

УТВЕРЖДАЮ  
Декан факультета

\_\_\_\_\_ Знаменский Е.А.

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ ТЕОРИЯ ПЛАСТИЧНОСТИ

Направление/специальность подготовки	15.03.01 Машиностроение
Специализация/профиль/программа подготовки	Машины и технология обработки металлов давлением
Уровень высшего образования	Бакалавриат
Форма обучения	Очная
Факультет	Е Оружие и системы вооружения
Выпускающая кафедра	Е4 ВЫСОКОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ УСТРОЙСТВА АВТОМАТИЧЕСКИХ СИСТЕМ
Кафедра-разработчик рабочей программы	Е4 ВЫСОКОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ УСТРОЙСТВА АВТОМАТИЧЕСКИХ СИСТЕМ

КУРС	СЕМЕСТР	ОБЩАЯ ТРУДОЁМКОСТЬ (ЗАЧЕТНЫХ ЕДИНИЦ)	ЧАСЫ (по наличию видов занятий)									ВИД ПРОМЕЖУТОЧНОГО КОНТРОЛЯ
			ОБЩАЯ ТРУДОЁМКОСТЬ	АУДИТОРНЫЕ ЗАНЯТИЯ				САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА				
				ВСЕГО	ЛЕКЦИИ	ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ	ПРАКТИЧЕСКИЕ ЗАНЯТИЯ	ВСЕГО	КУРСОВОЙ ПРОЕКТ	КУРСОВАЯ РАБОТА	ДРУГИЕ ВИДЫ САМОСТ. РАБОТЫ	
3	6	3	108	51	34	0	17	57	0	0	57	ЭКЗ.

*ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ*

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА СОСТАВЛЕНА В СООТВЕТСТВИИ С ТРЕБОВАНИЯМИ ФЕДЕРАЛЬНОГО  
ГОСУДАРСТВЕННОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО СТАНДАРТА ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ (ФГОС ВО)**

**15.03.01 Машиностроение**

год набора группы: 2025

Программу составил:

Кафедра Е4 **ВЫСОКОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ УСТРОЙСТВА АВТОМАТИЧЕСКИХ СИСТЕМ** \_\_\_\_\_

Филин Дмитрий Сергеевич, к.т.н., доцент, доцент

Программа рассмотрена

на заседании кафедры-разработчика

рабочей программы **Е4 ВЫСОКОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ УСТРОЙСТВА АВТОМАТИЧЕСКИХ СИСТЕМ**

Заведующий кафедрой Нестеров Н.И., к.т.н., доц. \_\_\_\_\_

Программа рассмотрена

на заседании выпускающей кафедры

**Е4 ВЫСОКОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ УСТРОЙСТВА АВТОМАТИЧЕСКИХ СИСТЕМ**

Заведующий кафедрой Нестеров Н.И., к.т.н., доц. \_\_\_\_\_

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ ТЕОРИЯ ПЛАСТИЧНОСТИ**

### **Разделы рабочей программы**

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ
2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО
3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ
4. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ
5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ
6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### **Приложения к рабочей программе дисциплины**

- Приложение 1. Аннотация рабочей программы
- Приложение 2. Технологии и формы обучения
- Приложение 3. Фонды оценочных средств

## 1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

ПК-1.2 — Способен определять напряженно-деформированное состояние заготовки в процессе ее пластического деформирования

Формированию компетенций служит достижение следующих результатов образования:

### **ПК-1.2**

*знания:*

основных математических, физических и других положений и законов пластического деформирования металлов, необходимых для применения в области обработки металлов давлением при изготовлении общей машиностроительной продукции, а также изделий патронно-гильзового производства и иных металлических элементов боеприпасов;

*умения:*

применять основные теоретические зависимости для описания и анализа напряжённо-деформированного состояния пластически деформируемого тела при обработке металлов давлением, а также использовать результаты такого анализа при разработке технологических процессов изготовления изделий общего и специального машиностроения;

*навыки:*

проведения расчетов параметров напряженно-деформированного состояния заготовок в процессе обработки металлов давлением.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП ВО

Дисциплина **ТЕОРИЯ ПЛАСТИЧНОСТИ** является дисциплиной **части, формируемой участниками образовательных отношений блока 1**, программы подготовки по направлению *15.03.01 Машиностроение*.

Содержание дисциплины является логическим продолжением дисциплин: **ФИЗИКА, ВЫСШАЯ МАТЕМАТИКА, СОПРОТИВЛЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ, МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ И ТЕХНОЛОГИИ КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ, ФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПЛАСТИЧЕСКОЙ ДЕФОРМАЦИИ.**

Содержание дисциплины является основой для освоения дисциплин: **ТЕОРИЯ ОБРАБОТКИ МЕТАЛЛОВ ДАВЛЕНИЕМ, МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ОБРАБОТКИ МЕТАЛЛОВ ДАВЛЕНИЕМ, ТЕХНОЛОГИЯ ЛИСТОВОЙ ШТАМПОВКИ, ТЕХНОЛОГИЯ ХОЛОДНОЙ ОБЪЕМНОЙ ШТАМПОВКИ, ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ В ОБРАБОТКЕ ДАВЛЕНИЕМ, ТЕХНОЛОГИЯ КОВКИ И ОБЪЕМНОЙ ШТАМПОВКИ, ТЕХНОЛОГИИ ПРУЖИННОГО ПРОИЗВОДСТВА.**

Предварительные компетенции, сформированные у обучающегося до начала изучения дисциплины:

- ОПК-1 — Способен применять естественнонаучные и общетехнические знания, методы математического анализа и моделирования в профессиональной деятельности
- ОПК-12 — Способен обеспечивать технологичность изделий и процессов их изготовления, уметь контролировать соблюдение технологической дисциплины при изготовлении изделий машиностроения
- ОПК-13 — Способен применять стандартные методы расчета при проектировании деталей и узлов изделий машиностроения
- ПК-1.2 — Способен определять напряженно-деформированное состояние заготовки в процессе ее пластического деформирования
- ПК-1.6 — Способен проводить эксперименты по исследованию технологических параметров операций обработки металлов давлением по стандартным и заданным методикам, обрабатывать и технически грамотно оформлять результаты научно-исследовательских работ в области машиностроения

### 3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 з.е., 108 ч.

#### 3.1. Содержание (дидактика) дисциплины

КУРС	СЕМЕСТР	Наименование разделов и дидактических единиц	ВСЕГО	Аудиторные занятия в контактной форме			Самостоятельная работа студентов	Формируемая компетенция, %
				ВСЕГО	Лекции	Практические занятия		ПК-1.2
3	6	<b>Раздел 1. Модель строения деформируемого твердого тела и основные положения теории пластичности.</b> Введение Модели деформируемого твердого тела Основные понятия теории пластичности.	8	2	2	0	6	5
3	6	<b>Раздел 2. Механическая сторона задачи (теория напряжений).</b> 2.1 Общие положения 2.2 Напряжения на наклонной площадке 2.3 Тензор напряжений 2.4 Главные площадки, главные оси и главные нормальные напряжения 2.5 Инварианты тензора напряжений 2.6 Эллипсоид напряжений 2.7 Главные касательные напряжения 2.8 Напряжения на октаэдрических площадках 2.9 Графическое представление напряженного состояния по Г.А. Смирнову-Аляеву и В.М. Розенбергу 2.10 Диаграмма напряжений Мора 2.11 Условия равновесия 2.11.1 Напряжения в близлежащих точках 2.11.2 Условия равновесия в декартовой системе координат 2.11.3 Осесимметричное напряженное состояние 2.11.4 Плоское напряженное состояние.	23	12	6	6	11	20
3	6	<b>Раздел 3. Геометрическая сторона задачи (теория деформации).</b> 3 Геометрическая сторона задачи (теория деформации) 3.1 Понятие о начальных и текущих координатах 3.2 Малая деформация 3.2.1 Связь между компонентами деформаций и компонентами перемещений 3.2.2 Неразрывность деформации 3.2.3 Разложение тензора малой деформации и его инварианты 3.2.4 Преобразование шара в эллипсоид 3.2.5 Графическое представление вида деформации по В.М. Розенбергу 3.3 Конечная деформация 3.3.1 Истинная деформация. Условие постоянства объема и преобразование материальной частицы 3.3.2 Понятие скорости деформации 3.3.3 Монотонная деформация 3.3.4 Схемы напряженного и деформированного состояния 3.3.5 Степень конечной деформации 3.3.6 Определение компонентов и степени деформации по размерам деформируемого тела.	23	12	6	6	11	20
3	6	<b>Раздел 4. Физическая сторона задачи (связь параметров деформации с напряжениями).</b> 4 Физическая сторона задачи (связь параметров деформации с напряжениями). 4.1 Условие пластичности 4.1.1 Условие постоянства максимальных касательных напряжений 4.1.2 Энергетическое условие пластичности 4.2 Влияние среднего главного напряжения на переход в пластическое состояние 4.2.1 Гипотеза единой кривой 4.3 Уравнения связи параметров деформации и напряжений 4.4 Связь параметров конечной деформации с напряжениями 4.5 Связь компонентов напряжений с компонентами конечной монотонной деформации 4.6 Характеристики пластичности металла 4.7 Влияние схемы напряженного состояния на пластичность 4.8 Сверхпластичность 4.9 Теория пластического течения 4.10 Деформационная теория пластичности.	21	11	6	5	10	20
3	6	<b>Раздел 5. Методы приближенного решения задач на пластическое формоизменение.</b> 5 Методы приближенного решения задач на пластическое формоизменение 5.1 Общая система уравнений для малой и для конечной деформации 5.2 Методы приближенного решения задач 5.2.1 Метод сопротивления материалов пластическому деформированию 5.2.2 Совместного решения приближенных уравнений равновесия с приближенным условием пластичности 5.2.3 Линий скольжения 5.2.4 Метод баланса работ 5.2.5 Метод баланса мощностей.	13	6	6	0	7	15
3	6	<b>Раздел 6. Основы теории разрушения.</b> 6.1 Основы механики разрушения 6.2 Критерии разрушения в напряжениях 6.3 Механика трещин 6.4 Деформационные критерии разрушения 6.5 Теория накопления разрушений.	12	6	6	0	6	10
3	6	<b>Раздел 7. Основные виды процесса пластической деформации.</b> Растяжение. Испытание растяжением. Сжатие. Напряженно-деформированное состояние материала сплошного цилиндрического тела при деформировании осевой силой. Сжатие, как метод испытания материалов с целью определения характеристик механических свойств.	8	2	2	0	6	10
Всего за 6 семестр			108	51	34	17	57	100
Всего по дисциплине			108	51	34	17	57	100

#### 3.2. Аудиторный практикум

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Тема практического занятия	Объем, ауд. часов
1	Раздел 2. Механическая сторона задачи (теория напряжений).	Решение задач по теории напряжений	4
2		Выдача домашнего задания № 1 и объяснение порядка его выполнения	2
3	Раздел 3. Геометрическая сторона задачи (теория деформации).	Решение задач по теории деформации.	4
4		Выдача домашнего задания № 2 и объяснение порядка его выполнения	2
5	Раздел 4. Физическая сторона задачи (связь параметров деформации с напряжениями).	Решение задач по связи параметров деформации с напряжениями.	3
6		Выдача домашнего задания № 3 и объяснение порядка его выполнения	2
Всего за 6 семестр			17

#### 3.3. Самостоятельная работа студента (СРС)

№ п/п	Номер и наименование раздела дисциплины	Содержание учебного задания	Объем, часов
1	Раздел 1. Модель строения деформируемого твердого тела и основные положения теории пластичности.	Изучение лекционного материала и рекомендованной литературы, подготовка к диагностической работе	6
2	Раздел 2. Механическая сторона задачи (теория напряжений).	Изучение лекционного материала и рекомендованной литературы, подготовка к диагностической работе	6

3		Выполнение домашнего задания ДЗ № 1	5
4	Раздел 3. Геометрическая сторона задачи (теория деформации).	Изучение лекционного материала и рекомендованной литературы, подготовка к диагностической работе	6
5		Выполнение домашнего задания ДЗ № 2	5
6	Раздел 4. Физическая сторона задачи (связь параметров деформации с напряжениями).	Изучение лекционного материала и рекомендованной литературы, подготовка к диагностической работе	6
7		Выполнение домашнего задания ДЗ № 3	4
8	Раздел 5. Методы приближенного решения задач на пластическое формоизменение.	Изучение лекционного материала и рекомендованной литературы, подготовка к диагностической работе	7
9	Раздел 6. Основы теории разрушения.	Изучение лекционного материала и рекомендованной литературы, подготовка к диагностической работе	6
10	Раздел 7. Основные виды процесса пластической деформации.	Изучение лекционного материала и рекомендованной литературы, подготовка к диагностической работе	6
Всего за 6 семестр			57

#### 4. ФОРМЫ КОНТРОЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

СЕМЕСТР	НЕДЕЛИ СЕМЕСТРА																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
6					ТекК, ДЗ	ДР			ТекК	ДР		ДЗ			ДЗ, ТекК	ДР	Вопр. Экз, ДЗ

Условные обозначения:

- ДР – диагностическая работа;
- ТекК – вопросы для текущего контроля;
- ДЗ – домашнее задание;
- Вопр. Экз – вопросы к экзамену.

**Текущий контроль успеваемости** студентов проводится в дискретные временные интервалы в следующих формах:

- диагностическая работа;
- вопросы для текущего контроля;
- домашнее задание;
- вопросы к экзамену.

**Промежуточная аттестация** проводится в формах:

- экзамен.

## 5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 5.1. Основная литература по дисциплине:

1. . Теория пластичности. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2018, 36 экз.
2. А. В. Титов, А. О. Фанифатов, Е. В. Затеруха. . Теория пластичности. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2014, 73 экз.
3. В. А. Голенков, С. П. Яковлев, С. А. Головин. . Теория обработки металлов давлением. М.: Машиностроение, 2013, 8 экз.
4. Г. А. Смирнов-Аляев. . Сопротивление материалов пластическому деформированию. Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1978, 131 экз.
5. К. М. Иванов, Н. И. Нестеров, Д. В. Усманов. . Прикладная теория пластичности. СПб.: Политехника, 2009, 70 экз.
6. К. М. Иванов, Н. И. Нестеров, Н. А. Бунина. . Прикладная теория пластичности. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2007, 61 экз.
7. К. М. Иванов, Э. И. Ульянов, Д. В. Усманов. . Механика предельных пластических состояний. Разрушение. Устойчивость. Волны. СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2009, 96 экз.
8. М. В. Сторожев, Е. А. Попов. . Теория обработки металлов давлением. М.: Машиностроение, 1977, 98 экз.

### 5.2. Дополнительная литература по дисциплине:

не требуется.

### 5.3. Периодические издания:

не требуются.

### 5.4. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины, электронные библиотечные системы:

1. <https://www.tnt-ebook.ru/> — TNT-EBOOK - Электронно-библиотечная система;
2. <https://moodle.voenmeh.ru/> — БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д.Ф. Устинова // Moodle;
3. <https://e.lanbook.com/> (ЭБС ЛАНЬ);
4. [http://library.voenmeh.ru/jirbis2/index.php?option=com\\_irbis&view=irbis&Itemid=474](http://library.voenmeh.ru/jirbis2/index.php?option=com_irbis&view=irbis&Itemid=474) (Электронная библиотека университета) — Фундаментальная библиотека БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова.

### Современные профессиональные базы данных:

1. <https://rusneb.ru> – Национальная электронная библиотека (НЭБ);
2. <https://cyberleninka.ru/> - Научная электронная библиотека «Киберленинка»;  
<http://www.rfbr.ru/rffi/ru/library> - Полнотекстовая электронная библиотека Российского фонда фундаментальных исследований.

### Информационные справочные системы:

1. Техэксперт – Информационный портал технического регулирования: Нормы, правила, стандарты РФ;
2. [http://library.voenmeh.ru/jirbis2/index.php?option=com\\_irbis&view=irbis&Itemid=457](http://library.voenmeh.ru/jirbis2/index.php?option=com_irbis&view=irbis&Itemid=457) - БД ГОСТов собственной генерации БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова;
3. <http://www.consultant.ru/>- КонсультантПлюс- информационный портал правовой информации.

### 5.5. Программное обеспечение:

1. PTC Mathcad Prime 5.0.

### 5.6. Информационные технологии:

взаимодействие с обучающимися посредством ЭИОС Moodle БГТУ «ВОЕНМЕХ» им. Д.Ф. Устинова.



## **6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **6.1. Лекционные занятия:**

специализированные требования по оборудованию отсутствуют; аудитория с посадочными местами по количеству студентов; доска.

### **6.2. Практические занятия:**

1. Проектор;
2. PTC Mathcad Prime 5.0.

### **6.3. Прочее:**

1. рабочее место преподавателя, оснащенное компьютером с доступом в Интернет;
2. рабочие места студентов, оснащенные компьютерами с доступом в Интернет, предназначенные для работы в электронной образовательной среде.

### Аннотация рабочей программы

Дисциплина **ТЕОРИЯ ПЛАСТИЧНОСТИ** является дисциплиной **части, формируемой участниками образовательных отношений блока 1**, программы подготовки по направлению *15.03.01 Машиностроение*. Дисциплина реализуется на факультете *Е Оружие и системы вооружения* БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д.Ф. Устинова кафедрой *Е4 ВЫСОКОЭНЕРГЕТИЧЕСКИЕ УСТРОЙСТВА АВТОМАТИЧЕСКИХ СИСТЕМ*.

Дисциплина нацелена на формирование *компетенций*:

ПК-1.2 Способен определять напряженно-деформированное состояние заготовки в процессе ее пластического деформирования.

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с основными теоретическими вопросами описания и анализа процесса пластической деформации металлов при обработке давлением. Разобраны основы описания модели деформируемого твердого тела, теории напряжений (механическая сторона задачи), теории деформаций (геометрическая сторона задачи), связи параметров деформаций и напряжений (Физическая сторона задачи), методов приближенного решения задач на пластическое формоизменение. Приведены основные теоретические сведения и описаны причины процесса разрушения при пластической деформации. Разобраны примеры описания конкретных простых операций ОМД.

Программой дисциплины предусмотрены следующие **виды контроля**:

**Текущий контроль успеваемости** студентов проводится в дискретные временные интервалы в следующих формах:

- диагностическая работа;
- вопросы для текущего контроля;
- домашнее задание;
- вопросы к экзамену.

**Промежуточная аттестация** проводится в формах:

- экзамен.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет **3 з.е., 108 ч**. Программой дисциплины предусмотрены лекционные занятия (**34 ч.**), практические занятия (**17 ч.**), самостоятельная работа студента (**57 ч.**).

## ТЕХНОЛОГИИ И ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ

### Рекомендации по освоению дисциплины для студента

Трудоемкость освоения дисциплины составляет 108 ч., из них 51 ч. аудиторных занятий, и 57 ч., отведенных на самостоятельную работу студента.

Рекомендации по распределению учебного времени по видам самостоятельной работы и разделам дисциплины приведены в таблице.

Контроль освоения дисциплины производится в соответствии с Положением о текущем, рубежном контроле успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся.

Формы контроля и критерии оценивания приведены в приложении 3 к Рабочей программе.

Наименование работы	Рекомендуемая литература	Трудоемкость, час.
<b>Раздел 1. Модель строения деформируемого твердого тела и основные положения теории пластичности.</b>		
Изучение лекционного материала и рекомендованной литературы, подготовка к диагностической работе	А. В. Титов, А. О. Фанифатов, Е. В. Затеруха. . Теория пластичности: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2014 (с. 3-12) М. В. Сторожев, Е. А. Попов. . Теория обработки металлов давлением: М.: Машиностроение, 1977 (1) К. М. Иванов, Н. И. Нестеров, Н. А. Бунина. . Прикладная теория пластичности: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2007 (1) К. М. Иванов, Н. И. Нестеров, Д. В. Усманов. . Прикладная теория пластичности: СПб.: Политехника, 2009 (Введение, с.4-28)	6
Итого по разделу 1		6
<b>Раздел 2. Механическая сторона задачи (теория напряжений).</b>		
Изучение лекционного материала и рекомендованной литературы, подготовка к диагностической работе	А. В. Титов, А. О. Фанифатов, Е. В. Затеруха. . Теория пластичности: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2014 (с. 19-39) . Теория пластичности: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2018 (с. 3-48) К. М. Иванов, Н. И. Нестеров, Д. В. Усманов. . Прикладная теория пластичности: СПб.: Политехника, 2009 (с. 72-96) Г. А. Смирнов-Аляев. . Сопротивление материалов пластическому деформированию: Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1978 (2) В. А. Голенков, С. П. Яковлев, С. А. Головин. . Теория обработки металлов давлением: М.: Машиностроение, 2013 (2)	6
Выполнение домашнего задания ДЗ № 1	М. В. Сторожев, Е. А. Попов. . Теория обработки металлов давлением: М.: Машиностроение, 1977 (3) К. М. Иванов, Н. И. Нестеров, Н. А. Бунина. . Прикладная теория пластичности: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2007 (4)	5
Итого по разделу 2		11
<b>Раздел 3. Геометрическая сторона задачи (теория деформации).</b>		
Изучение лекционного материала и рекомендованной литературы, подготовка к диагностической работе	. Теория пластичности: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2018 (с. 49-69) В. А. Голенков, С. П. Яковлев, С. А. Головин. . Теория обработки металлов давлением: М.: Машиностроение, 2013 (3)	6
Выполнение домашнего задания ДЗ № 2	М. В. Сторожев, Е. А. Попов. . Теория обработки металлов давлением: М.: Машиностроение, 1977 (4) К. М. Иванов, Н. И. Нестеров, Д. В. Усманов. . Прикладная теория пластичности: СПб.: Политехника, 2009 (с. 29-72) А. В. Титов, А. О. Фанифатов, Е. В. Затеруха. . Теория пластичности: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2014 (с.40-63) Г. А. Смирнов-Аляев. . Сопротивление материалов пластическому деформированию: Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1978 (1) К. М. Иванов, Н. И. Нестеров, Н. А. Бунина. . Прикладная	5

	теория пластичности: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2007 (2, 3)	
Итого по разделу 3		11
<b>Раздел 4. Физическая сторона задачи (связь параметров деформации с напряжениями).</b>		
Изучение лекционного материала и рекомендованной литературы, подготовка к диагностической работе	. Теория пластичности: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2018 (с. 75-77) М. В. Сторожев, Е. А. Попов. . Теория обработки металлов давлением: М.: Машиностроение, 1977 (5) В. А. Голенков, С. П. Яковлев, С. А. Головин. . Теория обработки металлов давлением: М.: Машиностроение, 2013 (4) Г. А. Смирнов-Аляев. . Сопротивление материалов пластическому деформированию: Л.: Машиностроение. Ленингр. отд-ние, 1978 (3)	6
Выполнение домашнего задания ДЗ № 3	А. В. Титов, А. О. Фанифатов, Е. В. Затеруха. . Теория пластичности: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2014 (с. 64-71)	4
Итого по разделу 4		10
<b>Раздел 5. Методы приближенного решения задач на пластическое формоизменение.</b>		
Изучение лекционного материала и рекомендованной литературы, подготовка к диагностической работе	М. В. Сторожев, Е. А. Попов. . Теория обработки металлов давлением: М.: Машиностроение, 1977 (6) А. В. Титов, А. О. Фанифатов, Е. В. Затеруха. . Теория пластичности: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2014 (с.85-90) К. М. Иванов, Н. И. Нестеров, Д. В. Усманов. . Прикладная теория пластичности: СПб.: Политехника, 2009 (с. 298-319) В. А. Голенков, С. П. Яковлев, С. А. Головин. . Теория обработки металлов давлением: М.: Машиностроение, 2013 (6)	7
Итого по разделу 5		7
<b>Раздел 6. Основы теории разрушения.</b>		
Изучение лекционного материала и рекомендованной литературы, подготовка к диагностической работе	К. М. Иванов, Э. И. Ульянов, Д. В. Усманов. . Механика предельных пластических состояний. Разрушение. Устойчивость. Волны: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2009 (2)	6
Итого по разделу 6		6
<b>Раздел 7. Основные виды процесса пластической деформации.</b>		
Изучение лекционного материала и рекомендованной литературы, подготовка к диагностической работе	К. М. Иванов, Н. И. Нестеров, Д. В. Усманов. . Прикладная теория пластичности: СПб.: Политехника, 2009 (с. 109-132)	6
Итого по разделу 7		6

## ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Фонд оценочных средств, позволяющие оценить результаты обучения по данной дисциплине, включают в себя:

- диагностическая работа
- вопросы к экзамену;
- вопросы для текущего контроля;
- домашнее задание;
- экзамен.

### Критерии оценивания

#### Диагностическая работа

Диагностическая работа проводится в форме теста в ЭИОС Moodle:

- при правильном ответе менее чем на 60% вопросов - не аттестация;
- при правильном ответе на 60% вопросов и более - аттестация.

#### Вопросы к экзамену

Экзаменационные вопросы

1. Модель строения деформируемого твёрдого тела, основные свойства. Стороны задачи теории пластичности и их фундаментальные понятия.
2. Упрощённые модели деформируемого тела. Виды и область применения.
3. Общие понятия и положения теории напряжений.
4. Напряжения на наклонной площадке.
5. Тензор напряжений.
6. Понятие о главных площадках, главных осях и главных нормальных напряжениях.
7. Инварианты и инвариантные характеристики тензора напряжений.
8. Эллипсоид напряжений. Порядок построения и основные свойства.
9. Главные касательные напряжения.
10. Напряжения на октаэдрических площадках и графическая интерпретация напряжённого состояния по В.М. Розенбергу.
11. Диаграмма напряжений Мора и порядок её построения.
12. Основные свойства диаграммы Мора.
13. Условия равновесия. Напряжения в близлежащих точках.
14. Условия равновесия в декартовой системе координат. Общий вид.
15. Условия равновесия при осесимметричном напряжённом состоянии.
16. Условия равновесия при плоском напряжённом состоянии.
17. Понятие о текущих и начальных координатах.
18. Виды пластической деформации и способы её оценки. Понятие однородной деформации.
19. Малая деформация и тензор малой деформации.
20. Связь между компонентами малой деформации и компонентами перемещений.
21. Разложение тензора малой деформации и его инварианты.
22. Преобразование шара в эллипсоид.
23. Истинная деформация. Условие постоянства объёма и преобразование материальной частицы.
24. Понятие о скорости деформации. Связь компонентов скорости деформации и скорости перемещений.
25. Тензор конечной деформации и его инварианты.
26. Монотонная деформация.
27. Механическая схема напряжённо-деформированного состояния.
28. Условие пластичности. Основные положения.
29. Условие пластичности Треска – Сен-Венана.
30. Условие пластичности Губера – Мизеса – Генки.
31. Влияние среднего главного напряжения на переход в пластическое состояние.
32. Гипотеза единой кривой.
33. Уравнения связи компонентов напряжённого и деформированного состояния. Малая деформация.
34. Уравнения связи компонентов напряжённого и деформированного состояния. Конечная деформация.
35. Уравнения связи компонентов напряжённого и деформированного состояния. Монотонная конечная деформация.
36. Влияние схемы напряжённого состояния на пластичность.
37. Явление сверхпластичности. Условия и проблемы реализации.
38. Теория пластического течения. Основные положения и зависимости теории.
39. Деформационная теория пластичности. Основные положения и зависимости теории.
40. Общая система уравнений для решения задачи на пластическое деформирование и её вид при монотонной деформации.
41. Методы приближённого решения. Общие положения основных методов.

42. Методы приближённого решения. Метод совместного решения уравнений равновесия и условия пластичности.
43. Методы приближённого решения. Энергетические методы.
44. Основы механики разрушения.
45. Основные теории формирования трещин.
46. Основные теории роста трещин.
47. Критерий разрушения в напряжениях.
48. Деформационный критерий разрушения.

#### **Вопросы для текущего контроля**

Список вопросов текущего контроля в форме диагностической работы разрабатывают (обновляют) в течении семестра в соответствии с материалами, которые изучают обучающиеся в установленные временные промежутки.

#### **Домашнее задание**

Домашние задания по дисциплине предусматривает сдачу отчёта о выполнении расчётного задания по разделам "теория напряжений" (ДЗ №1), "теория деформаций" (ДЗ №2) и "связь напряжений и деформаций" (ДЗ №3). Индивидуальное задание состоит из нескольких частей.

Задание считается выполненным и сданным, если правильно решены все задачи задания.

Отчёт о выполнении домашнего задания должен быть оформлен в рукописном виде с выполнением требований ГОСТ 7.32-2017.

Примеры вариантов для расчётных домашних заданий и выполненных отчётов приведены в УМК дисциплины.

#### **Экзамен**

При сдаче экзамена в течении промежуточной аттестации обучающемуся выдают 3 вопроса из общего списка. При проведении итогового контроля в виде опроса обучающегося рекомендуются следующие критерии: Оценка «отлично» выставляется обучающемуся, полностью освоившему материал дисциплины, способного исчерпывающе, грамотно и логически стройно его излагать. Обучающийся не затрудняется с ответом при видоизменении задания, свободно справляется с задачами, вопросами и другими видами применения знаний, показывает знакомство с литературой, правильно обосновывает принятые решения.

Оценка «хорошо» выставляется обучающемуся, знающему материал дисциплины, грамотно и по существу излагающему его. Обучающийся не допускает существенных неточностей в ответе на вопрос, правильно применяет теоретические положения при решении практических вопросов и задач, владеет необходимыми навыками и приемами их выполнения.

Оценка «удовлетворительно» выставляется обучающемуся, который имеет знания только основного материала, но не усвоил деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения последовательности в изложении программного материала и испытывает затруднения при выполнении практических задач.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, который не знает значительной части материала дисциплины, допускает существенные ошибки, неуверенно, с большими затруднениями решает практические задачи.

Выставление оценки за промежуточную аттестацию (сдача экзамена) возможно путём оценки текущей успеваемости обучающегося в соответствии с регламентом балльно-рейтинговой системы и технологической картой дисциплины, размещённой в СДО Moodle.

Регламент балльно-рейтинговой системы для составления технологической карты и выставления оценки устанавливают приказом ректора.

КУРС	СЕМЕСТР	Наименование разделов и дидактических единиц	ВСЕГО	Аудиторные занятия в контактной форме			Самостоятельная работа студентов	Формируемая компетенция, %	НАИМЕНОВАНИЕ ОЦЕНОЧНОГО СРЕДСТВА
				ВСЕГО	Лекции	Практические занятия		ПК-1.2	
3	6	Раздел 1. Модель строения деформируемого твердого тела и основные положения теории пластичности.	8	2	2	0	6	5	Вопросы к экзамену, Вопросы для текущего контроля
3	6	Раздел 2. Механическая сторона задачи (теория напряжений).	23	12	6	6	11	20	Вопросы к экзамену, Домашнее задание, Вопросы для текущего контроля
3	6	Раздел 3. Геометрическая сторона задачи (теория деформации).	23	12	6	6	11	20	Вопросы к экзамену, Домашнее задание, Вопросы для текущего контроля
3	6	Раздел 4. Физическая сторона задачи (связь параметров деформации с напряжениями).	21	11	6	5	10	20	Домашнее задание, Вопросы к экзамену, Вопросы для текущего контроля
3	6	Раздел 5. Методы приближенного решения задач на пластическое формоизменение.	13	6	6	0	7	15	Вопросы к экзамену, Вопросы для текущего контроля
3	6	Раздел 6. Основы теории разрушения.	12	6	6	0	6	10	Вопросы к экзамену, Вопросы для текущего контроля
3	6	Раздел 7. Основные виды процесса пластической деформации.	8	2	2	0	6	10	Вопросы к экзамену, Вопросы для текущего контроля

<b>Всего за 6 семестр</b>	108	51	34	17	57	100	
<b>Всего по дисциплине</b>	108	51	34	17	57	100	



## Оценочные материалы по дисциплине ТЕОРИЯ ПЛАСТИЧНОСТИ

### ПК-1.2 - Способен определять напряженно-деформированное состояние заготовки в процессе ее пластического деформирования

- № 1 Прочитайте текст и установите последовательность  
Прочитайте текст и установите последовательность.

Приведён тензор напряжений материального элемента через основные площадки. Укажите общую последовательность проведения расчётов для определения параметров и вида напряжённого состояния.

Запишите соответствующую последовательность цифр слева направо без пробелов и точек.

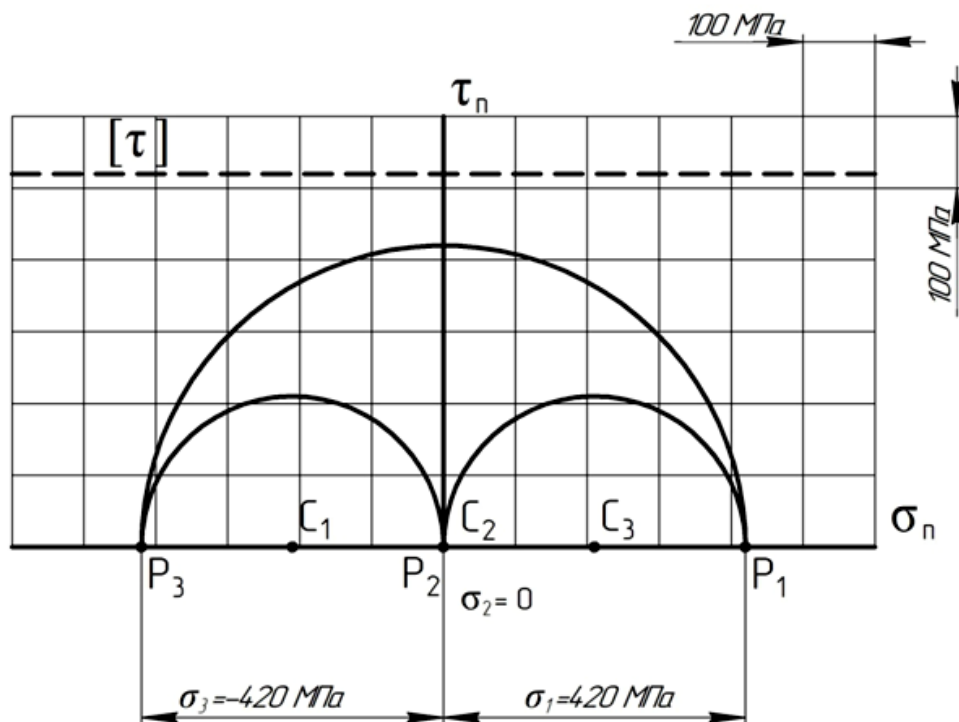
1.  $\sigma_{cp}$
2.  $I_3(D_\sigma)$
3.  $v_\sigma$
4.  $D_\sigma$
5.  $\beta_\sigma$
6.  $T_\sigma^0$
7.  $\sigma_i$

- № 2 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ  
Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ.

Какова скорость деформирования цилиндрического образца при сжатии, если его исходная длина  $l_0 = 50$  мм, а скорость движения траверсы испытательной машины  $V = 2$  мм/с?

- № 3 Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ  
Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ.

Напряжённое состояние материальной частицы описано круговой диаграммой напряжений Мора.



- Какой вид напряжённого состояния характеризует диаграмма и приводит ли он к разрушению материала?
- № 4 Прочитайте текст и установите соответствие
- Прочитайте текст и установите соответствие.

Соотнесите основные уравнения теории напряжений и параметры напряжённого состояния, которые определяют с их помощью.

К каждой позиции в левом столбце, выберите позицию из правого столбца.

1.	$\frac{\sigma_x + \sigma_y + \sigma_z}{3}$	А.	$\sigma_{cp}$
2.	$-\frac{I_1(T_\sigma)}{3}$	Б.	p
3.	$\frac{1}{\sqrt{2}} \sqrt{(\sigma_x - \sigma_y)^2 + (\sigma_y - \sigma_z)^2 + (\sigma_z - \sigma_x)^2 + 6(\tau_{xy}^2 + \tau_{yz}^2 + \tau_{zx}^2)}$	В.	$\sigma_i$
4.	$\frac{\operatorname{tg}(\beta_\sigma - 30^\circ)}{\operatorname{tg}(30^\circ)}$	Г.	$v_\sigma$
5.	$\frac{2\sigma_2 - \sigma_1 - \sigma_3}{\sigma_1 - \sigma_3}$		
6.	$\frac{1}{\sqrt{2}} \sqrt{(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2}$		
7.	$-\frac{\sigma_x + \sigma_y + \sigma_z}{3}$		
8.	$\frac{\sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3}{3}$		

№ 5 Прочитайте текст и установите соответствие  
Прочитайте текст и установите соответствие.

Соотнесите основные уравнения теории деформаций и параметры деформированного состояния, которые определяют с их помощью.

К каждой позиции в левом столбце, подберите позицию из правого столбца.

1.	$\sqrt{\frac{4}{3}} \cdot I_2(D_\varepsilon)$	А.	$\varepsilon_i$
2.	$\frac{\sqrt{2}}{3} \sqrt{(\varepsilon_x - \varepsilon_y)^2 + (\varepsilon_y - \varepsilon_z)^2 + (\varepsilon_z - \varepsilon_x)^2 + \frac{3}{2}(\gamma_{xy}^2 + \gamma_{yz}^2 + \gamma_{zx}^2)}$	Б.	$v_\varepsilon$
3.	$\frac{\operatorname{tg}(\beta_\varepsilon - 30^\circ)}{\operatorname{tg}(30^\circ)}$	В.	$\beta_\varepsilon$
4.	$\frac{2\varepsilon_2 - \varepsilon_1 - \varepsilon_3}{\varepsilon_1 - \varepsilon_3}$	Г.	
5.	$\frac{4}{\varepsilon_i^3} \cdot I_3(D_\varepsilon)$		
6.	$\frac{\sqrt{2}}{3} \sqrt{(\varepsilon_1 - \varepsilon_2)^2 + (\varepsilon_2 - \varepsilon_3)^2 + (\varepsilon_3 - \varepsilon_1)^2}$		

№ 6 Прочитайте текст и установите последовательность

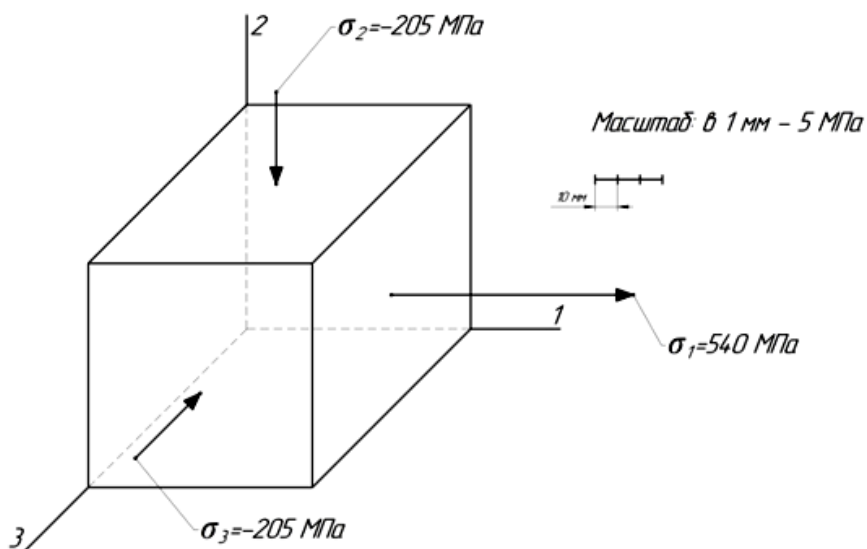
Прочитайте текст и установите последовательность.

Приведены функции проекций перемещения материальной точки  $U_x$ ,  $U_y$ ,  $U_z$ . Укажите общую последовательность проведения расчётов для определения параметров и вида деформированного состояния (для малой деформации).

Запишите соответствующую последовательность цифр слева направо без пробелов и точек.

1.  $v_\sigma$
2.  $\varepsilon_{cp}$
3.  $\varepsilon_x, \varepsilon_y, \varepsilon_z$
4.  $D_\varepsilon$
5.  $\gamma_{xy}, \gamma_{yz}, \gamma_{zx}$
6.  $I_3(D_\varepsilon)$
7.  $\beta_\sigma$
8.  $T_\varepsilon$
9.  $\varepsilon_i$
10.  $T_\varepsilon^0$

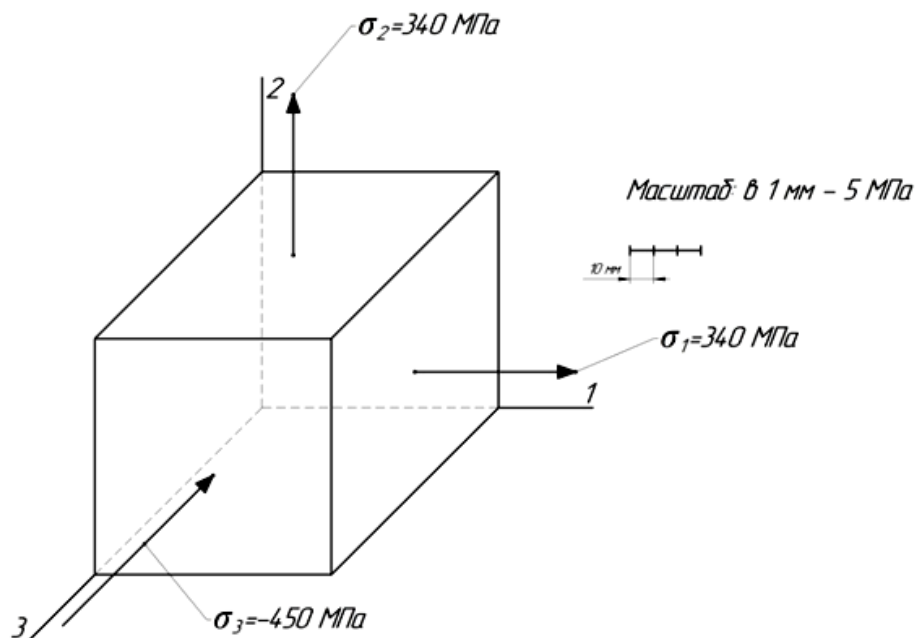
- № 7 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа  
Какой вид напряжённого состояния характеризует приведённая схема напряжений?



Запишите номер выбранного ответа без точки и обоснование выбора

1. Простое растяжение
2. Простой сдвиг
3. Простое сжатие
4. Растяжение

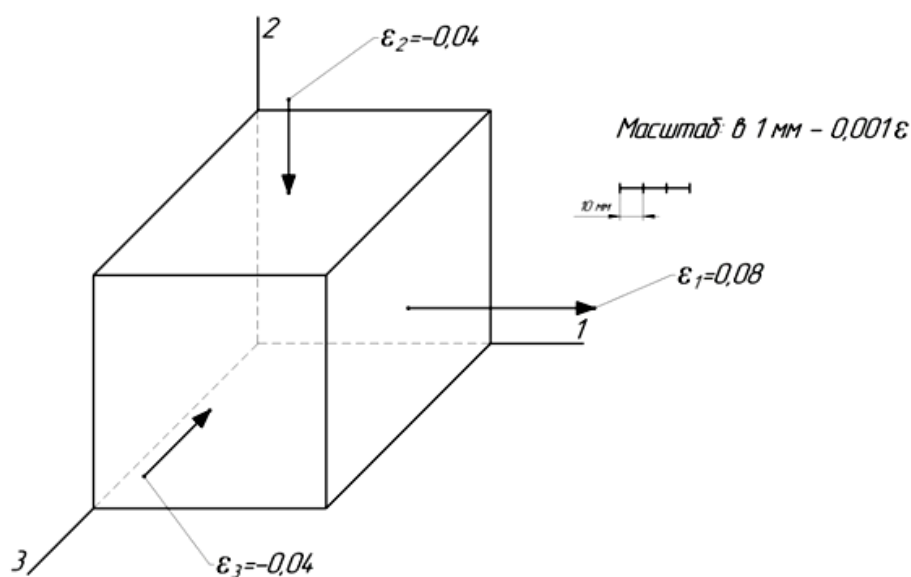
- № 8 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа  
Какой вид напряжённого состояния характеризует приведённая схема напряжений?



Запишите номер выбранного ответа без точки и обоснование выбора

1. Простое растяжение
2. Простой сдвиг
3. Простое сжатие
4. Сжатие

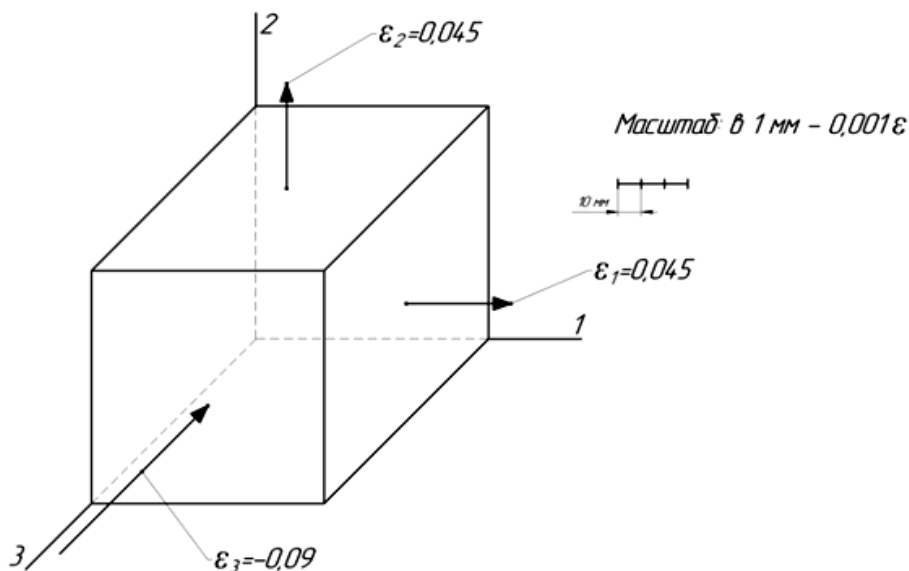
№ 9 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа  
Какой вид деформированного состояния характеризует приведённая схема деформаций?



Запишите номер выбранного ответа без точки и обоснование выбора

1. Простое растяжение
2. Простой сдвиг
3. Простое сжатие
4. Растяжение

№ 10 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа  
Какой вид деформированного состояния характеризует приведённая схема деформаций?



Запишите номер выбранного ответа без точки и обоснование выбора

1. Простое растяжение
2. Простой сдвиг
3. Простое сжатие
4. Сжатие

№ 11 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов  
Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа.

Укажите взаимосвязанные параметры, которые характеризуют одну и ту же особенность напряжённого состояния.

Запишите номера выбранных ответов без пробелов и точек и обоснование выбора

1. Шаровой тензор напряжений
2. Девиатор напряжений
3. Первый инвариант тензора напряжений
4. Третий инвариант тензора напряжений

№ 12 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов  
Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа.

Укажите взаимосвязанные параметры, которые характеризуют одну и ту же особенность деформированного состояния.

Запишите номера выбранных ответов без пробелов и точек и обоснование выбора.

1. Шаровой тензор деформаций
2. Девиатор деформаций
3. Второй инвариант тензора деформаций
4. Интенсивность деформаций

№ 13 Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответов  
Прочитайте текст, выберите правильные ответы и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа.

Представлены несколько схем напряжённого состояния. Какие из них можно объединить в одну группу?

Запишите номера выбранных ответов без пробелов и точек и обоснование выбора.

