

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 | Заочная |
| 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 | |
| 4 | 7 | 3 | 108 | 8 | 6 | 0 | 2 | 100 | 0 | 0 | 100 | 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 |
| 4 | 7 | Раздел 1. Модель строения деформируемого твердого тела и основные положения теории пластичности. Введение Модели деформируемого твердого тела Основные понятия теории пластичности. | 12 | 1 | 1 | 0 | 11 | 5 |
| 4 | 7 | Раздел 2. Механическая сторона задачи (теория напряжений). 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. | 20 | 2 | 1 | 1 | 18 | 20 |
| 4 | 7 | Раздел 3. Геометрическая сторона задачи (теория деформации). 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. | 20 | 2 | 1 | 1 | 18 | 20 |
| 4 | 7 | Раздел 4. Физическая сторона задачи (связь параметров деформации с напряжениями). 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 | 1 | 1 | 0 | 20 | 20 |
| 4 | 7 | Раздел 5. Методы приближенного решения задач на пластическое формоизменение. 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. | 15 | 1 | 1 | 0 | 14 | 15 |
| 4 | 7 | Раздел 6. Основы теории разрушения. 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. | 13 | 1 | 1 | 0 | 12 | 10 |
| 4 | 7 | Раздел 7. Основные виды процесса пластической деформации. 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. | 7 | 0 | 0 | 0 | 7 | 10 |
| Всего за 7 семестр | | | 108 | 8 | 6 | 2 | 100 | 100 |
| Всего по дисциплине | | | 108 | 8 | 6 | 2 | 100 | 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. Выдача домашнего задания № 1 и объяснение порядка его выполнения | 1 |
| 2 | Раздел 3. Геометрическая сторона задачи (теория деформации). | Решение задач по теории деформации. Выдача домашнего задания № 2 и объяснение порядка его выполнения | 1 |
| Всего за 7 семестр | | | 2 |

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 | 11 |
| 2 | Раздел 2. Механическая сторона задачи (теория напряжений). | Изучение лекционного материала и рекомендованной литературы, подготовка к диагностической работе | 13 |
| 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 | 13 |
| 5 | | Выполнение домашнего задания ДЗ № 2 | 5 |
| 6 | Раздел 4. Физическая сторона задачи (связь | Изучение лекционного материала и | 16 |

| | | | |
|--------------------|--|--|-----|
| | параметров деформации с напряжениями). | рекомендованной литературы, подготовка к диагностической работе | |
| 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 | 14 |
| 9 | Раздел 6. Основы теории разрушения. | Изучение лекционного материала и рекомендованной литературы, подготовка к диагностической работе | 12 |
| 10 | Раздел 7. Основные виды процесса пластической деформации. | Изучение лекционного материала и рекомендованной литературы, подготовка к диагностической работе | 7 |
| Всего за 7 семестр | | | 100 |

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 |
| 7 | | | | | 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 (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 - 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 (**6 ч.**), практические занятия (**2 ч.**), самостоятельная работа студента (**100 ч**).

ТЕХНОЛОГИИ И ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ

Рекомендации по освоению дисциплины для студента

Трудоемкость освоения дисциплины составляет 108 ч., из них 8 ч. аудиторных занятий, и 100 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. |
|---|--|--------------------|
| Раздел 1. Модель строения деформируемого твердого тела и основные положения теории пластичности. | | |
| Изучение лекционного материала и рекомендованной литературы, подготовка к диагностической работе | 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) А. В. Титов, А. О. Фанифатов, Е. В. Затеруха. . Теория пластичности: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2014 (с. 3-12) | 11 |
| Итого по разделу 1 | | 11 |
| Раздел 2. Механическая сторона задачи (теория напряжений). | | |
| 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) К. М. Иванов, Н. И. Нестеров, Д. В. Усманов. . Прикладная теория пластичности: СПб.: Политехника, 2009 (с. 72-96) . Теория пластичности: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2018 (с. 3-48) 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) | 13 |
| 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 | | 18 |
| Раздел 3. Геометрическая сторона задачи (теория деформации). | | |
| Изучение лекционного материала и рекомендованной литературы, подготовка к диагностической работе | В. А. Голенков, С. П. Яковлев, С. А. Головин. . Теория обработки металлов давлением: М.: Машиностроение, 2013 (3) 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 теория пластичности: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2007 (2, 3) | 13 |
| Выполнение домашнего задания ДЗ № 2 | | 5 |

| | | |
|--|--|----|
| | . Теория пластичности: СПб.БГТУ "ВОЕНМЕХ" им. Д. Ф. Устинова, 2018 (с. 49-69) | |
| Итого по разделу 3 | | 18 |
| Раздел 4. Физическая сторона задачи (связь параметров деформации с напряжениями). | | |
| 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) | 16 |
| 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 | | 20 |
| Раздел 5. Методы приближенного решения задач на пластическое формоизменение. | | |
| 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) | 14 |
| Итого по разделу 5 | | 14 |
| Раздел 6. Основы теории разрушения. | | |
| 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) | 12 |
| Итого по разделу 6 | | 12 |
| Раздел 7. Основные виды процесса пластической деформации. | | |
| 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) | 7 |
| Итого по разделу 7 | | 7 |

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.

Возможна сдача экзамена по результатам выполнения тестов текущей аттестации или общего итогового теста по материалам семестра.

Критерии оценки теста:

85% и более - зачтено-отлично;

75% и более - зачтено-хорошо;

60% и более - зачтено-удовлетворительно;

менее 60% - не зачтено.

Результаты тестов могут быть учтены только при условии выполнении лабораторной работы.

| 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 | |
| 4 | 7 | Раздел 1. Модель строения деформируемого твердого тела и основные положения теории пластичности. | 12 | 1 | 1 | 0 | 11 | 5 | Вопросы к экзамену, Вопросы для текущего контроля |
| 4 | 7 | Раздел 2. Механическая сторона задачи (теория напряжений). | 20 | 2 | 1 | 1 | 18 | 20 | Вопросы к экзамену, Домашнее задание, Вопросы для текущего контроля |
| 4 | 7 | Раздел 3. Геометрическая сторона задачи (теория деформации). | 20 | 2 | 1 | 1 | 18 | 20 | Вопросы к экзамену, Домашнее задание, Вопросы для текущего контроля |
| 4 | 7 | Раздел 4. Физическая сторона задачи (связь параметров деформации с напряжениями). | 21 | 1 | 1 | 0 | 20 | 20 | Домашнее задание, Вопросы к экзамену, Вопросы для текущего контроля |
| 4 | 7 | Раздел 5. Методы приближенного решения задач на пластическое формоизменение. | 15 | 1 | 1 | 0 | 14 | 15 | Вопросы к экзамену, Вопросы для текущего контроля |
| 4 | 7 | Раздел 6. Основы теории разрушения. | 13 | 1 | 1 | 0 | 12 | 10 | Вопросы к экзамену, Вопросы для текущего контроля |
| 4 | 7 | Раздел 7. Основные виды процесса пластической деформации. | 7 | 0 | 0 | 0 | 7 | 10 | Вопросы к экзамену, Вопросы для текущего контроля |

| | | | | | | | |
|----------------------------|-----|---|---|---|-----|-----|--|
| Всего за 7 семестр | 108 | 8 | 6 | 2 | 100 | 100 | |
| Всего по дисциплине | 108 | 8 | 6 | 2 | 100 | 100 | |

Оценочные материалы по дисциплине ТЕОРИЯ ПЛАСТИЧНОСТИ

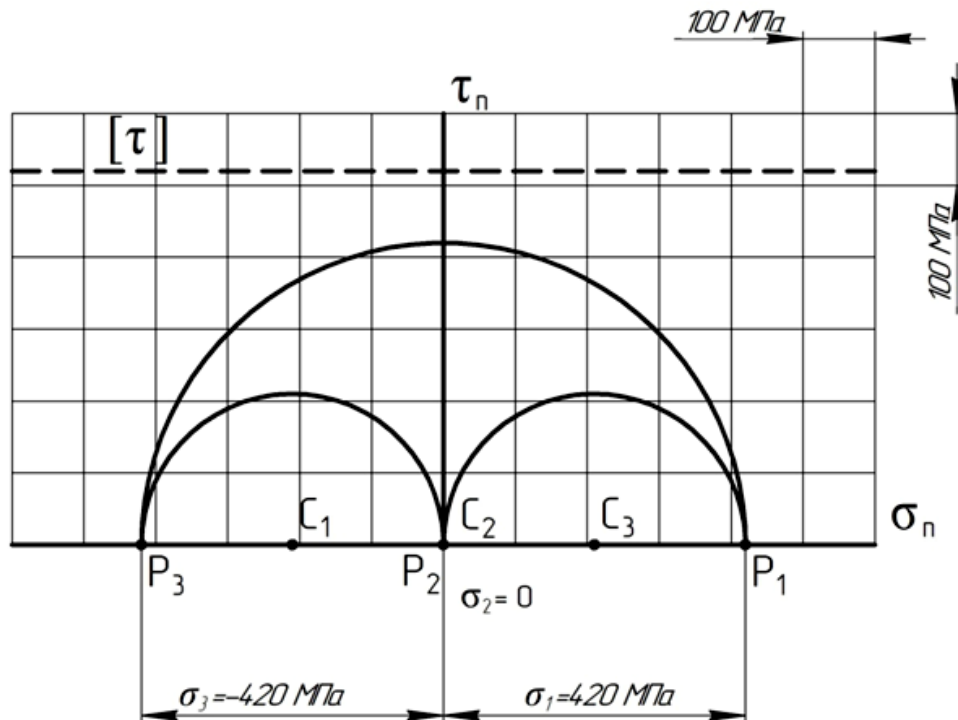
ПК-1.2 - Способен определять напряженно-деформированное состояние заготовки в процессе ее пластического деформирования

- № 1 Прочитайте текст и 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?

- № 2 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?

- № 3 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. | σ_{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. | σ_i |
| 4. | $\frac{\operatorname{tg}(\beta_\sigma - 30^\circ)}{\operatorname{tg}(30^\circ)}$ | Г. | v_σ |
| 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. | $\frac{\sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3}{3}$ | | |

№ 4 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. | ε_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_ε |
| 3. | $\frac{\operatorname{tg}(\beta_\varepsilon - 30^\circ)}{\operatorname{tg}(30^\circ)}$ | В. | β_ε |
| 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. | $\frac{\sqrt{2}}{3} \sqrt{(\varepsilon_1 - \varepsilon_2)^2 + (\varepsilon_2 - \varepsilon_3)^2 + (\varepsilon_3 - \varepsilon_1)^2}$ | | |

№ 5 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. σ_{cp}
2. $I_3(D_\sigma)$
3. ν_σ
4. D_σ
5. β_σ
6. T_σ^0
7. σ_i

№ 6 Прочитайте текст и установите последовательность

Прочитайте текст и установите последовательность.

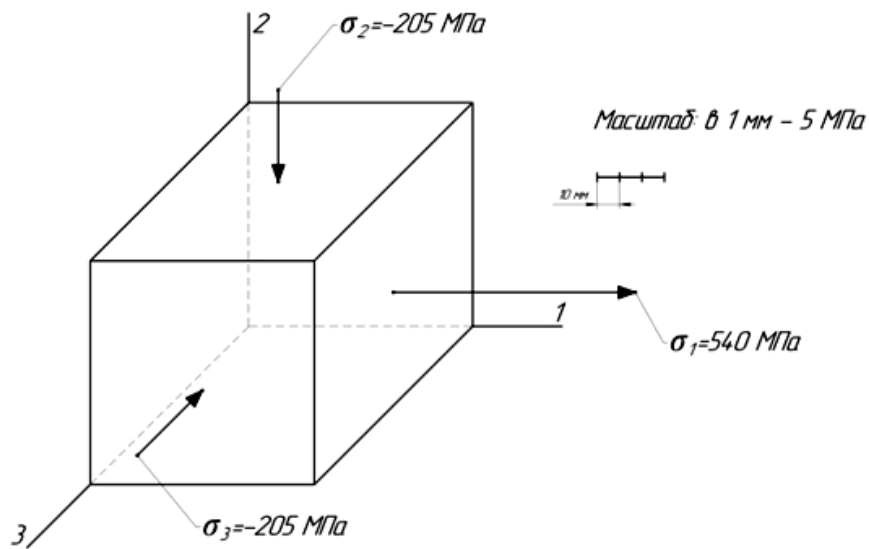
Приведены функции проекций перемещения материальной точки U_x , U_y , U_z . Укажите общую последовательность проведения расчётов для определения параметров и вида деформированного состояния (для малой деформации).

Запишите соответствующую последовательность цифр слева направо без пробелов и точек.

1. ν_σ
2. ε_{cp}
3. $\varepsilon_x, \varepsilon_y, \varepsilon_z$
4. D_ε
5. $\gamma_{xy}, \gamma_{yz}, \gamma_{zx}$
6. $I_3(D_\varepsilon)$
7. β_σ
8. T_ε
9. ε_i
10. T_ε^0

№ 7 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа

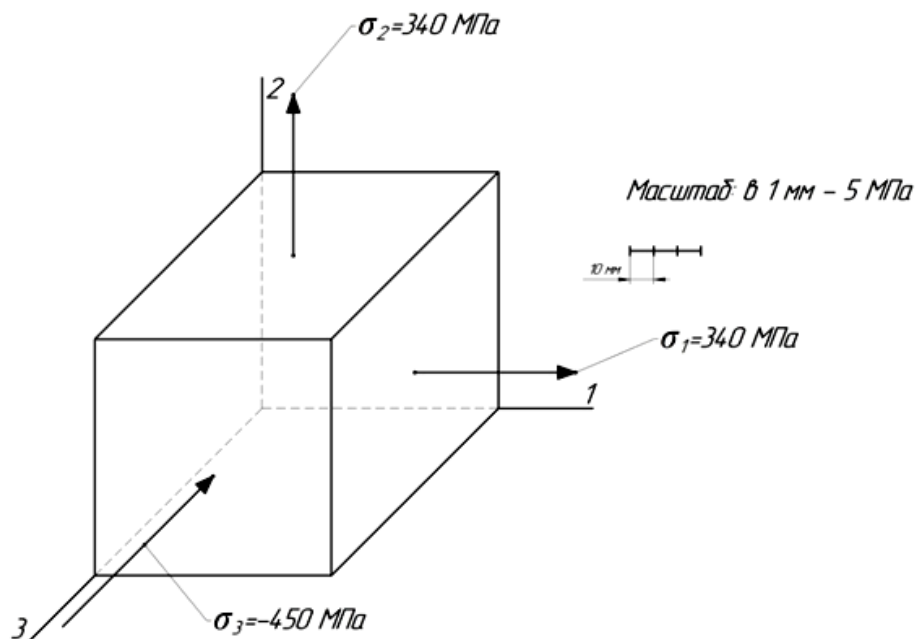
Какой вид напряжённого состояния характеризует приведённая схема напряжений?



Запишите номер выбранного ответа без точки и обоснование выбора

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

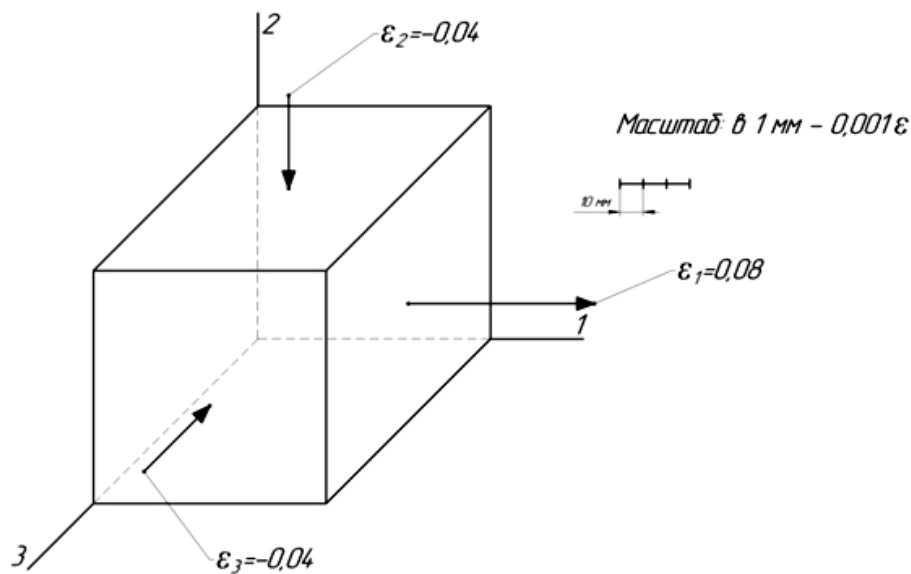
№ 8 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа
Какой вид напряжённого состояния характеризует приведённая схема напряжений?



Запишите номер выбранного ответа без точки и обоснование выбора

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

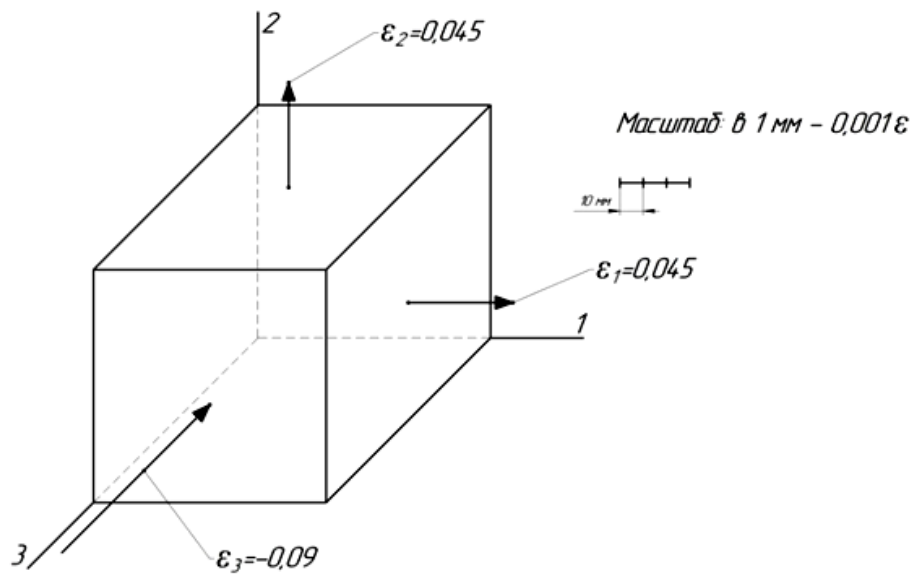
№ 9 Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа
Какой вид деформированного состояния характеризует приведённая схема деформаций?



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.

