



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»

УТВЕРЖДАЮ  
Директор ИММиМ  
А.С. Савинов

20.02.2020 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

***ОСНОВЫ ТЕОРИИ ПЛАСТИЧНОСТИ***

Направление подготовки (специальность)  
15.03.05 КОНСТРУКТОРСКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ  
МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ ПРОИЗВОДСТВ  
Направленность (профиль/специализация) программы  
Технология машиностроения

Уровень высшего образования - бакалавриат  
Программа подготовки - академический бакалавриат

Форма обучения  
очная

Институт/ факультет	Институт металлургии, машиностроения и материалообработки
Кафедра	Машины и технологии обработки давлением и машиностроения
Курс	3
Семестр	5

Магнитогорск  
2019 год

Рабочая программа составлена на основе ФГОС ВО по направлению подготовки  
15.03.05 Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных  
производств (уровень бакалавриата) (приказ Минобрнауки России от 11.08.2016 г. № 1000)

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры Машины и  
технологии обработки давлением и машиностроения

18.02.2020, протокол № 6

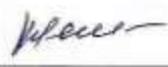
Зав. кафедрой  С.И. Платов

Рабочая программа одобрена методической комиссией ИММиМ

20.02.2020 г. протокол № 5

Председатель  А.С. Савинов

Рабочая программа составлена:

ст. преподаватель кафедры МиТОДиМ,  Е.С. Шеметова

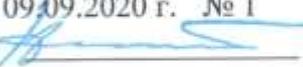
Рецензент:

профессор кафедры Механики, д-р техн. наук  О.С. Железков

## Лист актуализации рабочей программы

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2020 - 2021 учебном году на заседании кафедры Машин и технологии обработки давлением и машиностроения

Протокол от 09.09.2020 г. № 1  
Зав. кафедрой  С.И. Платов

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2021 - 2022 учебном году на заседании кафедры Машин и технологии обработки давлением и машиностроения

Протокол от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ С.И. Платов

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2022 - 2023 учебном году на заседании кафедры Машин и технологии обработки давлением и машиностроения

Протокол от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ С.И. Платов

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2023 - 2024 учебном году на заседании кафедры Машин и технологии обработки давлением и машиностроения

Протокол от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ С.И. Платов

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2024 - 2025 учебном году на заседании кафедры Машин и технологии обработки давлением и машиностроения

Протокол от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ С.И. Платов

### 1 Цели освоения дисциплины (модуля)

Целями освоения дисциплины «Основы теории пластичности» являются:

- ознакомить студентов с общими законами образования и развития упругих и пластических деформаций в металлах при различных физико-механических условиях и возникающих при этом напряжениях;
- научить рассчитывать напряжения, деформации и смещения и определять условия перехода металла в пластическое состояние.

### 2 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина «Основы теории пластичности» входит в вариативную часть (дисциплины по выбору) блока 1 образовательной программы. Для изучения дисциплины необходимы знания, сформированные в результате изучения следующих дисциплин:

- **физика** (механика, термодинамика);
- **математика** (аналитическая геометрия, векторный анализ, дифференциальное и интегральное исчисления, элементы теории поля);
- **машиностроительные материалы** (строение материалов, деформация и разрушение, механические свойства материалов, способы упрочнения металлов);
- **сопротивление материалов** (центральное растяжение-сжатие, сдвиг, анализ напряженного и деформированного состояния в точке тела).

Знания, полученные при изучении данной дисциплины, будут необходимы как предшествующие для дисциплин «Математическое моделирование процессов в

Дисциплина «Основы теории пластичности» входит в вариативную часть (дисциплины по выбору) блока 1 образовательной программы. Для изучения дисциплины необходимы знания, сформированные в результате изучения следующих дисциплин: «Математическое моделирование процессов в машиностроении», «Процессы и операции формообразования», «Технология машиностроения».

### 3 Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (модуля) и планируемые результаты обучения

В результате освоения дисциплины (модуля) «Основы теории пластичности» обучающийся должен обладать следующими компетенциями:

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения
<b>Код и содержание компетенции: ПК-10</b> способность к пополнению знаний за счет научно-технической информации отечественного и зарубежного опыта по направлению исследования в области разработки, эксплуатации, автоматизации и реорганизации машиностроительных производств	
Знать	- основные понятия теории пластичности, особенности упругой и пластической деформации основные характеристики напряженного и деформированного состояний, реологические модели; - связь между напряженным и деформированным состояниями; законы сохранения, - постановку и методы решения задач теории пластичности
Уметь	- исследовать напряженно-деформированное состояние металла при растяжении, - определять условия перехода металла в пластическое состояние, - рассчитывать напряжения и деформации, - выполнять постановку и решать прикладные задачи теории пластичности

Владеть	<ul style="list-style-type: none"><li>- навыками оценки напряженно-деформированного состояния металла,</li><li>- навыками расчетов напряжений, деформаций, применения реологических моделей</li><li>- навыками постановки и решения задач теории пластичности</li></ul>
---------	---

#### 4. Структура, объём и содержание дисциплины (модуля)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единиц 108 акад. часов, в том числе:

- контактная работа – 55,9 акад. часов;
- аудиторная – 54 акад. часов;
- внеаудиторная – 1,9 акад. часов
- самостоятельная работа – 52,1 акад. часов;

Форма аттестации - зачет

Раздел/ тема дисциплины	Семестр	Аудиторная контактная работа (в акад. часах)			Самостоятельная работа студента	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код компетенции
		Лек.	лаб. зан.	практ. зан.				
1. Тема 1								
1.1.«Напряженное состояние в точке».	5	5	2,5		6	Самостоятельное изучение учебной и справочной литературы по рассматриваемой теме	Наличие конспектов лекций, сдача лабораторных работ	ПК-10
Итого по разделу		5	2,5		6			
2. Тема 2								
2.1 Деформированное состояние в точке.	5	5	2,5		6	Самостоятельное изучение учебной и справочной литературы по рассматриваемой теме	Наличие конспектов лекций, защита реферата	ПК-10
Итого по разделу		5	2,5		6			
3. Тема 3								
3.1 Скорость деформации	5	5	2,5/1И		8	Самостоятельное изучение учебной и справочной литературы по рассматриваемой теме	Наличие конспектов лекций, защита реферата	ПК-10
Итого по разделу		5	2,5/1И		8			
4. Тема 4								
4.1 Законы сохранения. Лабораторная работа № 1 «Закон постоянства объема. Коэффициенты и показатели деформирования»	5	5	2,5/1И		8	Самостоятельное изучение учебной и справочной литературы по рассматриваемой теме	Сдача лабораторной работы	ПК-10
Итого по разделу		5	2,5/1И		8			
5. Тема 5								

5.1 Уравнения состояния. Реологические модели.	5	5	2,5/1И		7	Самостоятельное изучение учебной и справочной литературы по рассматриваемой теме	Наличие конспектов лекций, защита реферата	ПК-10
Итого по разделу		5	2,5/1И		7			
6. Тема 6								
6.1 Уравнения пластичности	5	5	2,5/1И		6	Самостоятельное изучение учебной и справочной литературы по рассматриваемой теме	Наличие конспектов лекций, защита реферата	ПК-10
Итого по разделу		5	2,5/1И		6			
7. Тема 7								
7.1 Экспериментальные методы в теории пластичности	5	6	3/2И		5	Изучение основной и дополнительной литературы, конспектирование	Защита лабораторной работы	ПК-10
Итого по разделу		6	1,5/1И		5			
8. Тема 8								
8.1 Выполнение контрольной работы	5				6,1	Изучение основной и дополнительной литературы, конспектирование	Зачет	ПК-10
Итого по разделу					6,1			
Итого за семестр		36	18/6И		52,1		зачёт	ПК-10
Итого по дисциплине		36	18/6И		52,1		зачет	ПК-10

## 5 Образовательные и информационные технологии

Для реализации предусмотренных видов учебной работы в качестве образовательных технологий в преподавании дисциплины используются:

1. Традиционные образовательные технологии - ориентируются на организацию образовательного процесса, предполагающую прямую трансляцию знаний от преподавателя к студенту (преимущественно на основе объяснительно-иллюстративных методов обучения). Учебная деятельность студента носит в таких условиях, как правило, репродуктивный характер.

Формы учебных занятий с использованием традиционных технологий:

Лабораторная работа – организация учебной работы с реальными материальными и информационными объектами, экспериментальная работа с аналоговыми моделями реальных объектов.

2. Интерактивные технологии – организация образовательного процесса, которая предполагает активное и нелинейное взаимодействие всех участников, достижение на этой основе лично значимого для них образовательного результата. Наряду со специализированными технологиями такого рода принцип интерактивности прослеживается в большинстве современных образовательных технологий. Интерактивность подразумевает субъект-субъектные отношения в ходе образовательного процесса и, как следствие, формирование саморазвивающейся информационно-ресурсной среды.

Формы учебных занятий с использованием специализированных интерактивных технологий:

Лекция «обратной связи» – лекция-беседа, лекция-дискуссия.

3. Информационно-коммуникационные образовательные технологии – организация образовательного процесса, основанная на применении специализированных программных сред и технических средств работы с информацией.

Формы учебных занятий с использованием информационно-коммуникационных технологий:

Лекция-визуализация – изложение содержания сопровождается презентацией (демонстрацией учебных материалов, представленных в различных знаковых системах, в т.ч. иллюстративных, графических, аудио- и видеоматериалов).

## **6 Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся**

Представлено в приложении 1.

## **7 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации**

Представлены в приложении 2.

## **8 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)**

### **а) Основная литература:**

1. Молотников, В. Я. Теория упругости и пластичности / В. Я. Молотников, А. А. Молотникова. — Санкт-Петербург : Лань, 2017. — 532 с. — ISBN 978-5-8114-2603-4. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/94741> (дата обращения: 18.09.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

2. Паначев, И. А. Основы теории упругости и пластичности : учебно-методическое пособие / И. А. Паначев, И. В. Кузнецов, А. В. Покатилов. — Кемерово : КузГТУ имени Т.Ф. Горбачева, 2017. — 107 с. — ISBN 978-5-906888-47-1. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/105416> (дата обращения: 18.09.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

### **б) Дополнительная литература:**

1. Беломытцев, М. Ю. Механические свойства металлов : учебное пособие / М. Ю. Беломытцев. — Москва : МИСИС, [б. г.]. — Часть 1 : Твердость . Прочность . Пластичность — 2007. — 140 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/117085> (дата обращения: 18.09.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

### **в) Методические указания:**

1. Огарков, Н.Н., Налимова, М.В., Залетов, Ю.Д. Методические указания к лабораторным работам по дисциплине "Основы теории пластичности" для студентов специальности 151001 [Текст]: – Магнитогорск: ГОУ ВПО «МГТУ», 2010. – 24 с.

## г) Программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

### Программное обеспечение

Наименование ПО	№ договора	Срок действия лицензии
MS Windows 7 Professional(для классов)	Д-1227-18 от 08.10.2018	11.10.2021
MS Windows 7 Professional (для классов)	Д-757-17 от 27.06.2017	27.07.2018
7Zip	свободно	бессрочно
FAR Manager	свободно	бессрочно

### Профессиональные базы данных и информационные справочные системы

Название курса	Ссылка
Национальная информационно-аналитическая система – Российский индекс научного цитирования	URL: <a href="https://elibrary.ru/project_risc.asp">https://elibrary.ru/project_risc.asp</a>
Поисковая система Академия Google (Google Scholar)	URL: <a href="https://scholar.google.ru/">https://scholar.google.ru/</a>

### 9 Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Материально-техническое обеспечение дисциплины включает:

Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа Мультимедийные средства хранения, передачи и представления информации

Учебные аудитории для проведения практических занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации Доска, мультимедийные средства хранения, передачи и представления информации.

Методические материалы.

Комплекс тестовых заданий для проведения промежуточных и рубежных контролей.

Учебная аудитория для проведения лабораторных работ: лаборатория резания и сварочного производства:

Металлорежущие станки.

Режущие и измерительные инструменты.

Образцы для исследований.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся:

Персональные компьютеры с пакетом MS Office, выходом в Интернет и с доступом в электронную информационно-образовательную среду университета.

Помещение для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования:

Шкафы для хранения учебно-методической документации и учебно-наглядных пособий.

Инструменты для ремонта лабораторного оборудования.

## Приложение 1

### Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов

#### *Перечень теоретических вопросов к зачету по дисциплине «Основы теории пластичности»*

1. Тензор напряжений в произвольной и главной системах координат.
2. Инварианты тензора напряжений.
3. Эллипсоид напряжений.
4. Диаграмма Мора и коэффициент Лоде.
5. Звезда Пелчинского для напряжений.
6. Варианты характеристик напряженного состояния тела.
7. Тензор деформаций.
8. Шаровой тензор и девиатор деформаций.
9. Главные оси деформации и главные сдвиги.
10. Движение точки деформируемой сплошной среды.
11. Тензор скорости деформации.
12. Законы сохранения, применяемые в теории пластичности.
13. Закон сохранения массы при движении и деформации сплошной среды.
14. Закон сохранения импульса.
15. Закон сохранения момента импульса.
16. Закон сохранения энергии.
17. Виды простых реологических моделей.
18. Упругопластические и жестко-пластические среды.
19. Вязкопластические среды.
20. Вязкоупругие среды.
21. Условия пластичности Треска-Сен-Венана и Губера-Мизеса
22. Характеристика идеально упругого твердого тела.
23. Тензор, характеризующий упругие свойства анизотропной
24. Система уравнений линейной теории упругости.
25. Связь между напряженным и деформированным состоянием в теории течения.
26. Система уравнений теории пластичности и краевые условия.
27. Характеристика линий скольжения.
28. Методы решения задач теории пластичности.
29. Экспериментальные методы теории пластичности.
30. Применение теории пластичности в обработке металлов резанием.

<i>Темы для самостоятельной работы</i>
Тема 1. «Напряженное состояние в точке».
Тема 2. Деформированное состояние в точке.
Тема 3. Скорость деформации
Тема 4. Законы сохранения.
Тема 5. Уравнения состояния. Реологические модели.
Тема 6. Уравнения пластичности
Тема 7. Экспериментальные методы в теории пластичности

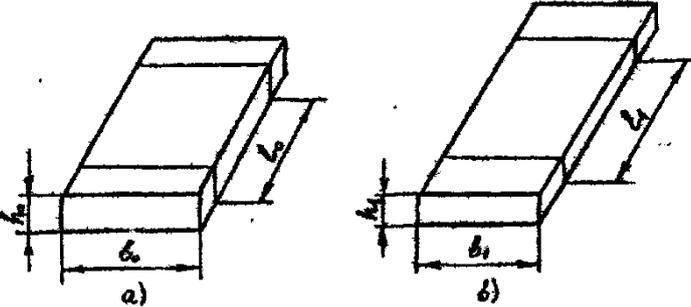
## Приложение 2

### 7 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

#### а) Планируемые результаты обучения и оценочные средства для проведения промежуточной аттестации:

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
<p><b>Код и содержание компетенции: ПК-10</b> способность к пополнению знаний за счет научно-технической информации отечественного и зарубежного опыта по направлению исследования в области разработки, эксплуатации, автоматизации и реорганизации машиностроительных производств</p>		
<p><b>Знать</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- основные понятия теории пластичности, особенности упругой и пластической деформации</li> <li>основные характеристики напряженного и деформированного состояний, реологические модели;</li> <li>- связь между напряженным и деформированным состояниями; законы сохранения,</li> <li>- постановку и методы решения задач теории пластичности</li> </ul>	<p><b>Перечень теоретических вопросов к зачету:</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Тензор напряжений в произвольной и главной системах координат.</li> <li>2. Инварианты тензора напряжений.</li> <li>3. Эллипсоид напряжений.</li> <li>4. Диаграмма Мора и коэффициент Лоде.</li> <li>5. Звезда Пелчинского для напряжений.</li> <li>6. Варианты характеристик напряженного состояния тела.</li> <li>7. Тензор деформаций.</li> <li>8. Шаровой тензор и девиатор деформаций.</li> <li>9. Главные оси деформации и главные сдвиги.</li> <li>10. Движение точки деформируемой сплошной среды.</li> <li>11. Тензор скорости деформации.</li> <li>12. Законы сохранения, применяемые в теории пластичности.</li> <li>13. Закон сохранения массы при движении и деформации сплошной среды.</li> <li>14. Закон сохранения импульса.</li> <li>15. Закон сохранения момента импульса.</li> <li>16. Закон сохранения энергии.</li> <li>17. Виды простых реологических моделей.</li> <li>18. Упругопластические и жестко-пластические среды.</li> <li>19. Вязкопластические среды.</li> <li>20. Вязкоупругие среды.</li> <li>21. Условия пластичности Треска-Сен-Венана и Губера-Мизеса</li> <li>22. Характеристика идеально упругого твердого тела.</li> <li>23. Тензор, характеризующий упругие свойства анизотропной</li> <li>24. Система уравнений линейной теории упругости.</li> <li>25. Связь между напряженным и деформированным состоянием в теории течения.</li> <li>26. Система уравнений теории пластичности и краевые</li> </ol>

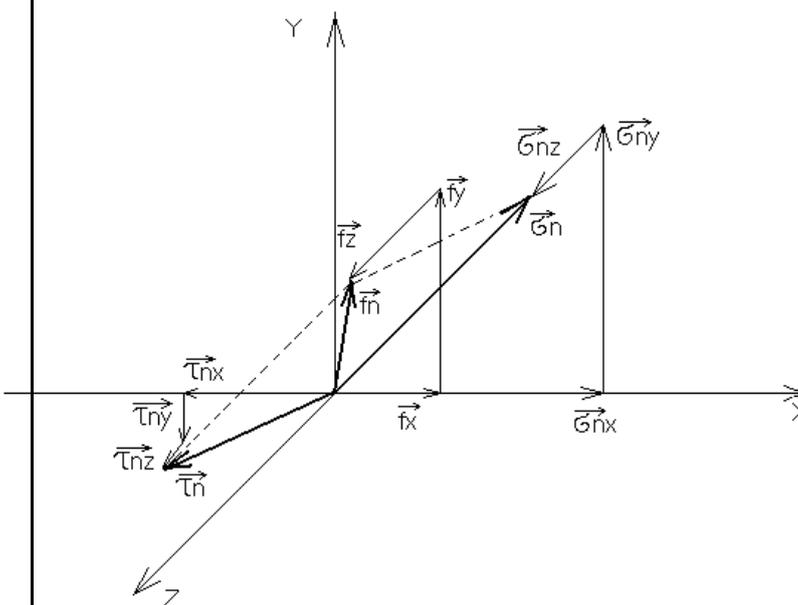
Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p>условия.</p> <p>27. Характеристика линий скольжения.</p> <p>28. Методы решения задач теории пластичности.</p> <p>29. Экспериментальные методы теории пластичности.</p> <p>30. Применение теории пластичности в обработке металлов резанием.</p>
<p><b>Уметь:</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- исследовать напряженно-деформированное состояние металла при растяжении,</li> <li>- определять условия перехода металла в пластическое состояние,</li> <li>- рассчитывать напряжения и деформации,</li> <li>- выполнять постановку и решать прикладные задачи теории пластичности</li> </ul>	<p><b>Лабораторная работа 1.</b></p> <p><b>«Закон постоянства объема. Коэффициенты и показатели деформирования»</b></p> <p>В результате пластической деформации плотность металла, уже подвергнутого первичной горячей обработке давлением, изменяется весьма незначительно. Это изменение не имеет практического значения, поэтому при решении задач, связанных с напряжением и деформациями, обычно принимают следующее условие: объем пластически деформируемого тела остается постоянным или, другими словами, объем тела до пластической деформации равен его объёму после деформации.</p> <p>Рассмотрим действие закона постоянства объёма при растяжении прямоугольных образцов. Возьмем прямоугольный образец с размерами до растяжения. После растяжения размеры образца будут <math>h_1, b_1, l_1</math> (рис.).</p> <p>По условию постоянства объема <math>h_0 b_0 l_0 = h_1 b_1 l_1</math>;</p> <p>Абсолютные деформации характеризуют абсолютное изменение размеров тела:</p> <p><math>\Delta h = h_0 - h_1</math> - по высоте; <math>\Delta b = b_0 - b_1</math> - по ширине;  <math>\Delta l = l_1 - l_0</math> по длине.</p> <p>Относительные деформации характеризуют относительное изменение размеров тела.</p> <p>Относительные деформации первого вида:</p> <p>Высотная <math>\varepsilon_h = \frac{\Delta h}{h_0} = \frac{h_0 - h_1}{h_0} = 1 - \frac{h_1}{h_0}</math> ,</p>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p>           Поперечная <math>\varepsilon_b = \frac{\Delta b}{b_0} = \frac{b_0 - b_1}{b_0} = 1 - \frac{b_1}{b_0}</math>            Продольная <math>\varepsilon_l = \frac{\Delta l}{l_0} = \frac{l_1 - l_0}{l_0} = \frac{l_1}{l_0} - 1</math> </p>  <p>Рис. Размеры образца прямоугольного сечения:            а) до растяжения; б) после растяжения</p> <p><b>Цель работы:</b> ознакомиться с показателями и коэффициентами, характеризующими деформацию металла, установить связь между ними и убедиться в действии закона постоянства объёма.</p> <p><b>Принадлежности:</b> образцы прямоугольного сечения, разрывная машина, штангенциркуль.</p> <p><b>Ход выполнения работы</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Получить у преподавателя образец. Измерить его высоту, ширину и длину. Подсчитать объём .</li> <li>2. Произвести растяжение образца. Измерить его после испытания (не менее 3 замеров), подсчитать объём .</li> <li>3. Вычислить абсолютные деформации.</li> <li>4. По формулам) вычислить относительные деформации первого вида, по формуле - зависимость между относительными деформациями первого вида.</li> <li>5. По формулам подсчитать относительные деформации второго вида и по формуле - зависимость между относительными деформациями второго вида.</li> <li>6. По формулам вычислить относительные деформации третьего вида и по формуле) - условие</li> </ol>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p>постоянства объёма.</p> <p>7. Подсчитать по формулам коэффициенты деформации и по формуле - условие постоянства объёма.</p> <p>8. По формулам вычислить смещенные объёмы и условие постоянства объёма.</p> <p>9. Результаты расчетов свести в табл.</p> <p>10. По результатам расчетов построить графики.</p> <p><b>Содержание отчета</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Цель работы, принадлежности.</li> <li>2. Определения и формулы, используемые в работе.</li> <li>3. Таблица расчетов, графики.</li> <li>4. Вывод.</li> </ol> <p><b>Контрольные вопросы</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Сформулировать закон постоянства объёма.</li> <li>2. Назвать показатели и коэффициенты деформации.</li> </ol>
<p><b>Владеть:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- навыками оценки напряженно-деформированного состояния металла,</li> <li>- навыками расчетов напряжений, деформаций, применения реологических моделей,</li> <li>- навыками постановки и решения задач теории пластичности</li> </ul>		<p>Пример одного из заданий контрольной работы:</p> <p style="text-align: center;"><b>Напряжения на наклонной площадке</b></p> <p>Дано:</p> <p>В прямоугольной системе координат задана матрица тензора напряжений в точке М.</p> $T\sigma = \begin{pmatrix} \sigma_{xx} & \sigma_{xy} & \sigma_{xz} \\ \sigma_{yx} & \sigma_{yy} & \sigma_{yz} \\ \sigma_{zx} & \sigma_{zy} & \sigma_{zz} \end{pmatrix}, \text{ МПа}$ <p>Задание: найти и построить напряжения <math>\vec{f}_n; \vec{\sigma}_n; \vec{\tau}_n</math> на площадке, нормаль <math>\vec{n}</math> к которой задана углами <math>\alpha = (\vec{n}, x); \beta = (\vec{n}, y); \gamma = (\vec{n}, z)</math>.</p> <p style="text-align: center;"><b>Решение</b></p> <p>1) найти направляющие косинусы</p> $n_x = \cos \alpha; n_y = \cos \beta; n_z = \cos \gamma;$

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p>2) найти компоненты вектора <math>\vec{f}_n</math> по формулам Коши;</p> <p>3) найти модуль вектора <math>f_n = \sqrt{f_{nx}^2 + f_{ny}^2 + f_{nz}^2}</math> ;</p> <p>4) найти направляющие косинусы</p> $n_{fx} = \frac{f_{nx}}{f_n}; \quad n_{fy} = \frac{f_{ny}}{f_n}; \quad n_{fz} = \frac{f_{nz}}{f_n};$ <p>5) найти нормальное напряжение</p> $\sigma_n = \sigma_{xx}n_x^2 + \sigma_{yy}n_y^2 + \sigma_{zz}n_z^2 + 2(\sigma_{xy}n_xn_y + \sigma_{yz}n_zn_y + \sigma_{xz}n_zn_x)$ <p>6) найти компоненты вектора <math>\vec{\sigma}_n</math></p> $\sigma_{nx} = \sigma_n \cdot n_x; \quad \sigma_{ny} = \sigma_n \cdot n_y; \quad \sigma_{nz} = \sigma_n \cdot n_z;$ <p>7) найти касательное напряжение <math>\tau_n = \sqrt{f_n^2 - \sigma_n^2}</math> ;</p> <p>8) найти компоненты вектора <math>\vec{\tau}_n</math></p> $\tau_{nx} = f_{nx} - \sigma_{nx}; \quad \tau_{ny} = f_{ny} - \sigma_{ny};$ $\tau_{nz} = f_{nz} - \sigma_{nz};$ <p>9) найти направляющие косинусы</p> $n_{\tau x} = \frac{\tau_{nx}}{\tau_n}; \quad n_{\tau y} = \frac{\tau_{ny}}{\tau_n}; \quad n_{\tau z} = \frac{\tau_{nz}}{\tau_n};$ <p>10) по найденным компонентам построить векторы напряжений.</p> <p style="text-align: center;"><b>Пример решения</b></p> <p>Дано:</p> $\tau_\sigma = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 2 \\ 1 & 2 & 4 \\ 2 & 4 & 3 \end{pmatrix} \quad \alpha = \beta = 45^\circ \quad \gamma = 60^\circ$ <p>1)</p> $n_x = \cos 45^\circ = \frac{\sqrt{2}}{2} = 0,707; n_y = \cos \beta = 0,7; n_z = \cos 60^\circ$

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p>2) <math>f_x = 1 \cdot 0,7 + 1 \cdot 0,7 + 2 \cdot 0,5 = 2,4</math></p> $f_y = 1 \cdot 0,7 + 2 \cdot 0,7 + 4 \cdot 0,5 = 4,1$ $f_z = 2 \cdot 0,7 + 4 \cdot 0,7 + 3 \cdot 0,5 = 5,7$ <p>3) <math>f_n = \sqrt{2,4^2 + 4,1^2 + 5,7^2} = 7,42</math>.</p> <p>4) <math>n_{f_y} = \frac{f_{ny}}{f_n} = 0,55; n_{f_z} = \frac{f_{nz}}{f_n} = 0,76; n_{f_x} = \frac{f_{nx}}{f_n} = 0,32</math>.</p> <p>5)</p> $\sigma_n = 1 \cdot 0,7^2 + 2 \cdot 0,7^2 + 3 \cdot 0,5^2 + 2(1 \cdot 0,7 \cdot 0,7 + 4 \cdot 0,7 \cdot 0,5 + 2 \cdot 0,7 \cdot 0,5) = 7,4$ <p>6) <math>\sigma_{nx} = \sigma_n \cdot n_x = 7,4 \cdot 0,7 = 5,2</math>.</p> $\sigma_{ny} = \sigma_n \cdot n_y = 7,4 \cdot 0,7 = 5,2$ $\sigma_{nz} = \sigma_n \cdot n_z = 7,4 \cdot 0,5 = 3,7$ <p>7) <math>\tau_n = \sqrt{f_n^2 - \sigma_n^2} = 0,54</math>.</p> <p>8) <math>\tau_{nx} = f_{nx} - \sigma_{nx} = 2,4 - 5,2 = -2,8</math>.</p> $\tau_{ny} = f_{ny} - \sigma_{ny} = 4,1 - 5,2 = -1,1$ $\tau_{nz} = f_{nz} - \sigma_{nz} = 5,7 - 3,7 = 2$ <p>9) <math>n_{\tau_x} = \frac{\tau_{nx}}{\tau_n} = -5,18</math>.</p> $n_{\tau_y} = \frac{\tau_{ny}}{\tau_n} = -2,03$ $n_{\tau_z} = \frac{\tau_{nz}}{\tau_n} = 3,7$ <p>10) Построение векторов напряжений:</p>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		 <p data-bbox="877 1075 1324 1120">Рисунок – Векторы напряжений</p>

**б) Порядок проведения промежуточной аттестации, показатели и критерии оценивания:**

Промежуточная аттестация по дисциплине «**Основы теории пластичности**» включает теоретические вопросы, позволяющие оценить уровень усвоения обучающимися знаний, умений и владений, и проводится в форме экзамена с учетом выполнения и защиты лабораторных работ, практической работы и контрольной работы.

**Показатели и критерии оценивания:**

– на оценку «**зачтено**» – обучающийся демонстрирует высокий уровень сформированности компетенций, всестороннее, систематическое и глубокое знание учебного материала, свободно отвечает на теоретические вопросы;

– на оценку «**не зачтено**» – обучающийся не может показать знания на уровне воспроизведения и объяснения информации, не может показать знание учебного материала и отвечать на теоретические вопросы.