

Министерство просвещения РФ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
«Глазовский государственный инженерно-педагогический университет  
имени В.Г. Короленко»

Утверждена  
на заседании ученого совета университета

«21» апреля 2025 г. протокол № 9  
Приказ № 45 от 21.04.2025

Я.А. Чиговская-Назарова

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ МЕХАНИКА СПЛОШНЫХ СРЕД**

Уровень основной профессиональной образовательной программы	Бакалавриат
Направление подготовки	22.03.02 Металлургия
Направленность (профиль)	Технология материалов
Форма обучения	Очная
Семестр(ы)	5

Глазов 2025

## 1. Цель и задачи изучения дисциплины

### 1.1. Цель и задачи изучения дисциплины

Цель изучения дисциплины:

проводить измерения и наблюдения в сфере профессиональной деятельности, обрабатывать и представлять экспериментальные данные

Задачи изучения дисциплины:

Сформировать знания методики проведения типовых измерений на стандартном оборудовании в области механика сплошных сред.

Сформировать умения обрабатывать и представлять экспериментальные данные, используя стандартное оборудование, приборы и материалы, моделировать технологические процессы с учетом экономических, экологических и социальных ограничений в области механика сплошных сред.

Сформировать владение методикой статической обработки экспериментальных данных, методами проектирования и моделирования с использованием специализированных программ в области механика сплошных сред.

### 1.2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с установленными индикаторами достижения компетенций

Код компетенции	ОПК-4
Формулировка компетенции	Способен проводить измерения и наблюдения в сфере профессиональной деятельности, обрабатывать и представлять экспериментальные данные
Индикатор достижения компетенции	ОПК-4.1 Знает методики проведения типовых измерений на стандартном оборудовании ОПК-4.2 Умеет обрабатывать и представлять экспериментальные данные, используя стандартное оборудование, приборы и материалы ОПК-4.3 Владеет методикой статической обработки экспериментальных данных

### 1.3. Воспитательная работа

Направление воспитательной работы	Типы задач	Формы работы
формирование у обучающихся осознания социальной значимости своей будущей профессии, мотивации к осуществлению профессиональной деятельности	Научно-исследовательский, технологический	включение в социокультурную среду путем формирования у студентов практических умений и навыков в рамках профессиональной деятельности

### 1.4. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина "Механика сплошных сред" относится к части учебного плана, формируемой участниками образовательных отношений.

### 1.5. Особенности реализации дисциплины

Дисциплина реализуется на русском языке.

## 2. Объем дисциплины

Вид учебной работы по семестрам	Всего, зачетных единиц	Академ. часы	Из них в форме практической подготовки
Общая трудоемкость дисциплины	2	72	
<b>СЕМЕСТР 5</b>			
Контактная работа с преподавателем:			
Аудиторные занятия (всего)		36	
Занятия лекционного типа		16	
Лабораторные работы		-	
Занятия семинарского типа		-	
Практические занятия		18	
КСР		2	
Самостоятельная работа обучающихся		36	
Вид промежуточной аттестации: Зачет		0	

### 3. Содержание дисциплины

#### 3.1. Разделы дисциплины и виды занятий (тематический план занятий)

№ п/ п	Разделы и темы дисциплины Семестр	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в академических часах)						
		всего	ауд	лекц	пр	лаб	КСР	СРС
Семестр 5								
1	Напряжённое и деформированное состояние.	26	14	6	8			12
1.1	Силы и напряжения.	8	4	2	2			4
1.2	Тензор деформаций.	10	6	2	4			4
1.3	Тензоры в прямоугольной системе координат.	8	4	2	2			4
2	Физические основы пластической деформации.	20	8	4	4			12
2.1	Кристаллическое строение металлов	10	4	2	2			6
2.2	Определение механических свойств металлов при обработке давлением.	10	4	2	2			6
3	Анализ процессов обработки металлов давлением.	26	12	6	6		2	12
3.1	Процессы обработки металлов давлением.	12	6	4	2			6
3.2	Расчёт энергосиловых параметров процессов обработки металлов давлением.	14	6	2	4		2	6
Зачет		0						
Итого по дисциплине		72	36	16	18	-	2	36

### 3.2. Занятия лекционного типа

#### СЕМЕСТР 5

##### Лекция 1.

Тема: Силы и напряжения

Краткая аннотация к лекции.

Основные определения напряжения и деформация, определяющим физическое состояние материалов. Виды напряженных состояний (одноосное растяжение/сжатие, плоское и объемное напряженные состояния), классификация деформаций (упругие и пластичные). Законы, связывающие напряжения и деформации (закон Гука).

##### Лекция 2.

Тема: Тензор деформаций

Краткая аннотация к лекции.

Тензоры в прямоугольной системе координат. Система координат. Физические и математические величины. Тензоры второго ранга, вектор и скаляр. Действия над тензорами. Инварианты и главные значения тензора. Силы и напряжения. Тензоры деформаций, напряжений и скоростей деформаций.

##### Лекция 3.

Тема: Тензоры в прямоугольной системе координат.

Краткая аннотация к лекции.

Физические величины, выражаемые тензорами, как тензор напряжений и тензор деформаций. Операции над тензорами: сложение, умножение, свёртка и вычисление следа. Формулирование условия симметрии и антисимметрии тензоров, применение в механике сплошных сред и теории упругости.

##### Лекция 4.

Тема: Кристаллическое строение металлов

Краткая аннотация к лекции.

Типы кристаллических решеток: объемно-центрированная кубическая (ОЦК), гранецентрированная кубическая (ГЦК) и гексагональная плотноупакованная (ГПУ). Элементарный состав решетки, особенности взаимного расположения атомов и связь их геометрического расположения с физическими характеристиками металлов. Дефекты кристаллической структуры (дислокации, вакансии, включения), влияющие на прочностные и технологические свойства металлов. Зависимость механической прочности, пластичности и теплопроводности металлов от их кристаллического строения.

##### Лекция 5.

Тема: Определение механических свойств металлов при обработке давлением

Краткая аннотация к лекции.

Изменения механических свойств металлов в процессе горячей и холодной обработки давлением (ковке, прокатке, прессованию, волочению). Методы измерения таких ключевых показателей, как предел текучести, временное сопротивление разрыву, относительное удлинение и сужение, ударная вязкость. Процесс рекристаллизации и наклепа, влияющие на прочность и пластичность металлов. Методики испытаний на растяжение, сжатие, изгиб и удары, используемые для количественной оценки указанных свойств. Выбор режимов обработки давлением для достижения оптимальных характеристик изделий из металлов.

##### Лекция 6.

Тема: Процессы обработки металлов давлением.

Краткая аннотация к лекции.

Способы формоизменения заготовки посредством приложения значительных усилий, обеспечивающих пластическую деформацию материала. Процессы обработки металлов давлением: ковка, штамповка, прокатка, прессование, волочение. Технологическое оборудование, режимы деформации, влияние температуры и скорости обработки на качество продукции. Оптимизация технологических процессов для снижения энергозатрат и улучшения качественных характеристик изделий.

#### Лекция 7.

Тема: Расчёт энергосиловых параметров процессов обработки металлов давлением.

Краткая аннотация к лекции.

Методика расчёта энергетических затрат и силовых параметров при обработке металлов давлением (прокатка, ковка, прессование, волочение). Механизмы возникновения контактных напряжений, силы сопротивления деформируемым материалам и коэффициентов трения. Основные формулы для определения необходимой мощности привода оборудования, энергии процесса, уровня давления и усилия воздействия инструмента на материал. Подбор рабочих скоростей и регулирования подачи охлаждающей жидкости. Энергосиловые показатели для наиболее распространенных операций обработки металлов давлением.

### 3.3. Занятия семинарского типа

Учебным планом не предусмотрены

### 3.4. Практические занятия

#### СЕМЕСТР 5

Практическое занятие 1.

Тема: Решение задач

Перечень заданий:

1. Нахождение максимального растягивающего или сжимающего напряжения в стрелках, колоннах, шатунах двигателей и других конструктивных элементах, работающих на простое растяжение или сжатие.
2. Определение сдвигового напряжения при расчете заклепочных соединений, сварных швов, болтовых креплений и зубчатых передач.
3. Вычисления максимальных касательных напряжений в валах, шпинделях станков и прочих вращающихся элементах машин.
4. Исследование нормальных напряжений в балках при действии сосредоточенных и равномерно распределенных нагрузок, включая проверку устойчивости и запас прочности.
5. Решение комплексных ситуаций, включающих одновременно действие нескольких видов нагрузок (растяжение + изгиб, изгиб + кручение и др.)

Практическое занятие 2-3.

Тема: Действия над тензорами.

Перечень заданий: найти инварианты тензора.

Варианты задания приведены в таблице ниже.

Вариант 1	Вариант 2	Вариант 3	Вариант 4	Вариант 5	Вариант 6
$\begin{bmatrix} 4 & 1 & 7 \\ 1 & 3 & 5 \\ 7 & 5 & 2 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 5 & 1 & 3 \\ 1 & 5 & 2 \\ 3 & 2 & 2 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 6 & 2 & 1 \\ 2 & 6 & 3 \\ 1 & 3 & 0 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 7 & 3 & 4 \\ 3 & 0 & 5 \\ 4 & 5 & 2 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 8 & 4 & 1 \\ 4 & 5 & 0 \\ 1 & 0 & 2 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 6 & 2 & 3 \\ 2 & 5 & 1 \\ 3 & 1 & 1 \end{bmatrix}$
Вариант 7	Вариант 8	Вариант 9	Вариант 10	Вариант 11	Вариант 12

$\begin{bmatrix} 8 & 1 & 5 \\ 1 & 2 & 3 \\ 5 & 3 & 2 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 9 & 2 & 3 \\ 2 & 1 & 2 \\ 3 & 2 & 2 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 9 & 4 & 0 \\ 4 & 3 & 6 \\ 0 & 6 & 3 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 1 & 3 & 2 \\ 3 & 7 & 2 \\ 2 & 2 & 4 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 5 & 4 & 8 \\ 4 & 4 & 1 \\ 8 & 1 & 3 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 6 & 5 & 6 \\ 5 & 2 & 3 \\ 6 & 3 & 1 \end{bmatrix}$
Вариант 13	Вариант 14	Вариант 15	Вариант 16	Вариант 17	Вариант 18
$\begin{bmatrix} 0 & 7 & 1 \\ 7 & 3 & 2 \\ 1 & 2 & 6 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 4 & 5 & 7 \\ 5 & 4 & 2 \\ 7 & 2 & 1 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 2 & 5 & 1 \\ 5 & 3 & 1 \\ 1 & 1 & 4 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 10 & 4 & 7 \\ 4 & 10 & 3 \\ 7 & 3 & 2 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 11 & 5 & 6 \\ 5 & 1 & 7 \\ 6 & 7 & 0 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 4 & 4 & 8 \\ 4 & 3 & 1 \\ 8 & 1 & 5 \end{bmatrix}$
Вариант 19	Вариант 20	Вариант 21	Вариант 22	Вариант 23	Вариант 24
$\begin{bmatrix} 2 & 5 & 6 \\ 5 & 1 & 3 \\ 6 & 3 & 6 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 3 & 7 & 1 \\ 7 & 6 & 2 \\ 1 & 2 & 0 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 1 & 3 & 5 \\ 3 & 7 & 2 \\ 5 & 2 & 4 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 2 & 6 & 4 \\ 6 & 6 & 2 \\ 4 & 2 & 1 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 3 & 0 & 4 \\ 0 & 7 & 5 \\ 4 & 5 & 2 \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 8 & 1 & 5 \\ 1 & 2 & 3 \\ 5 & 3 & 2 \end{bmatrix}$

#### Практическое занятие 4.

Тема: Разработка диаграммы распределения тензорного поля.

Перечень заданий:

1. Представление тензора в виде матрицы в исходной системе координат.
2. Применение формул преобразования для перехода к новой ортогональной системе координат.
3. Определение собственных чисел и собственных векторов тензора (главных осей и модулей напряжений/деформаций).
4. Построение графика, отображающего ориентацию главных осей и значение тензорной величины.

#### Практическое занятие 5.

Тема: Кристаллическое строение металлов

Перечень заданий:

1. Определение типа кристаллической решётки по форме кристалла и типу упаковки атомов.
2. Идентификация дислокаций и оценка степени искажённости кристаллической решётки.
3. Количественная оценка числа пороков и дефектов кристаллической структуры.

#### Практическое занятие 6.

Тема: Изучение механических свойств металлов при обработке давлением.

Перечень заданий:

1. Выбор металла.
2. Составление таблиц и графиков, отражающих изменения механических свойств в зависимости от условий обработки.

#### Практическое занятие 7.

Тема: Определение механических свойств металлов при обработке давлением.

Перечень заданий: найти значения предела текучести.

1. Найти предел текучести при осадке цилиндрического образца из латуни Л68 со скоростью деформирования 0,1 м/с при температуре 700 °С.

Начальная высота цилиндра 15 мм, конечная высота – 12 мм. Формула для определения предела текучести:

$$\sigma_s = \frac{620 \varepsilon^{0,57} u^{0,11}}{e^{0,0028T}}$$

2. Найти среднее значение предела текучести в очаге деформации при холодной прокатке. Варианты задания приведены в таблице ниже. Формула для определения предела текучести:

$$\sigma_s = A + B\varepsilon^m$$

Вариант	Сплав	$A$	$B$	$m$	$h_0$ , мм	$h_1$ , мм
1	А00	18	2,8	0,74	10	8
2	А1	60	6,4	0,62	12	9
3	Амц	50	6,0	0,71	11	9
4	АМг1	100	13,0	0,59	8	6
5	АМг3	75	64,0	0,30	7	6
6	Д1	88	35,0	0,41	10	7
7	М4	75	56,0	0,41	9	7
8	Л90	230	29,0	0,52	14	10
9	Л80	100	30,0	0,70	12	10
10	Л70	120	20,0	0,78	11	8
11	Л68	120	36,0	0,62	8	7
12	Л62	150	31,0	0,65	7	5
13	Л59	175	29,0	0,64	9	6
14	ЛН65-5	285	44,0	0,53	12	8
15	ЛО62-1	200	76,0	0,43	6	5
16	ЛО60-1	200	15,0	0,85	6	4
17	ЛС64-2	100	17,0	0,80	10	9
18	ЛС63-3	175	19,0	0,73	15	12
19	ЛС60-1	150	56,0	0,51	14	11
20	ЛС59-1	175	70,0	0,37	5	4
21	БрБ2	400	31,0	0,75	16	14
22	БрМц5	90	61,0	0,46	8	7
23	НП4	150	137,0	0,38	15	11
24	МН19	340	7,2	0,80	12	11
25	ВТ1-1	420	52,0	0,48	16	12

#### Практическое занятие 8-9

Тема: Расчёт энергосиловых параметров процессов обработки металлов давлением.

Перечень заданий:

- Прокатка полосы.** Определите необходимое усилие прокатки, если ширина проката составляет  $B=20$  мм, толщина до прокатки  $h_0=5$  мм, после прокатки  $h_f=3$  мм. Длина рабочей части валков  $L=300$  мм. Модуль Юнга материала  $E=200$  ГПа, коэффициент Пуассона  $\nu=0.3$ .
- Прессование трубы.** При прессовании стальной трубы длиной  $L=1000$  мм диаметр отверстия уменьшается с  $d_0=50$  мм до  $d_f=30$  мм. Давление на поршень прессы  $p=100$  МПа. Найдите необходимую силу, затрачиваемую на прессование, если площадь контакта поршня с материалом равна  $A=100$  см<sup>2</sup>.
- Волочение проволоки.** Проволоку диаметром  $d_0=6$  мм протягивают через фильеру, уменьшая диаметр до  $d_f=4$  мм. Среднее удельное сопротивление деформации материала  $k=500$  МПа. Определите энергию, расходуемую на единицу массы материала при волочении.
- Свободная ковка изделия.** Чугунный брусок массой  $m=100$  кг подвергается свободной ковке, превращаясь в деталь размером  $l \times b \times h = 100 \times 50 \times 20$  мм.

Энергия удара молота  $-W=5000-W=5000$  Дж. Определите минимальное количество ударов, необходимое для полной деформации детали, если эффективность удара  $-\eta=0.7-\eta=0.7$ .

**5. Экструзия алюминия.** Алюминиевый слиток объемом  $V=1000 \text{ см}^3 V=1000 \text{ см}^3$  extrудировать через отверстие площадью  $S=10 \text{ см}^2 S=10 \text{ см}^2$ . Скорость экструзии  $-v=10 \text{ мм/с}-v=10 \text{ мм/с}$ , сила тяги  $-F=10000-F=10000$  Н. Определите мощность экструдера

### **3.5. Лабораторные работы**

Учебным планом не предусмотрены

### **3.6. Контроль самостоятельной работы**

#### **СЕМЕСТР 5**

Контроль самостоятельной работы 1.

Тема: Расчёт энергосиловых параметров процессов обработки металлов давлением.

Перечень заданий:

1. Основные понятия и определения: Объяснить суть следующих терминов и понятий:— обработка металлов давлением;— энергосиловые параметры;— энергия деформирования;— мощность обработки;— удельная сила обработки.
2. Формулы и уравнения: Записать основные формулы, необходимые для расчёта энергоёмкости и силовых параметров при различных операциях обработки давлением (прокатка, прессование, волочение, ковка). Объяснить смысл входящих переменных и единиц измерения.
3. Механизм образования внутренних напряжений: Опишите механизм образования внутренних напряжений и источников потерь энергии при обработке металлов давлением. Покажите роль трения, тепла и кинетической энергии в общем балансе энергопотребления.
4. Энергоэффективность процессов: Какие существуют пути повышения энергоэффективности процессов обработки металлов давлением? Приведите конкретные рекомендации по снижению энергозатрат при различных видах обработки (примеры технологических решений).
5. Факторы, влияющие на энергосиловые затраты: Перечислить и пояснить факторы, существенно влияющие на потребляемую мощность и энергозатраты при обработке металлов давлением (тип оборудования, скорость деформации, температура, трение, форма обрабатываемой детали и т.д.). Объяснить физическую природу их влияния.
6. Методика расчёта энергосиловых параметров: Привести пример алгоритма расчёта необходимого усилия и потребляемой энергии при горячей прокатке плоского листа толщиной  $h_0=5 \text{ мм} h_0=5 \text{ мм}$ , шириной  $b=100 \text{ мм} b=100 \text{ мм}$  и длиной  $L=1000 \text{ мм} L=1000 \text{ мм}$ . Исходные данные: коэффициент трения  $\mu=0.1 \mu=0.1$ , модуль Юнга  $E=200 \text{ ГПа} E=200 \text{ ГПа}$ , коэффициент Пуассона  $\nu=0.3 \nu=0.3$ , скорость прокатки  $v=0.5 \text{ м/мин} v=0.5 \text{ м/мин}$ .

### **3.7. Самостоятельная работа студентов**

Рекомендуемые формы самостоятельной работы студентов: закрепление материала по конспекту лекции, подготовка к практическим занятиям, подготовка презентаций к докладам, подготовка к различным формам промежуточной и итоговой аттестации. Формы работы можно взять из указаний «Методические рекомендации по организации образовательного процесса при освоении дисциплины».

## **4. Фонд оценочных средств**

ФОС включает оценочные средства текущего, промежуточного и поститогового контроля (Приложение 1).

## **5. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины**



## **5.1. Основная литература**

1. Кучеряев, Б. В. Механика сплошных сред (теоретические основы обработки давлением композитных металлов с задачами и решениями, примерами и упражнениями) : учебник для вузов / Б. В. Кучеряев. — Москва : Издательский Дом МИСиС, 2006. — 603 с. — ISBN 5-87623-153-3. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/56210.html> (дата обращения: 07.02.2025).
2. Тарг, С. М. Краткий курс теоретической механики : учебник для втузов / С. М. Тарг. - стер. изд. - Москва : Альянс , 2018. - 8 экз.
3. Шинкин, В. Н. Механика сплошных сред для металлургов : учебник / В. Н. Шинкин. — Москва : Издательский Дом МИСиС, 2014. — 628 с. — ISBN 978-5-87623-749-1. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/56252.html> (дата обращения: 07.02.2025).

## **5.2. Дополнительная литература**

1. Киселев, С. П. Механика сплошных сред : учебное пособие / С. П. Киселев. — Новосибирск : Новосибирский государственный технический университет, 2017. — 256 с. — ISBN 978-5-7782-3340-9. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/91245.html> (дата обращения: 07.02.2025).
2. Кульгина, Л. М. Теоретическая механика. Механика сплошных сред : учебное пособие / Л. М. Кульгина. — Ставрополь : Северо-Кавказский федеральный университет, 2014. — 193 с. — Текст : электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/63248.html> (дата обращения: 07.02.2025).

## **6. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», профессиональных баз данных и информационных справочных систем, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине**

### **6.1 Перечень ресурсов информационно-коммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины**

1. <http://www.gpntb.ru> – Государственная публичная научно-техническая библиотека
2. <http://cyberleninka.ru> –КиберЛенинка: научная электронная библиотека
3. <http://www.tehlit.ru> - библиотека нормативно-технической литературы

### **6.2. Перечень необходимых профессиональных баз данных и информационных справочных систем**

Электронная библиотечная система «IPR SMART». Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru>

Электронная библиотечная система «Юрайт». Режим доступа: <https://urait.ru>

Электронно-библиотечная система «Лань» (раздел «Сетевая электронная библиотека педагогических вузов»). Режим доступа: <https://e.lanbook.com>

Электронно-библиотечная система «Руконт». Режим доступа: <https://lib.rucont.ru/search>

Межвузовская электронная библиотека. Режим доступа: <https://icdlib.nspu.ru/>

Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/defaultx.asp>

Национальная электронная библиотека. Режим доступа: <https://rusneb.ru>

Президентская библиотека имени Б.Н. Ельцина. Режим доступа: <https://www.prilib.ru>

Polpred.com Обзор СМИ. Режим доступа: <https://polpred.com>

## **7. Методические указания и учебно-методическое обеспечение для обучающихся по освоению дисциплины**

Дисциплина реализуется в соответствии с указаниями «Методические рекомендации по организации образовательного процесса при освоении дисциплины», размещенными в ЭИОС университета ([eios.ggpi.org](http://eios.ggpi.org)).

Методические рекомендации для работы с инвалидами и лицами с ОВЗ размещены в ЭИОС университета ([eios.ggpi.org](http://eios.ggpi.org)).

## **8. Материально-техническая база, программное обеспечение, необходимое для осуществления образовательного процесса по дисциплине**

Учебный корпус № 1, аудитории(я) № 231, 229, 127.

Полный перечень материально-технической базы и программного обеспечения размещены в ЭИОС института ([eios.ggpi.org](http://eios.ggpi.org)).

### 9. Рейтинг-план оценки успеваемости студентов

Дисциплина/ Семестр	Объем аудит. работы			Виды текущей аттестационной аудиторной и внеаудиторной работы	Максималь ное (норматив) количество баллов	Поощрения	Штрафы	Итоговая форма отчета (мин. балл)
	лк	прак	КСР					
Механика сплошных сред/ 5 семестр	16	18	2	1. Контроль посещаемости лекционных занятий  2. Контроль посещаемости практических занятий  3. Работа на практических занятиях  4. КСР  <u><b>Формы контрольных мероприятий</b></u> 1. Тестирование 2. Контрольная работа  <u><b>Компенсационные мероприятия</b></u> 1. Презентация	16          18          18*4= 72          5*3=15          10          5 5          4	+ 5 баллов за посещение всех занятий + 5 баллов за выполнение всех тестов	-1 балл непосещени е акад. часа по неуважитель ной причине - 3 балла за невыполнен ие задания в установленн ые сроки	Допуск к зачету – 50%          «автомат» при зачете – 70%
ИТОГО	16	18	2	131 (без компенсации)				

**Лист регистрации изменений и дополнений к РПД**  
(фиксируются изменения и дополнения перед началом учебного года,  
при необходимости внесения изменений на следующий год –  
оформляется новый лист изменений)

№ п.п.	Содержание изменения	Дата, номер протокола заседания кафедры. Подпись заведующего кафедрой	Дата, номер протокола заседания совета факультета. Подпись декана факультета
1.			
2.			
3.			
4.			
5.			
6.			

## ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПО ДИСЦИПЛИНЕ МЕХАНИКА СПЛОШНЫХ СРЕД

### 1. Фонд оценочных средств для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации и поститогового контроля по дисциплине

1.1. Настоящий Фонд оценочных средств (ФОС) по дисциплине «Механика сплошных сред» является неотъемлемым приложением к рабочей программе дисциплины «Механика сплошных сред» (РПД). На данный ФОС распространяются все реквизиты утверждения, представленные в РПД по данной дисциплине.

1.2. Оценивание всех видов контроля (текущего, промежуточного, поститогового) осуществляется по 5-ти балльной шкале.

1.3. Результаты оценивания текущего контроля учитываются в рейтинге.

### 2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с установленными индикаторами достижения компетенций

Код компетенции	ОПК-4
Формулировка компетенции	Способен проводить измерения и наблюдения в сфере профессиональной деятельности, обрабатывать и представлять экспериментальные данные
Индикатор достижения компетенции	ОПК-4.1 Знает методики проведения типовых измерений на стандартном оборудовании ОПК-4.2 Умеет обрабатывать и представлять экспериментальные данные, используя стандартное оборудование, приборы и материалы ОПК-4.3 Владеет методикой статической обработки экспериментальных данных

### 3. Содержание оценочных средств текущего контроля и критерии их оценивания

3.1. Текущий контроль осуществляется преподавателем дисциплины при проведении занятий в следующих формах: тестирование, контрольная работа

3.2. Формы текущего контроля и критерии их оценивания.

#### Форма контроля 1 - Типовые тестовые задания

Типовой тест

Проверяемые компетенции и индикаторы достижения компетенций: ОПК-4, ОПК-4.1, ОПК-4.2, ОПК-4.3

Время выполнения заданий: 10 минут

Критерии оценивания:

- верные ответы на 90% - 100% вопросов – «отлично»;
- верные ответы на 70% - 89% вопросов – «хорошо»;
- верные ответы на 50% - 69% вопросов – «удовлетворительно»;

– меньше 50% ответов на вопросы – «неудовлетворительно».

**1. Какие величины входят в уравнение неразрывности (неразрывности масс)?**

- A. Плотность среды  $\rho$ , скорость  $v$  и производная по времени  $\partial \rho / \partial t$ .
- B. Только плотность среды  $\rho$  и скорость  $v$ .
- C. Давление  $p$ , температура  $T$  и энтропия  $S$ .
- D. Скорость  $v$ , ускорение  $a$  и сила тяжести  $g$ .

**2. Какой тензор описывает линейные деформации твердого тела?**

- A. Тензор скорости деформаций.
- B. Тензор напряжений.
- C. Тензор деформаций Коши-Грина.
- D. Девиатор напряжений.

**3. Закон Гука выражает зависимость...**

- A. напряжений от деформаций.
- B. деформаций от внешних сил.
- C. плотности от давления.
- D. ускорения от силы.

**4. Принцип наименьшего действия в механике сплошных сред гласит, что система движется таким образом, чтобы минимизировать:**

- A. Энергию.
- B. Импульс.
- C. Действие.
- D. Время.

**5. Чему равна дивергенция вектора скорости в условиях несжимаемой жидкости ( $\nabla \cdot v$ )?**

- A. Всегда положительна.
- B. Равна нулю.
- C. Может быть произвольной.
- D. Всегда отрицательна.

**6. Что представляет собой тензор напряжений второго ранга?**

- A. Скалярная величина.
- B. Матрица размером  $3 \times 3$ .
- C. Одномерный вектор.
- D. Четырехмерный массив чисел.

**7. Закон Навье-Стокса является основой описания движений какой среды?**

- A. Идеальной жидкости.
- B. Вязкой ньютоновской жидкости.
- C. Твердых тел.
- D. Электромагнитных волн.

**8. Почему жидкость считается несжимаемой, если известно, что ее плотность меняется незначительно?**

- A. Потому что любые изменения объема незначительны.
- B. Так как жидкость обладает малой сжимаемостью.
- C. Поскольку давление влияет слабо на плотность.
- D. Все вышеперечисленное верно.

**9. Какой критерий определяет предел перехода от упругой деформации к пластическому течению материала?**

- A. Коэффициент Пуассона.
- B. Модуль сдвига.
- C. Напряжение текучести.
- D. Закон Гука.

**10. Чем обусловлена разница между истинными и инженерными деформациями?**

- A. Геометрическими размерами образца.
- B. Использованием разных масштабов измерений.
- C. Методиками расчета, учитывающими конечные деформации.
- D. Температурой окружающей среды.

## **Форма контроля 2 –Типовая контрольная работа**

Типовая контрольная работа 1.

Проверяемые компетенции и индикаторы достижения компетенций: ОПК-4, ОПК-4.1, ОПК-4.2, ОПК-4.3

Время выполнения заданий: 10 минут

Критерии оценивания:

Для получения оценки «удовлетворительно» предлагается выполнить одно задание.

Для получения оценки «хорошо» предлагается выполнить два задания.

Для получения оценки «отлично» предлагается выполнить все задания.

1 задание: Напряжения и деформации. Приведите примеры.

2 задание: Упругое тело и теория пластичности. Приведите примеры.

3 задание: Уравнения движения и равновесия. Приведите примеры.

### **3.3. Методические указания по проведению процедуры текущего контроля**

1. Текущий контроль проводится на протяжении всего семестра.

2. Сбор, обработка и оценивание результатов текущего контроля проводятся преподавателем, ведущим дисциплину.

3. Предъявление результатов оценивания осуществляется в течение недели после проведения контрольного мероприятия.

4. Результаты текущего контроля учитываются в рейтинге по дисциплине.

5. Все материалы, полученные от обучающихся в ходе текущего контроля (контрольная работа, диктант, тест, организация дискуссии, круглого стола, доклад, реферат, отчет по лабораторной работе, отчет по педагогической практике и т.п.), должны храниться в течение текущего семестра на кафедрах.

6. Считать, что положительные результаты текущего контроля свидетельствуют об успешном процессе формирования указанных компетенций и индикаторов достижения компетенций (этапов формирования компетенций).

## **4. Содержание оценочных средств промежуточной аттестации и критерии их оценивания**

4.1. Промежуточная аттестация проводится в виде: зачета (5 сем.).

4.2. Содержание оценочного средства. Проверяемые компетенции и индикаторы достижения компетенций: ОПК-4, ОПК-4.1, ОПК-4.2, ОПК-4.3

Примерные вопросы и задания к зачету

1. Физические и математические величины. Скаляр, вектор, тензор.

2. Понятие тензора. Тензоры нулевого, первого и второго рангов.

3. Система координат. Матрица косинусов. Преобразование компонент тензора при повороте системы координат.

4. Действия над тензорами. Разложение тензора на симметричную и альтернативную части.

5. Действия над тензорами. Разложение тензора на девиаторную и сферическую части.

6. Главные компоненты тензора. Инварианты тензора.

7. Тензор деформаций. Компоненты тензора деформаций.

8. Тензор скоростей деформаций. Формула Стокса. Интенсивность сдвиговых скоростей деформаций.

9. Механическое напряжение. Напряжённое состояние в точке. Тензор напряжений.

10. Напряжённое и деформированное состояние. Механические схемы деформации.

11. Понятия холодной и горячей пластической деформации, преимущества и недостатки. Пластичность и деформируемость металлов и сплавов.

12. Механические свойства металлов и сплавов.
13. Процессы обработки металлов давлением. Определение технологических и энергосиловых параметров процесса прокатки.
14. Определение процесса прокатки. Классификация процессов прокатки.
15. Очаг деформации при продольной прокатке и его геометрические характеристики.
16. Показатели деформации и условие постоянства объема при продольной прокатке.
17. Условие захвата полосы валками при продольной прокатке.
18. опережение и отставание полосы при продольной прокатке.
19. Нейтральный угол и нейтральное сечение при продольной прокатке.
20. Распределение сил трения по дуге контакта при продольной прокатке. Усилие прокатки.

#### 4.3. Критерии оценивания

Зачет выставляется по результатам рейтинга. Если обучающийся набрал недостаточное количество баллов, то он сдает зачет.

#### Шкала оценивания для зачета:

Уровни освоения компетенции (-ий)	Основные признаки выделения уровня (этапы формирования компетенции, критерии оценки сформированности)	Академическая оценка	% освоения (рейтинговая оценка)
Сформирована	Студент показал достаточно прочные знания основных положений учебной дисциплины, умение самостоятельно решать конкретные практические задачи, предусмотренные рабочей программой, ориентироваться в рекомендованной справочной литературе, умеет правильно оценить полученные результаты.	Зачтено	50-100
Не сформирована	При ответе выявились существенные пробелы в знаниях основных положений учебной дисциплины, неумение с помощью преподавателя получить правильное решение конкретной практической задачи из числа предусмотренных рабочей программой учебной дисциплины.	Не зачтено	менее 50

#### 4.4. Методические указания по проведению процедуры промежуточной аттестации

1. Сроки проведения процедуры оценивания: по расписанию экзаменов (зачета - на последнем занятии по предмету). Если обучающийся по результатам рейтинговой системы не набирает нужное количество баллов или желает повысить оценку, то сдает экзамен/зачет согласно требованиям.
2. Сбор, обработка и оценивание результатов промежуточной аттестации проводится преподавателем, ведущим дисциплину.
3. Предъявление результатов оценивания осуществляется: по окончании ответа студента и фиксируется в зачетной книжке и экзаменационной ведомости.
4. При наличии письменных ответов обучающихся, полученных в ходе экзаменационной сессии, материалы хранятся в течение месяца после завершения сессии на кафедрах.
5. Порядок выполнения и защиты курсовой работы регламентирован «Положением о курсовой работе ФГБОУ ВО «Глазовский государственный инженерно-педагогический университет имени В.Г. Короленко».



6. Считать, что положительные результаты промежуточного контроля свидетельствуют об успешном процессе формирования указанных компетенций и индикаторов достижения компетенций (этапов формирования компетенций).

## **5. Содержание оценочных средств для проверки сформированности компетенций и индикаторов достижения компетенций (поститоговый контроль) и критерии их оценивания**

Задания для проверки компетенции и индикаторов достижения компетенции: ОПК-4, ОПК-4.1, ОПК-4.2, ОПК-4.3

Код компетенции	ОПК-4
Формулировка компетенции	Способен проводить измерения и наблюдения в сфере профессиональной деятельности, обрабатывать и представлять экспериментальные данные
Индикатор достижения компетенции	ОПК-4.1 Знает методики проведения типовых измерений на стандартном оборудовании ОПК-4.2 Умеет обрабатывать и представлять экспериментальные данные, используя стандартное оборудование, приборы и материалы ОПК-4.3 Владеет методикой статической обработки экспериментальных данных

Время выполнения заданий: 15 минут.

### **Задания с выбором правильного ответа:**

1. Какие физические величины описываются скалярами?
  - а) температура
  - б) деформация
  - в) сила
  - г) плотность
  - д) масса
2. Какие физические величины описываются векторами?
  - а) ускорение
  - б) масса
  - в) деформация
  - г) плотность
3. Сколько компонент будет иметь тензор второго ранга в двумерном пространстве?
  - а) 3
  - б) 4
  - в) 6
  - г) 9
4. Какое выражение справедливо для девиатора?
  - а)  $a_{ik} = a_{ki}$
  - б)  $a_{11} = a_{22} = a_{33} = 0$
  - в)  $a_{ii} = 0$
5. Какой вид деформации характеризуют диагональные компоненты тензора деформаций?
  - а) линейную
  - б) угловую
6. Назовите единицу измерения скорости деформации?
  - а) м/с
  - б) с

- в)  $1/c$
7. По какой формуле можно определить относительное обжатие полосы?
- а)  $(h_0 + h_1)/2$   
 б)  $\Delta h/h_0$   
 в)  $h_0 - h_1$   
 г)  $(h_0 - h_1)/h_0$
8. Какое выражение соответствует условию постоянства секундных объёмов?
- а)  $v_0 h_0 = v_1 h_1$   
 б)  $h_0 b_0 l_0 = h_1 b_1 l_1$   
 в)  $\nabla v = 0$
9. Какие единицы измерения используются для мощности?
- а) Вт  
 б) Дж / с  
 в) Н м / с
10. Как записывается закон трения Амонтона — Кулона?
- а)  $\tau = f\sigma$   
 б)  $\sigma = f\tau$

11. *Практическое задание.* В эксперименте по определению предела упругости меди к вертикально висящему медному проводу подвешивали грузы и постепенно увеличивали нагрузку. Для проволок разных диаметров получили значения массы нагрузки, при которой возникает остаточная деформация.

$D$ , мм	$m$ , кг
1,40	4,50
0,70	1,10
0,35	0,27
0,18	0,08

Оформите экспериментальные данные и результаты расчетов в виде таблицы. Запишите конечный результат.

#### КЛЮЧ К ЗАДАНИЯМ С ВЫБОРОМ И ЭТАЛОНЫ ОТВЕТОВ (ОПК 4)

Номер задания	Ответ																									
1	АГД																									
2	А																									
3	Б																									
4	В																									
5	А																									
6	В																									
7	БГ																									
8	А																									
9	АБВ																									
10	А																									
11	<p>Предел упругости определяют: <math>s=F/S=4mg/\pi d^2</math>, где <math>m</math> – масса груза, <math>d</math> – диаметр проволоки.</p> <table><tr><th>№</th><th><math>D</math>, мм</th><th><math>m</math>, кг</th><th><math>s</math>, МПа</th><th><math>D_s</math>, МПа</th></tr><tr><td>1</td><td>1,40</td><td>4,50</td><td>28,7</td><td>0,1</td></tr><tr><td>2</td><td>0,70</td><td>1,10</td><td>28,0</td><td>0,8</td></tr><tr><td>3</td><td>0,35</td><td>0,27</td><td>27,5</td><td>1,3</td></tr><tr><td>4</td><td>0,18</td><td>0,08</td><td>30,8</td><td>2,0</td></tr></table>	№	$D$ , мм	$m$ , кг	$s$ , МПа	$D_s$ , МПа	1	1,40	4,50	28,7	0,1	2	0,70	1,10	28,0	0,8	3	0,35	0,27	27,5	1,3	4	0,18	0,08	30,8	2,0
№	$D$ , мм	$m$ , кг	$s$ , МПа	$D_s$ , МПа																						
1	1,40	4,50	28,7	0,1																						
2	0,70	1,10	28,0	0,8																						
3	0,35	0,27	27,5	1,3																						
4	0,18	0,08	30,8	2,0																						

	Среднее значение			28,8	1,1
Результат: $s=(28,8 \pm 1,1)$ МПа.					

Вопросы:

1. Какие причины вызывают потерю устойчивости при высокой степени деформации?
2. В чем состоят принципиальные различия полимеров и металлов с точки зрения пластической деформации?
3. Может ли материал проявлять хрупкое разрушение после значительной пластической деформации? Если да, то почему?

Задания для проверки компетенции и индикаторов достижения компетенции: ОПК-2, ОПК-2.2, ОПК-2.3

Код компетенции	ОПК-2
Формулировка компетенции	Способен участвовать в проектировании технических объектов, систем и технологических процессов с учетом экономических, экологических и социальных ограничений
Индикатор достижения компетенции	ОПК-2.2 Умеет моделировать технологические процессы с учетом экономических, экологических и социальных ограничений ОПК-2.3 Владеет методами проектирования и моделирования с использованием специализированных программ

Время выполнения заданий: 15 минут.

### Задания с выбором правильного ответа:

1. Что понимается под термином «сплошная среда»?
  - а) Совокупность материальных точек, каждая из которых обладает определённой массой и положением в пространстве.
  - б) Система атомов и молекул, расположенных строго упорядоченно друг относительно друга.
  - в) Гипотеза, согласно которой вещество рассматривается как непрерывно заполненное пространство, состоящее из бесконечно малых элементов.
  - г) Идеализированная модель, допускающая существование пустых пространств между элементами материи.
2. Закон Гука гласит:
  - а) Напряжение пропорционально произведению модуля упругости и деформации.
  - б) Деформация прямо пропорциональна прикладываемому усилию и обратно пропорциональна площади поперечного сечения.
  - в) Скорость распространения волны в материале зависит от плотности и модулей упругости.
  - г) Упругая деформация материала пропорциональна вызвавшему её напряжению.
3. Что описывает уравнение неразрывности?
  - а) Сохранение импульса в замкнутой системе.
  - б) Закон сохранения энергии в механической системе.
  - в) Постоянство объёма жидкости или газа при движении.
  - г) Баланс тепла в тепловом потоке.
4. При каком условии поток называется ламинарным?
  - а) Поток является турбулентным, если число Рейнольдса меньше критического значения.
  - б) Ламинарный поток возникает, когда число Рейнольдса превышает некоторое пороговое значение.
  - в) Ламинарный поток возможен лишь в средах с высокими вязкостью и плотностью.

- d) Линии тока плавно следуют одна за другой, отсутствует перемешивание слоёв жидкости.
5. Идеальной жидкостью называют среду, которая...
- Имеет минимальную плотность и максимальную теплопроводность.
  - Не испытывает сопротивления сдвиговым силам (вязкость равна нулю).
  - Всегда сохраняет постоянную температуру независимо от воздействия внешней среды.
  - Абсолютно прозрачна и способна пропускать свет любой длины волны.
6. Какое испытание проводится для определения твёрдости металлов?
- Испытание на растяжение
  - Твёрдометрия
  - Измерение удельного веса
  - Определение ударной вязкости.
7. Ударная вязкость металла определяется путем...
- Растяжения образца
  - Изгиба образца до появления трещин
  - Нагревания до определенной температуры
  - Ударного испытания специального образца
8. Какой показатель определяет способность металла сопротивляться разрушению при циклическом нагружении?
- Устойчивость к коррозии
  - Предел выносливости
  - Коэффициент термического расширения
  - Эффект Баушингера.
9. Эффект Баушингера проявляется как...
- Увеличение прочности металла после предварительной деформации
  - Повышение стойкости против усталости при повторных нагрузках
  - Уменьшение прочности при последующей деформации противоположного знака
  - Рост предела текучести при нагревании.
10. Какой параметр используется для оценки пластичности металла?
- Модуль упругости
  - Коэффициент Пуассона
  - Удлинение при разрыве
  - Плотность материала

#### Задание 1

Определите модуль Юнга, если известно, что при приложении растягивающей силы длиной стержня увеличилась на 0,5 мм, исходная длина стержня была 1 м, площадь поперечного сечения составила 2 см<sup>2</sup>, а действующая нагрузка равна 100 Н.

#### Задание 2

Вычислите напряжение в материале, если известна величина абсолютной деформации  $\Delta L = 0,001$  м, начальная длина образца  $L_0 = 1$  м, модуль Юнга равен  $E = 2 \cdot 10^{11}$  Па.

#### Задание 3

Рассчитайте процент удлинения образца диаметром 10 мм и первоначальной длиной 100 мм, если после разрыва его длина стала равной 120 мм.

#### Задание 4

Образец стали испытывался на растяжение. Его диаметр составляет 10 мм, а максимальная нагрузка до момента разрушения равняется 30 кН. Найдите предел прочности металла

Номер задания	Ответ
1	c
2	d

3	c
4	d
5	b
6	b
7	d
8	b
9	c
10	c

Критерии оценивания:

Каждый индикатор достижения компетенции оценивается в 10 баллов:

- Тестовое задание оценивается в 10 баллов (ответ на вопрос теста стоит 0 или 2 балла);
- Задания на соответствие оцениваются в 10 баллов (каждое оценивается 0-5 баллов)
  - 5 баллов – полностью правильно найденные соответствия;
  - 4 балла – три правильных соответствия;
  - 3 балла – два правильных соответствия;
  - 2 балла – одно правильно соответствие;
  - 1 балл – отсутствие правильных соответствий;
  - 0 баллов – не приступал к выполнению задания;
- Каждое практическое задание оценивается в 10 баллов:
  - 10 баллов - студент правильно выполнил предложенные задания на основе изученной теории, методов, приемов, технологий;
  - 8 баллов - студент способен применять полученные теоретические знания в практической деятельности, решать типичные задачи на основе воспроизведения стандартных алгоритмов, при выполнении заданий допускает незначительные ошибки;
  - 6 баллов - при выполнении задания допущены грубые ошибки;
  - 0 баллов - студент не выполнил задание.

Оценка зависит от процента выполнения всех заданий.

#### **Шкала оценивания сформированности компетенций и индикаторов достижения компетенций**

<b>Уровни освоения индикатора (ов) достижений компетенций</b>	<b>Основные признаки выделения уровня</b>	<b>Академическая оценка</b>	<b>% выполнения всех заданий</b>
Повышенный (высокий)	Включает нижестоящий уровень. Умение самостоятельно принимать решение, решать проблему/задачу теоретического или прикладного характера на основе изученных методов, приемов, технологий.	Отлично	90-100
Базовый	Включает нижестоящий уровень. Способность собирать, систематизировать, анализировать и грамотно использовать информацию из самостоятельно найденных теоретических источников и иллюстрировать ими теоретические положения или обосновывать практику применения	Хорошо	80-89

Удовлетворительный	Изложение в пределах задач курса теоретического и практического контролируемого материала	Удовлетворительно	70-79
Недостаточный	Отсутствие признаков удовлетворительного уровня	Неудовлетворительно	менее 69

Считать, что положительные результаты поститогового контроля свидетельствуют об успешном процессе формирования компетенций и индикаторов достижения компетенций (этапа формирования компетенции). Если обучающийся получил оценку «неудовлетворительно», то считать компетенцию не сформированной на данном этапе. При получении оценок «удовлетворительно», «хорошо» или «отлично» считать, что проверяемая компетенция сформирована на достаточном уровне.

*Методические указания для проверки остаточных знаний*

1. Сроки проведения процедуры оценивания: по графику деканата.
2. Сбор, обработка и оценивание результатов поститогового контроля проводится преподавателем по распоряжению деканата.
3. Предъявление результатов оценивания осуществляется в течение недели после проведения контрольного мероприятия, оформляется в виде отчета и хранится в деканате в течение всего срока обучения обучающегося.