) Метод конечных элементов	4) Матрица жёсткости K

Запишите выбранные цифры под соответствующими буквами:

А	Б	В	Г

Ключи к заданиям

Номер вопроса	Правильный вариант ответа
1	А→1 Б→2 В→3 Г→4
2	А→1 Б→2 В→3 Г→4
3	А→1 Б→2 В→3 Г→4
4	А→1 Б→2 В→3 Г→4
5	А→1 Б→2 В→3 Г→4
6	А→1 Б→2 В→3 Г→4
7	А→1 Б→2 В→3 Г→4
8	А→1 Б→2 В→3 Г→4
9	А→1 Б→2 В→3 Г→4
10	А→1 Б→2 В→3 Г→4
11	А→1 Б→2 В→3 Г→4
12	А→1 Б→2 В→3 Г→4
13	А→1 Б→2 В→3 Г→4
14	А→1 Б→2 В→3 Г→4
15	А→1 Б→2 В→3 Г→4
16	А→1 Б→2 В→3 Г→4

Закрытые задания на установление последовательности

Инструкция для выполнения задания: прочитайте текст и установите последовательность

Общепрофессиональная компетенция ОПК-1

Индикатор: ОПК-1.1

Время на ответ: 4 мин.

Задание 1: Установите порядок действий при применении метода сечений к прямому призматическому стержню, нагруженному осевыми силами.

Варианты ответа:

- А) Построить схему внешних нагрузок
- Б) Выполнить сечение стержня произвольной плоскостью
- В) Составить уравнения равновесия для одной из частей
- Г) Определить распределение нормальной силы $N(x)$

Запишите соответствующую последовательность цифр слева направо:

--	--	--	--

Индикатор: ОПК-1.2

Время на ответ: 2 мин.

Задание 2: Установите правильную последовательность расчёта абсолютного удлинения δl стержня постоянного сечения под действием силы F .

Варианты ответа:

- А) Определить нормальное напряжение $\sigma = F/A$
- Б) Вычислить относительное удлинение $\varepsilon = \sigma/E$
- В) Задать исходную длину l_0 стержня
- Г) Получить абсолютное удлинение $\delta l = \varepsilon \cdot l_0$

Запишите соответствующую последовательность цифр слева направо:

--	--	--	--

Индикатор: ОПК-1.2

Время на ответ: 4 мин.

Задание 3: Определите порядок вычисления допускаемой силы на заклёпку, работающую на двойной срез при известной допускаемой напряжённости τ_r .

Варианты ответа:

- А) Определить площадь одного среза $A = \pi d^2/4$
- Б) Рассчитать допускаемую силу $F = 2 \cdot \tau_r \cdot A$
- В) Установить диаметр заклёпки d
- Г) Учесть, что число срезов $n = 2$

Запишите соответствующую последовательность цифр слева направо:

--	--	--	--

Индикатор: ОПК-1.1

Время на ответ: 4 мин.

Задание 4: Расставьте этапы получения диаграммы " σ – ϵ " при статическом испытании образца на растяжение.

Варианты ответа:

А) Измерить нагрузку и соответствующее удлинение образца

Б) Преобразовать результаты в напряжения и деформации

В) Построить график σ – ϵ

Г) Установить исходные геометрические параметры образца (A , l_0)

Запишите соответствующую последовательность цифр слева направо:

--	--	--	--

Индикатор: ОПК-1.2

Время на ответ: 8 мин.

Задание 5: Установите последовательность расчёта осевого момента инерции I_x сложного составного сечения методом разложения на простые фигуры.

Варианты ответа:

А) Разбить сечение на простые элементы и задать их площади A_i

Б) Найти координату центра тяжести всего сечения \bar{x}

В) Для каждого элемента вычислить собственный момент инерции I_{x_i} относительно его центральной оси

Г) Применить теорему Гюйгенса–Штейнера для переноса к общей оси: $I_x = \sum(I_{x_i} + A_i \cdot d_i^2)$

Запишите соответствующую последовательность цифр слева направо:

--	--	--	--

Индикатор: ОПК-1.3

Время на ответ: 8 мин.

Задание 6: Установите последовательность построения эпюры изгибающего момента $M(x)$ методом Маколая для консольной балки с сосредоточенной силой в свободном конце.

Варианты ответа:

А) Записать уравнение поперечной силы $V(x)$ через оператор $\langle x \rangle_a$

Б) Сформулировать дифференциальное равенство $dM/dx = V(x)$

В) Интегрировать $V(x)$ для получения $M(x)$

Г) Определить выражение $V(x)$ с учётом условий нагружения

Запишите соответствующую последовательность цифр слева направо:

--	--	--	--

Индикатор: ОПК-1.2

Время на ответ: 4 мин.

Задание 7 Определите последовательность расчёта угла закручивания φ вала длиной L под крутящим моментом T .

Варианты ответа:

А) Найти полярный момент сопротивления $J = \pi d^4/32$

Б) Определить модуль сдвига G

В) Использовать формулу $\theta = TL/(GJ)$

Г) Измерить диаметр вала d и длину L

Запишите соответствующую последовательность цифр слева направо:

--	--	--	--

Индикатор: ОПК-1.3

Время на ответ: 4 мин.

Задание 8: Расставьте этапы проверки элемента на прочность по максимальному нормальному напряжению.

Варианты ответа:

А) Определить максимальное действующее напряжение σ_{\max}

Б) Найти допускаемое напряжение σ_d с учётом коэффициента запаса n

В) Сравнить σ_{\max} и σ_d

Г) Сделать вывод о достаточности прочности

Запишите соответствующую последовательность цифр слева направо:

--	--	--	--

Индикатор: ОПК-1.1

Время на ответ: 8 мин.

Задание 9: Установите порядок нахождения главных нормальных напряжений σ_1, σ_2 в плоском напряжённом состоянии.

Варианты ответа:

А) Определить компоненты $\sigma_x, \sigma_y, \tau_{xy}$

Б) Сформировать характеристическое уравнение $|\sigma - \lambda| = 0$

В) Решить квадратное уравнение для собственных значений λ

Г) Получить главные напряжения σ_1, σ_2 и построить круг Мора

Запишите соответствующую последовательность цифр слева направо:

--	--	--	--

Индикатор: ОПК-1.2

Время на ответ: 8 мин.

Задание 10: Расставьте последовательность оценки напряжений в круглой колонне, находящейся под осевой силой N и изгибающим моментом M .

Варианты ответа:

А) Определить нормальное напряжение от осевой силы $\sigma_N = N/A$

Б) Определить нормальное напряжение от изгиба $\sigma_M = M \cdot y/I$

В) Наложить суперпозицию: $\sigma = \sigma_N \pm \sigma_M$

Г) Найти экстремальные точки на сечении ($y = \pm R$)

Запишите соответствующую последовательность цифр слева направо:

--	--	--	--

Индикатор: ОПК-1.3

Время на ответ: 8 мин.

Задание 11: Определите порядок вычисления максимальных касательных напряжений при совместном действии изгибающего момента M и крутящего момента T в тонкостенной двутавровой балке.

Варианты ответа:

А) Найти касательные напряжения от кручения $\tau_T = T \cdot t/J_t$

Б) Определить касательные напряжения от изгиба по формулам Журавского $\tau_M = V \cdot Q/(I \cdot t)$

В) Сложить напряжения векториально для критической точки

Г) Определить толщину стенки t и необходимые геометрические характеристики J_t, I, Q

Запишите соответствующую последовательность цифр слева направо:

--	--	--	--

Индикатор: ОПК-1.1

Время на ответ: 8 мин.

Задание 12: Установите порядок перехода от компонентов напряжений к компонентам деформаций в трёхмерном случае.

Варианты ответа:

- А) Определить компоненты напряжений $\sigma_x, \sigma_y, \sigma_z, \tau_{xy}, \tau_{yz}, \tau_{xz}$
- Б) Воспользоваться матричной формой обобщённого закона Гука $\varepsilon = S \cdot \sigma$
- В) Записать матрицу обратнoупругих коэффициентов $S(E, \nu)$
- Г) Получить шесть компонент деформации $\varepsilon_x, \varepsilon_y, \varepsilon_z, \gamma_{xy}, \gamma_{yz}, \gamma_{xz}$

Запишите соответствующую последовательность цифр слева направо:

--	--	--	--

Индикатор: ОПК-1.2

Время на ответ: 8 мин.

Задание 13: Расставьте этапы вычисления прогиба w свободного конца консольной балки методом Мора при нагрузке сосредоточенной силой P .

Варианты ответа:

- А) Определить эпюру изгибающего момента $M(x)$ при действительной силе P
- Б) Ввести единичную силу $P^*=1$ на месте интересующей точки
- В) Определить эпюру момента $M^*(x)$ от единичной нагрузки
- Г) Вычислить интеграл $\delta = \int_0^L M(x) \cdot M^*(x) / (E \cdot I) dx$

Запишите соответствующую последовательность цифр слева направо:

--	--	--	--

Индикатор: ОПК-1.3

Время на ответ: 4 мин.

Задание 14: Определите последовательность построения эпюры нормальных напряжений при внецентренном сжатии по одной координате.

Варианты ответа:

- А) Определить эксцентриситет $e = M/N$
- Б) Найти напряжение $\sigma_N = N/A$
- В) Определить напряжение изгиба $\sigma_M = M \cdot y/I$
- Г) Построить результирующее распределение $\sigma = \sigma_N \pm \sigma_M$

Запишите соответствующую последовательность цифр слева направо:

--	--	--	--

Индикатор: ОПК-1.2

Время на ответ: 8 мин.

Задание 15: Установите последовательность решения балки с одной лишней связью методом сил.

Варианты ответа:

А) Выбрать лишнюю реакцию X_1 и освободить связь

Б) Составить уравнение совместимости $\sum \Delta_i X_i + \Delta_0 = 0$

В) Определить перемещение Δ_0 от действительных нагрузок

Г) Определить коэффициент влияния Δ_1 от единичной силы в месте связи

Запишите соответствующую последовательность цифр слева направо:

--	--	--	--

Индикатор: ОПК-1.1

Время на ответ: 4 мин.

Задание 16: Установите порядок определения критической силы потери устойчивости прямого стержня длиной L при шарнирном закреплении концов.

Варианты ответа:

А) Определить гибкость $\mu = L/i$, где $i = \sqrt{I/A}$

Б) Записать формулу критической силы $P_{cr} = \pi^2 EI/L^2$

В) Выбрать соответствующую форму потери устойчивости ($n=1$)

Г) Вычислить геометрические характеристики A и I

Запишите соответствующую последовательность цифр слева направо:

--	--	--	--

Ключи к заданиям

Номер вопроса	Правильный вариант ответа
1	А → Б → В → Г
2	В → А → Б → Г
3	В → А → Г → Б
4	Г → А → Б → В
5	А → Б → В → Г
6	Г → А → Б → В
7	Г → А → Б → В
8	А → Б → В → Г
9	А → Б → В → Г
10	А → Б → В → Г
11	Г → А → Б → В
12	А → В → Б → Г

13	$A \rightarrow B \rightarrow V \rightarrow \Gamma$
14	$B \rightarrow A \rightarrow V \rightarrow \Gamma$
15	$A \rightarrow \Gamma \rightarrow V \rightarrow B$
16	$\Gamma \rightarrow A \rightarrow V \rightarrow B$

Открытые задания с развернутым ответом

Инструкция для выполнения задания: прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ

Общепрофессиональная компетенция ОПК-1

Индикатор: ОПК-1.1

Время на ответ: 2 мин.

Задание 1: Запишите формулу для нормального напряжения σ в сечении стержня под действием продольной силы N .

Поле для ответа:

Индикатор: ОПК-1.1

Время на ответ: 2 мин.

Задание 2: Как определяется модуль упругости (модуль Юнга) E для изотропного материала в испытании на растяжение?

Поле для ответа:

Индикатор: ОПК-1.1

Время на ответ: 2 мин.

Задание 3: В чём принципиальная разница между нормальными и касательными напряжениями?

Поле для ответа:

Индикатор: ОПК-1.1

Время на ответ: 2 мин.

Задание 4: Перечислите три основных вида упругих деформаций твёрдого тела.

Поле для ответа:

Индикатор: ОПК-1.2

Время на ответ: 4 мин.

Задание 5: Почему максимальные нормальные напряжения при изгибе возникают на крайних волокнах сечения?

Поле для ответа:

Индикатор: ОПК-1.1

Время на ответ: 4 мин.

Задание 6: Во сколько раз изменится критическая сила Эйлера P_{cr} , если длину шарнирно шарнирной стойки удвоить?

Поле для ответа:

Индикатор: ОПК-1.3

Время на ответ: 8 мин.

Задание 7: Какой из критериев прочности — Треска или Мизеса — даёт более консервативный результат для пластичных металлов и почему?

Поле для ответа:

Индикатор: ОПК-1.2

Время на ответ: 4 мин.

Задание 8: Что эффективнее для уменьшения прогиба однопролётной балки: удвоить модуль Юнга материала или удвоить высоту сечения?

Поле для ответа:

Индикатор: ОПК-1.2

Время на ответ: 4 мин.

Задание 9: Назовите метод определения условного предела текучести $\sigma_{0,2}$ на диаграмме растяжения металла.

Поле для ответа:

Индикатор: ОПК-1.2

Время на ответ: 2 мин.

Задание 10: Запишите формулу для угла закручивания θ сплошного круглого вала длиной L под действием крутящего момента T .

Поле для ответа:

Индикатор: ОПК-1.1

Время на ответ: 2 мин.

Задание 11: Назовите три основные геометрические характеристики, используемые при расчёте изгиба элементов.

Поле для ответа:

Индикатор: ОПК-1.1

Время на ответ: 4 мин.

Задание 12: Почему для изотропных материалов модуль сдвига G всегда меньше модуля Юнга E ?

Поле для ответа:

Индикатор: ОПК-1.3

Время на ответ: 4 мин.

Задание 13: Что происходит с распределением напряжений в прямоугольном сечении, если линия действия нагрузки проходит внутри его ядра?

Поле для ответа:

Индикатор: ОПК-1.2

Время на ответ: 8 мин.

Задание 14: Запишите выражение интеграла Мора, применяемого для расчёта перемещения точки балки.

Поле для ответа:

Индикатор: ОПК-1.3

Время на ответ: 8 мин.

Задание 15: Какое безразмерное отношение частот определяет коэффициент динамичности при гармоническом возбуждении?

Поле для ответа:

Индикатор: ОПК-1.1

Время на ответ: 2 мин.

Задание 16: Назовите два основных типа идеализированных опор, используемых при StatbalNat расчетах балок.

Поле для ответа:

Ключи к заданиям

Номер вопроса	Ответ (развернутое обоснование)
1	Нормальное напряжение характеризует интенсивность распределения внутренней осевой силы по площади поперечного сечения. Деление N на A позволяет перейти от суммарного усилия к удельной величине, сравнимой с сопротивлением материала.
2	На линейном участке диаграммы « σ – ε » выполняется закон Гука. Отношение приращения напряжения к приращению деформации постоянно и равно модулю Юнга.
3	Компоненты тензора напряжений разделяют по направлению: σ — перпендикулярные, τ — параллельные площади. От ориентации зависит деформационный ответ: нормальная сила меняет длину, касательная — форму (сдвиг).
4	Продольная сопровождается изменением длины, сдвиговая — изменением углов между сторонами, объёмная — одновременным изменением всех размеров без сдвига.
5	Нейтральная ось проходит через центр тяжести; при удалении от неё линейно возрастает деформация, а следовательно и напряжение. Краевые волокна имеют наибольший модуль y и, соответственно, максимальные растягивающие и сжимающие σ .
6	Формула $P_{cr} = \pi^2 EI / L^2$ показывает квадратичную зависимость от длины. $L_2 = 2L_1 \Rightarrow P_2/P_1 = (L_1/L_2)^2 = 1/4$.
7	Эквивалентное напряжение по Треска равняется максимальному касательному τ_{max} , что на 15 % выше значения σ_{eq} по Мизесу для трёхосного растяжения, поэтому он обеспечивает больший запас прочности.
8	Прогиб $w_{max} \approx 5 q L^4 / (384 EI)$; при удвоении h момент инерции возрастает в 8 раз, что сокращает прогиб более значительно, чем пропорциональное увеличение E .
9	Пересечение этой линии с кривой σ – ε даёт $\sigma_{0,2}$ — напряжение, вызывающее остаточную деформацию 0,2 %. Метод стандартизован ГОСТ и ISO.
10	Вывод основывается на равномерном распределении касательных напряжений и линейной связи $\gamma = \tau/G$. Интегрируя $\gamma = r d\theta/dx$ по длине, получают указанную формулу.

11	А используют для расчёта среднего напряжения σ_N , I — для изгибающей жёсткости и напряжений, $W = I / y_{\max}$ — для проверки прочности.
12	Формула связи вытекает из обобщённого закона Гука. Для большинства материалов $\nu \approx 0,25-0,35$, что даёт $G \approx 0,37-0,4 E$.
13	При нахождении нагрузки внутри ядра минимальное напряжение на растянутой стороне становится нулевым. Возникает однородное сжатие без трещинообразования.
14	$M(x)$ — момент от действительных нагрузок, $M^*(x)$ — момент от единичной силы/момента, приложенной в точке интереса. Интеграл берут по всей длине.
15	При совпадении $\omega = \omega_n$ происходит резонанс, динамический коэффициент становится максимальным и равен Q (добротности системы).
16	Шарнирная (неподвижная/подвижная) передаёт силы, но не момент; защемление передаёт силы и момент, фиксируя угол поворота.

Закрытые задания с выбором одного правильного ответа и обоснованием выбора

Инструкция для выполнения задания: прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа

Общепрофессиональная компетенция ОПК-1

Индикатор: ОПК-1.1

Время на ответ: 2 мин.

Задание 1: Как называется физическая величина, равная внутренней силе, делённой на площадь рассматриваемого сечения?

Варианты ответа:

А) Деформация

Б) Напряжение

В) Жёсткость

Г) Прогиб

Ответ:

Обоснование:

Индикатор: ОПК-1.1

Время на ответ: 2 мин.

Задание 2: Относительной продольной деформацией ϵ однородного стержня называют отношение

Варианты ответа:

А) σ/E

Б) $\Delta l/l_0$

В) $F L / (E A)$

Г) $T L / (G J)$

Ответ:

Обоснование:

Индикатор: ОПК-1.2

Время на ответ: 2 мин.

Задание 3: Какой символ обычно используют для обозначения модуля упругости при сдвиге?

Варианты ответа:

А) E

Б) G

В) K

Г) ν

Ответ:

Обоснование:

Индикатор: ОПК-1.2

Время на ответ: 4 мин.

Задание 4: Какой из перечисленных показателей определяют по испытанию на ударный изгиб маятниковым копром?

Варианты ответа:

А) Предел текучести

Б) Ударная вязкость

В) Модуль упругости

Г) Твёрдость

Ответ:

Обоснование:

Индикатор: ОПК-1.2

Время на ответ: 5 мин.

Задание 5: Момент инерции прямоугольника высотой h и шириной b относительно горизонтальной оси, проходящей через центр тяжести, равен

Варианты ответа:

А) $I = b h^3 / 12$

Б) $I = b h^3 / 3$

В) $I = b^3 h / 12$

Г) $I = b h^3 / 6$

Ответ:

Обоснование:

Индикатор: ОПК-1.1

Время на ответ: 4 мин.

Задание 6: При чистом изгибе (отсутствие поперечной силы) осевая линия балки деформируется в

Варианты ответа:

А) прямую

Б) дугу окружности

В) параболу

Г) эллипс

Ответ:

Обоснование:

Индикатор: ОПК-1.2

Время на ответ: 2 мин.

Задание 7: Касательные напряжения в сплошном круглом валу при чистом кручении распределяются

Варианты ответа:

А) равномерно по радиусу

Б) линейно: от нуля в центре до максимума на поверхности

В) максимум в центре, минимум у поверхности

Г) по параболическому закону

Ответ:

Обоснование:

Индикатор: ОПК-1.1

Время на ответ: 4 мин.

Задание 8: Для плоского напряжённого состояния (ПНС) принимают нулевыми следующие компоненты напряжений:

Варианты ответа:

А) σ_z , τ_{xz} , τ_{yz}

Б) σ_x , σ_y , τ_{xy}

В) σ_z только

Г) Все касательные напряжения

Ответ:

Обоснование:

Индикатор: ОПК-1.2

Время на ответ: 8 мин.

Задание 9: Условие, при котором в круглом сечении под действием сочетания осевой силы N и момента M все волокна остаются только в растяжении, выражается неравенством

Варианты ответа:

А) $N/A = 0$

Б) $N/A \geq M/W$

В) $N/A \leq -M/W$

Г) любое положительное N и M

Ответ:

Обоснование:

Индикатор: ОПК-1.1

Время на ответ: 5 мин.

Задание 10 Сколько независимых упругих констант необходимо для полного описания поведения изотропного упругого материала?

Варианты ответа:

А) одной

Б) двух

В) трёх

Г) четырёх

Ответ:

Обоснование:

Индикатор: ОПК-1.1

Время на ответ: 8 мин.

Задание 11 Какой критерий чаще всего используют для расчёта пластичных металлических конструкций при пространственном напряжённом состоянии?

Варианты ответа:

А) Максимальных нормальных напряжений (Ранкин)

Б) Максимальных касательных напряжений (Треска)

В) Энергии деформации (Мизеса)

Г) Кулона Мора

Ответ:

Обоснование:

Индикатор: ОПК-1.2

Время на ответ: 5 мин.

Задание 12: В формуле Мора для вычисления прогиба используется произведение

Варианты ответа:

А) поперечной силы и перемещения

Б) сосредоточенной силы и прогиба

В) изгибающего момента действительного и от единичной нагрузки

Г) нормальных напряжений и деформаций

Ответ:

Обоснование:

Индикатор: ОПК-1.3

Время на ответ: 4 мин.

Задание 13: Если линия действия осевой силы выходит за пределы ядра сечения, в элементе возникает

Варианты ответа:

А) чистое сжатие

Б) чистое растяжение

В) растяжение и сжатие одновременно

Г) нулевые напряжения

Ответ:

Обоснование:

Индикатор: ОПК-1.2

Время на ответ: 8 мин.

Задание 14: Метод сил (компенсации реакций) базируется главным образом на

Варианты ответа:

А) принципе виртуальных работ

Б) уравнениях совместимости деформаций

В) принципе минимальной потенциальной энергии

Г) методе перемещений

Ответ:

Обоснование:

Индикатор: ОПК-1.1

Время на ответ: 4 мин.

Задание 15: Критическая сила Эйлера обратно пропорциональна

Варианты ответа:

А) квадрату модуля упругости

Б) длине L

В) жёсткости изгиба EI

Г) квадрату длины L^2

Ответ:

Обоснование:**Индикатор:** ОПК-1.3**Время на ответ:** 8 мин.

Задание 16: Отношение максимального динамического отклика системы к соответствующему статическому значению при мгновенном приложении нагрузки называют

Варианты ответа:

А) коэффициентом запаса

Б) коэффициентом динамичности

В) коэффициентом гибкости

Г) коэффициентом прочности

Ответ:**Обоснование****Ключи к заданиям**

Номер вопроса	Ответ	Ответ (развернутое обоснование)
1	Б	Внутренняя сила распределяется по площади сечения, образуя интенсивную величину — нормальное или касательное напряжение, обозначаемое σ или τ .
2	Б	Определение $\epsilon = \Delta l / l_0$ исходит из сравнения изменения длины к исходной длине и используется как безразмерная мера деформации.
3	Б	G связывает касательное напряжение и относительный сдвиг: $\tau = G \gamma$.
4	Б	В испытании определяется работа разрушения надрезанного образца, которая нормируется на сечение и называется ударной вязкостью KCU.
5	А	Интегрирование по высоте прямоугольника даёт $I_x = b h^3 / 12$.
6	Б	Уравнение деформированной оси при чистом изгибе: $1/\rho = M / (E I) = \text{const}$, а постоянная кривизна соответствует дуге окружности.
7	Б	Формула $\tau(r) = T r / J$ показывает, что $\tau = 0$ при $r = 0$ и достигает τ_{\max} на поверхности ($r = R$).
8	А	В ПНС рассматривают тонкий слой, в котором по нормали z отсутствуют нормальные и касательные напряжения, тогда как σ_x , σ_y и τ_{xy} могут быть ненулевыми.
9	Б	Компоненты напряжений суммируются: $\sigma = N/A \pm M/W$. Для отсутствия сжатия минимальное σ должно быть ≥ 0 , что приводит к условию $N/A \geq M/W$.

10	Б	Матрица упругости для изотропии содержит только два независимых коэффициента, остальные выражаются через них.
11	В	Он основывается на энергетическом подходе и даёт эквивалентное напряжение σ_{eq} , сравниваемое с пределом текучести.
12	В	Метод основан на работе взаимных моментов: $\delta = \int M M^* / (E I) dx$.
13	В	$\Sigma = N/A \pm M/W$; смена знака в пределах сечения означает одновременное присутствие растягивающих и сжимающих напряжений.
14	Б	Выражая лишние реакции через совместимость деформаций, составляют уравнения $X_1 \Delta_1 + \dots + \Delta_0 = 0$.
15	Г	При удвоении длины стойки её устойчивость падает в четыре раза.
16	Б	Для упругого стержня при мгновенном приложении нагрузки коэффициент равен 2.

Закрытые задания с выбором нескольких вариантов ответа и развернутым обоснованием выбора

Инструкция для выполнения задания: прочитайте текст, выберите все правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов

Общепрофессиональная компетенция ОПК-1

Индикатор: ОПК-1.1

Время на ответ: 4 мин.

Задание 1: Выберите все верные утверждения о напряжённо-деформированном состоянии сплошного круглого вала при чистом кручении.

☒ Выберите все верные ответы:

1. Нормальные напряжения σ_r и σ_θ равны нулю
2. Касательные напряжения τ увеличиваются линейно с радиусом
3. Максимальные касательные напряжения возникают на оси вала
4. Угол закручивания пропорционален приложенному крутящему моменту
5. Полярный момент инерции сплошного круга $J = \pi d^4 / 32$

Ответ:

Обоснование:

Индикатор: ОПК-1.1

Время на ответ: 2 мин.

Задание 2: Какие из перечисленных компонент тензора напряжений равны нулю в условиях плоского напряжённого состояния?

☒ Выберите все верные ответы:

1. σ_x
2. σ_y
3. σ_z
4. τ_{xz}
5. τ_{yz}

Ответ:

Обоснование:

Индикатор: ОПК-1.2

Время на ответ: 4 мин.

Задание 3: Для участка балки, работающего в режиме чистого изгиба, выберите верные утверждения.

☒ Выберите все верные ответы:

1. Поперечная сила $V = 0$
2. Изгибающий момент M постоянен по длине участка
3. Кривизна оси балки постоянна
4. Касательные напряжения τ в сечении равны нулю
5. Нормальное напряжение распределяется по параболическому закону

Ответ:

Обоснование:

Индикатор: ОПК-1.1

Время на ответ: 4 мин.

Задание 4: Какие утверждения относятся к допущениям Бернулли Коши о плоских сечениях при изгибе?

☒ Выберите все верные ответы:

1. Поперечные сечения остаются плоскими после деформации
2. Поперечные сечения сохраняют перпендикулярность продольной оси балки
3. Нормальные напряжения равны нулю
4. Материал однороден и изотропен
5. Поперечными деформациями пренебрегают

Ответ:

Обоснование:

Индикатор: ОПК-1.1

Время на ответ: 4 мин.

Задание 5: Выберите корректные соотношения между упругими константами изотропного материала.

☒ Выберите все верные ответы:

1. $G = E / [2(1+\nu)]$
2. $K = E / [3(1-2\nu)]$
3. $E = 2G(1+\nu)$
4. $\nu = (E - 2G)/(2G)$
5. $G = K (1 - 2\nu)$

Ответ:

Обоснование:

Индикатор: ОПК-1.2

Время на ответ: 4 мин.

Задание 6: Какие выражения корректно задают удельную упругую энергию деформации?

☒ Выберите все верные ответы:

1. $u = \sigma \varepsilon / 2$
2. $u = \sigma^2 / (2E)$
3. $u = \tau \gamma / 2$
4. $u = \tau^2 / (2G)$
5. $u = (\sigma_x^2 + \sigma_y^2 - \sigma_x \sigma_y + 3 \tau_{xy}^2) / (2E)$

Ответ:

Обоснование:

Индикатор: ОПК-1.2

Время на ответ: 8 мин.

Задание 7: Какие из перечисленных систем являются статически неопределимыми?

☒ Выберите все верные ответы:

1. Консольная балка с защемлением и сосредоточенной силой
2. Шарнирно-шарнирная балка с промежуточной опорой-катком
3. Треугольная шарнирная рама из трёх стержней
4. Балка, защемлённая на обоих концах, без промежуточных опор
5. Балка на шарнире и катке

Ответ:

Обоснование:

Индикатор: ОПК-1.1

Время на ответ: 4 мин.

Задание 8: Для расчёта хрупких материалов наиболее подходят следующие критерии. Выберите верные.

☒ Выберите все верные ответы:

1. Критерий максимальных нормальных напряжений (Ранкина)
2. Критерий максимум касательных напряжений (Треска)
3. Критерий Мизеса
4. Критерий Кулона-Мора
5. Закон Гука

Ответ:

Обоснование:

Индикатор: ОПК-1.1

Время на ответ: 4 мин.

Задание 9: Какие факторы увеличивают критическую силу потери устойчивости прямого стержня?

☒ Выберите все верные ответы:

1. Увеличение модуля упругости E
2. Увеличение эффективной длины L_e
3. Увеличение момента инерции I
4. Переход от шарниров к защемлениям
5. Уменьшение радиуса инерции i

Ответ:

Обоснование:

Индикатор: ОПК-1.3

Время на ответ: 5 мин.

Задание 10: Какие действия относятся к основным этапам линейного МКЭ анализа стержневой конструкции?

☒ Выберите все верные ответы:

1. Дискретизация конструкции на конечные элементы
2. Формирование глобальной матрицы жёсткости
3. Учёт граничных условий и нагрузок
4. Решение системы линейных уравнений $Ku = F$
5. Деление элементов на слои по толщине

Ответ:

Обоснование:

Индикатор: ОПК-1.2

Время на ответ: 4 мин.

Задание 11: Какими методами можно определить максимальные касательные напряжения в прямоугольной балке?

☒ Выберите все верные ответы:

1. Использование формулы Журавского $\tau = VQ/(I t)$
2. Теория плоских сечений Бернулли
3. Численный расчёт МКЭ
4. Экспериментальная фотоупругость
5. Формула $\tau = V / A$

Ответ:

Обоснование:

Индикатор: ОПК-1.3

Время на ответ: 7 мин.

Задание 12: При расчёте балки на гармоническое нагружение необходимо учитывать следующие параметры.

☒ Выберите все верные ответы:

1. Собственная частота конструкции
2. Коэффициент внутреннего демпфирования
3. Амплитуда внешней силы
4. Температурный градиент
5. Масса конструкции

Ответ:

Обоснование:

Индикатор: ОПК-1.2

Время на ответ: 5 мин.

Задание 13: Какие меры увеличат осевую жёсткость болтового соединения?

☒ Выберите все верные ответы:

1. Увеличение предварительной затяжки
2. Использование прокладки из мягкого материала
3. Увеличение диаметра болта
4. Применение высокопрочной шайбы
5. Уменьшение длины болта

Ответ:

Обоснование:

Индикатор: ОПК-1.2

Время на ответ: 8 мин.

Задание 14: Согласно второму методу Кастильяно, производная упругой энергии U по внешнему моменту M_i равна

☒ Выберите все верные ответы:

1. Углу поворота сечения относительно оси момента
2. Прогибу сечения в направлении силы
3. Внутреннему изгибающему моменту в другом сечении
4. Кинетической энергии системы
5. Работе внутренних сил

Ответ:

Обоснование:

Индикатор: ОПК-1.1

Время на ответ: 3 мин.

Задание 15: Для построения круга Мора плоского напряжённого состояния необходимы следующие величины.

☒ Выберите все верные ответы:

1. σ_x
2. σ_y
3. τ_{xy}
4. σ_z
5. Модуль упругости E

Ответ:

Обоснование:

Индикатор: ОПК-1.3

Время на ответ: 7 мин.

Задание 16: Какие параметры снимают при длительных испытаниях на ползучесть?

☒ Выберите все верные ответы:

1. Длительную деформацию $\varepsilon(t)$
2. Модуль Юнга при 20 °C
3. Время до разрушения t_r при установленной нагрузке
4. Скорость деформации на стадии вторичной ползучести $\dot{\varepsilon}_{II}$
5. Твёрдость HB после испытания

Ответ:

Обоснование:

Ключи к заданиям

Номер вопроса	Ответ	Ответ (развернутое обоснование)
1	1, 2, 4, 5	В теории кручения нормальные напряжения отсутствуют, поскольку линии радиусов не удлиняются. Касательные напряжения определяются $\tau(r) = T r / J$ — линейная зависимость. Угол закручивания $\theta = T L / (G J)$, следовательно пропорционален моменту. $J = \pi d^4 / 32$ — базовая геометрическая характеристика круга. Максимум τ наблюдается на периферии, а не на оси, потому утверждение 3 неверно.
2	3, 4, 5	Плоское напряжённое состояние рассматривает тонкий элемент, у которого по нормали z любые напряжения пренебрежимо малы. В плоскости x - y могут действовать $\sigma_x, \sigma_y, \tau_{xy}$, но компоненты с индексом z равны нулю.
3	1, 2, 3, 4	При $V=0$ уравнение $dM/dx=V$ даёт $M=\text{const}$. Кривизна $\kappa = M/(E I)$ также становится постоянной, что образует дугу окружности. Так как $V=0$, по формуле Журавского $\tau = VQ/(I t) = 0$, следовательно касательные напряжения исчезают. Нормальные напряжения распределены линейно (не параболически), поэтому пятый пункт неверен.
4	1, 2, 4, 5	Главная гипотеза: сечение \neq деформируется, остаётся плоским (1) и нормальным (2). Материал должен вести себя упруго и одинаково во всех направлениях (4). Поперечный сдвиг малы и не влияет на нормальные напряжения (5). Нормальные напряжения не равны нулю, они как раз определяются $\sigma = M y / I$.
5	1, 2, 3, 4	Для изотропных тел существует только две независимых константы; остальные выражаются как 1–4. Пятое равенство неполное: общее выражение $G = 3K(1 - 2\nu)/2(1 + \nu)$.
6	1, 2, 3, 4	Для упругого линейного материала $u = \int \sigma d\varepsilon = \sigma \varepsilon / 2$. Подстановка $\varepsilon = \sigma/E$ или $\gamma = \tau/G$ даёт 2 и 4. Формула 5 не учитывает поперечные связи через ν и не является полной энергетической формой.
7	2, 4	Система 2 имеет три опоры, дающие 4 реакции при 3 уравнениях равновесия. Система 4 имеет две закреплённые опоры и 6 реакций против 3 уравнений. Консоль, шпр-кк балка и треугольная рама статически определимы.
8	1, 4	Ранкин учитывает различие в прочности на растяжение и сжатие, а обобщённый Кулон-Мор также вводит асимметрию. Треска и Мизес применимы к пластичным металлам, закон Гука — не критерий прочности.
9	1, 3, 4	Эйлеровская критическая сила прямо пропорциональна EI и обратно L_e^2 . Закрепления уменьшают коэффициент k , эффективно сокращая L_e . Увеличение L или уменьшение i (при фиксированном I) снижает устойчивость.

10	1, 2, 3, 4	Сначала геометрия разбивается на простые элементы (1). Путём суммирования локальных K_e формируют глобальную матрицу (2). Граничные условия фиксируют степени свободы, а нагрузки формируют F (3). Система решается численно, давая перемещения (4). Деление по толщине относят к продвинутому анализу слоистых конструкций, а не обязательному этапу.
11	1, 3, 4	Формула Журавского строго выведена для прямоугольных балок. МКЭ решает 3D-модель, а фотоупругость визуализирует поля τ . Теория Бернулли описывает нормальные напряжения, а V/A игнорирует распределение по высоте.
12	1, 2, 3, 5	Частота и масса формируют динамическую жёсткость; демпфирование задаёт спады; амплитуда силы определяет уровень отклика. Температурный градиент учитывают в термонапряжённом, но не в гармоническом колебательном анализе.
13	1, 3, 4, 5	Предзатягивание сокращает цикл разгрузки; больший диаметр увеличивает площадь A ; короткий болт уменьшает L ; прочная шайба предотвращает вжимание. Мягкая прокладка добавляет податливость и уменьшает общую жёсткость.
14	1	Метод Кастильяно формулирует, что обобщённое перемещение $q_j = \partial U / \partial Q_j$, где Q_j — соответствующая сила или момент. При $Q_j = M_i$ перемещением является угловой поворот.
15	1, 2, 3	Необходимые данные — две нормальные и одна касательная компоненты. Ось z отсутствует, а модуль E не влияет на геометрию круга.
16	1, 3, 4	Ползучесть характеризуется зависимостью $\epsilon(t)$ и её производной; критерием стойкости служит t_r . Модуль Юнга и твёрдость измеряют в отдельных тестах.