



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

03.03.2021 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

***ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДЕФОРМАЦИЙ  
И НАПРЯЖЕНИЙ***

Направление подготовки (специальность)  
15.03.01 МАШИНОСТРОЕНИЕ

Направленность (профиль/специализация) программы  
Машины и технология обработки металлов давлением

Уровень высшего образования - бакалавриат  
Программа подготовки - академический бакалавриат

Форма обучения  
заочная

Институт/ факультет	Институт металлургии, машиностроения и материалобработки
Кафедра	Машины и технологии обработки давлением и машиностроения
Курс	4

Магнитогорск  
2021 год

Рабочая программа составлена на основе ФГОС ВО по направлению подготовки 15.03.01 МАШИНОСТРОЕНИЕ (уровень бакалавриата) (приказ Минобрнауки России от 03.09.2015 г. № 957)

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры Машины и технологии обработки давлением и машиностроения  
25.02.2021, протокол № 6

Зав. кафедрой  С.И. Платов

Рабочая программа одобрена методической комиссией ИММиМ  
03.03.2021 г. протокол № 4

Председатель  А.С. Савинов

Рабочая программа составлена:

доцент кафедры МиТОДиМ, канд. техн. наук  Р.Р. Дема

Рецензент:

доцент кафедры Механики, канд. техн. наук  М.В. Харченко

## Лист актуализации рабочей программы

---

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

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

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

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

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2025 - 2026 учебном году на заседании кафедры Машин и технологии обработки давлением и

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

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2026 - 2027 учебном году на заседании кафедры Машин и технологии обработки давлением и

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

### 1 Цели освоения дисциплины (модуля)

Целью освоения дисциплины «Экспериментальные методы определения деформаций и напряжений» является ознакомление будущих бакалавров-механиков с современными экспериментальными методами механики твердого деформируемого тела: электро-тензометрией, координатной сеткой, муар, слоистые модели, поляризационно-оптические, измерение твердости, хрупкие покрытия, микроструктурный, голография и их традиционно высокой ролью в исследовании эксплуатации машин и их механизмов в процессах ОМД.

Задача изучения дисциплины заключается в выработке у студентов уровня знаний, необходимого для выполнения профессиональных задач, с учетом содержания их будущей работы в промышленности, НИИ, КБ, проектной или монтажной организации.

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

Дисциплина Экспериментальные методы определения деформаций и напряжений входит в вариативную часть учебного плана образовательной программы.

Для изучения дисциплины необходимы знания (умения, владения), сформированные в результате изучения дисциплин/ практик:

Химия

Физика

Технология конструкционных материалов

Сопротивление материалов

Механика сплошной среды

Знания (умения, владения), полученные при изучении данной дисциплины будут необходимы для изучения дисциплин/практик:

Технологияковки и объемной штамповки

Технология и оборудование процессов производства сортового металла и ковочно-штамповочного производства и метизов

Технология и оборудование процессов производства листового и сортового металла

Современное оборудование для производства длиномерных изделий

Основы сварочного производства

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

В результате освоения дисциплины (модуля) «Экспериментальные методы определения деформаций и напряжений» обучающийся должен обладать следующими компетенциями:

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения
	ПК-2 умением обеспечивать моделирование технических объектов и технологических процессов с использованием стандартных пакетов и средств автоматизированного проектирования, проводить эксперименты по заданным методикам с обработкой и анализом результатов
Знать	- основные методы исследования напряжений и деформаций; - основные термины, определения и понятия;

Уметь	обеспечивать моделирование технических объектов и технологических процессов с использованием экспериментальных методов исследования напряжений и деформаций;
Владеть	навыками и методиками экспериментальной деятельности;
ПК-4 способностью участвовать в работе над инновационными проектами, используя базовые методы исследовательской деятельности	
Знать	методические, нормативные и руководящие материалы, касающиеся выполняемой работы; основные определения и понятия;
Уметь	выполнять работы над инновационными проектами, используя базовые методы исследовательской деятельности. применять знания в профессиональной деятельности; использовать их на междисциплинарном уровне;
Владеть	навыками и методиками обобщения результатов решения, экспериментальной деятельности; способами оценивания значимости и практической пригодности полученных результатов; возможностью междисциплинарного применения методов обработки первичной информации и расчета напряжений;

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

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

- контактная работа – 6,4 академических часов;
- аудиторная – 6 академических часов;
- внеаудиторная – 0,4 академических часов;
- самостоятельная работа – 97,7 академических часов;
- в форме практической подготовки – 0 академических часов;

– подготовка к зачёту – 3,9 академических часов

Форма аттестации - зачет

Раздел/ тема дисциплины	Курс	Аудиторная контактная работа (в академических часах)			Самостоятельная работа студента	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код компетенции
		Лек.	лаб. зан.	практ. зан.				
1.								
1.1 Цель и задачи экспериментальных методов исследования напряжений и деформаций. Роль экспериментальных методов определения усилий деформирования в машинах ОМД, характеристики напряжений и деформаций.	4	1			10	Самостоятельное изучение учебного материала.	Вопросы на зачете.	ПК-2, ПК-4
Итого по разделу		1			10			
2.								
2.1 Методы исследования деформаций. Основные методы определения остаточных напряжений. Возможности и использование экспериментальных методов исследования напряжений	4	1			7	Самостоятельное изучение учебного материала.	Вопросы на зачете.	ПК-2, ПК-4
Итого по разделу		1			7			
3.								
3.1 Графические способы определения напряжений Круги Мора. Метод линий скольжения.	4		1/ИИ		7	Самостоятельное изучение учебного материала. Подготовка к лабораторным занятиям.	Защита лабораторной работы №1	ПК-2, ПК-4
Итого по разделу			1/ИИ		7			
4.								

4.1 Метод голографической интерферометрии.	4				7	Самостоятельное изучение учебного материала.	Вопросы на зачете.	ПК-2, ПК-4
Итого по разделу					7			
5.								
5.1 Метод рентгеновской дифракции. Дифракция Брэгга. Измерение напряжений рентгеновским методом.	4				8	Самостоятельное изучение учебного материала.	Вопросы на зачете.	ПК-2, ПК-4
Итого по разделу					8			
6.								
6.1 Общие сведения о магнитоанизотропном методе. Магнитоупругий эффект.	4				6	Самостоятельное изучение учебного материала.	Вопросы на зачете.	ПК-2, ПК-4
Итого по разделу					6			
7.								
7.1 Тензометрический метод отверстий	4				8	Самостоятельное изучение учебного материала.	Вопросы на зачете.	ПК-2, ПК-4
Итого по разделу					8			
8.								
8.1 Поляризационно-оптический метод измерения напряжений.	4		1/0,6И		10	Самостоятельное изучение учебного материала. Подготовка к лабораторным занятиям.	Защита лабораторной работы №2	ПК-2, ПК-4
Итого по разделу			1/0,6И		10			
9.								
9.1 Метод делительных сеток.	4		1		8,7	Самостоятельное изучение учебного материала. Подготовка к лабораторным занятиям.	Защита лабораторной работы №3	ПК-2, ПК-4
Итого по разделу			1		8,7			
10.								
10.1 Метод Муаровых полос.	4		1		10	Самостоятельное изучение учебного материала. Подготовка к лабораторным занятиям.	Защита лабораторной работы №4	ПК-2, ПК-4
Итого по разделу			1		10			
11.								
11.1 Измерение деформаций с помощью хрупких покрытий.	4				16	Самостоятельное изучение учебного материала.	Вопросы на зачете.	ПК-2, ПК-4
Итого по разделу					16			

12.							
12.1 Зачет	4						ПК-2, ПК-4
Итого по разделу							
Итого за семестр	2	4/1,6И		97,7		зачёт	
Итого по дисциплине	2	4/1,6И		97,7		зачет	ПК-2,ПК-4

## **5 Образовательные технологии**

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:

Информационная лекция – последовательное изложение материала в дисциплинарной логике, осуществляемое преимущественно вербальными средствами (монолог преподавателя).

Практическое занятие, посвященное освоению конкретных умений и навыков по предложенному алгоритму.

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

2. Технологии проектного обучения – организация образовательного процесса в соответствии с алгоритмом поэтапного решения проблемной задачи или выполнения учебного задания. Проект предполагает совместную учебно-познавательную деятельность группы студентов, направленную на выработку концепции, установление целей и задач, формулировку ожидаемых результатов, определение принципов и методик решения поставленных задач, планирование хода работы, поиск доступных и оптимальных ресурсов, поэтапную реализацию плана работы, презентацию результатов работы, их осмысление и рефлексия.

Основные типы проектов:

Исследовательский проект – структура приближена к формату научного исследования (доказательство актуальности темы, определение научной проблемы, предмета и объекта исследования, целей и задач, методов, источников, выдвижение гипотезы, обобщение результатов, выводы, обозначение новых проблем).

Информационный проект – учебно-познавательная деятельность с ярко выраженной эвристической направленностью (поиск, отбор и систематизация информации о каком-то объекте, ознакомление участников проекта с этой информацией, ее анализ и обобщение для презентации более широкой аудитории).

3. 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.

Семинар-дискуссия – коллективное обсуждение какого-либо спорного вопроса, проблемы, выявление мнений в группе (меж-групповой диалог, дискуссия как спор-диалог).

## **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. Планирование эксперимента и обработка результатов с использованием ЭВМ : учебное пособие / А. А. Кальченко, К. Г. Пащенко ; МГТУ. - Магнитогорск : МГТУ, 2017. - 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). - На тит. л. сост. указаны как авторы. - Текст : электронный.

2. Методы описания и анализа формоизменения металла : учебное пособие / А. А. Кальченко, К. Г. Пащенко ; МГТУ. - Магнитогорск : МГТУ, 2017. - 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). - На тит. л. сост. указаны как авторы. - Текст : электронный.

3. Шалыгин, М. Г. Автоматизация измерений, контроля и испытаний : учебное пособие / М. Г. Шалыгин, Я. А. Вавилин. — Санкт-Петербург : Лань, 2019. — 172 с. — ISBN 978-5-8114-3531-9. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/115498> (дата обращения: 01.06.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

4. Гребенникова, В. В. Технические измерения и приборы [Электронный ресурс] : учебное пособие / В. В. Гребенникова, М. В. Вечеркин ; МГТУ, [каф. ЭиЭС]. - Магнитогорск, 2014. - 150 с. : ил., схемы. - Режим доступа: <https://magtu.informsystema.ru/unloader/fileUpload?name=817.ndf&show=dcatalogues/1/11163>

#### **б) Дополнительная литература:**

1. Приложения теории пластичности к разработке и анализу технологических процессов : учебное пособие / В. М. Салганик, А. М. Песин, Д. Н. Чикишев и др. - [2-е изд., подгот. по печ. изд. 2012]. - Магнитогорск : МГТУ, 2013. - 1 электрон. опт. диск (CD-ROM).

- Загл. с титул. экрана. - URL: <https://magtu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=1049&show=dcatalogues/1/1119349/1049&view=true> (дата обращения: 04.10.2019). - Макрообъект. - Текст : электронный. - Сведения доступны также на CD-ROM.

2. Самарина, И.Г. Основы метрологии, стандартизации и сертификации [Электронный ресурс]: учеб. пособие / И.Г Самарина, Т.Г Сухоносова. – М.: ФГУП НТЦ «Информрегистр», 2017. – 208 с. – Режим доступа: <https://magtu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=2872.pdf&show=dcatalogues/1/1134039/2872.pdf&view=true> – Загл. с экрана.

3. Аристов, А.И. Метрология, стандартизация, сертификация [Электронный ресурс]: учеб. пособие / А.И. Аристов, В.М. Приходько, И.Д. Сергеев, Д.С. Фатюхин. - М.: Инфра-М, 2013 – 288с. – Режим доступа: <http://znanium.com/bookread2.php?book=369646> – Загл. с экрана.

4. Эрастов, В.Е. Метрология, стандартизация и сертификация [Электронный ресурс] : учеб. пособие /В.Е. Эрастов- 2-е изд., перераб. и доп. — М. : ИНФРА-М, 2017. - 196 с. Режим доступа: <http://znanium.com/bookread2.php?book=636240>

#### **в) Методические указания:**

1. Гребенникова, В.В. Технические измерения и приборы. Лабораторный практикум [Текст]: учеб. пособие / В.В.Гребенникова, И.Г. Самарина. – Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та, 2016. – 102 с.

2. Потёмкин, В.К. Обработка металлов давлением : методические указания / В.К. Потёмкин, В.А. Трусков, Л.М. Капуткина. — Москва : МИСИС, 2011. — 27 с. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система «Лань» : [сайт]. — URL: <https://e.lanbook.com/book/117031> (дата обращения: 27.10.2019). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

3. Ильина, Н. Н. Теория обработки металлов давлением : практикум / Н. Н. Ильина ; МГТУ. - Магнитогорск : МГТУ, 2017. - 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). - Загл. с ти-тул. экрана. - URL: <https://magtu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=2762.pdf&show=dcatalogues/1/1132856/2762.pdf&view=true> (дата обращения: 04.10.2019). - Макрообъект. - Текст :

доступны также на CD-ROM.

4. Тимофеев, И. А. Основы электротехники, электроники и автоматики. Лабораторный практикум : учебное пособие / И. А. Тимофеев. — Санкт-Петербург : Лань, 2016. — 196 с. — ISBN 978-5-8114-2264-7. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/87595> (дата обращения: 01.06.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

#### 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
MS Office 2007 Professional	№ 135 от 17.09.2007	бессрочно
7Zip	свободно распространяемое ПО	бессрочно
MathWorks MathLab v.2014 Classroom License	К-89-14 от 08.12.2014	бессрочно
Deform3D	№173 от 20.12.2007	бессрочно
MS Office 2003 Professional	№ 135 от 17.09.2007	бессрочно
Электронные плакаты по курсу "Машины и технология обработки материалов давлением"	К-227-12 от 11.09.2012	бессрочно
Электронные плакаты по дисциплине "Основы метрологии и электрические измерения"	Д-903-13 от 14.06.2013	бессрочно

##### Профессиональные базы данных и информационные справочные системы

Название курса	Ссылка
Электронная база периодических изданий East View Information Services, ООО «ИВИС»	<a href="https://dlib.eastview.com/">https://dlib.eastview.com/</a>
Национальная информационно-аналитическая система – Российский индекс научного цитирования (РИНЦ)	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>
Информационная система - Единое окно доступа к информационным ресурсам	URL: <a href="http://window.edu.ru/">http://window.edu.ru/</a>
Федеральное государственное бюджетное учреждение «Федеральный институт промышленной собственности»	URL: <a href="http://www1.fips.ru/">http://www1.fips.ru/</a>

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

Материально-техническое обеспечение дисциплины включает:

Материально-техническое обеспечение дисциплины включает:

1. Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа: Комплекс тестовых заданий для проведения промежуточных и рубежных контролей.
2. Учебная аудитория для проведения лабораторных работ: Лабораторный корпус с лабораторией сварки и лабораторией резания: комплект печатных и электронных версий методических рекомендаций, учебное пособие, плакаты по темам. Лабораторное оборудование.
3. Учебная аудитория для проведения механических испытаний:
  - 1) Машины универсальные испытательные на растяжение.
  - 2) Мерительный инструмент.
  - 3) Приборы для измерения твердости по методам Бринелля и Роквелла.
  - 4) Микротвердомер.
  - 5) Печи термические.
4. Учебная аудитория для проведения металлографических исследований: Микроскопы МИМ-6, МИМ-7
5. Учебные аудитории для проведения индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации: Доска.
6. Помещение для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования: Стеллажи, инструменты для ремонта лабораторного оборудования.

## Приложение 1

### Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

По дисциплине «Экспериментальные методы определения деформаций и напряжений» предусмотрена аудиторная и внеаудиторная самостоятельная работа обучающихся. Самостоятельная работа студентов предполагает самостоятельное изучение учебного материала, подготовку к лабораторным занятиям и оформление лабораторных работ.

### Лабораторные работы

№ 1. Метод линий скольжения.

№ 2. Поляризационно-оптический метод измерения напряжений.

№ 3. Метод делительных сеток.

№ 4. Метод Муаровых полос.

### Вопросы и задания для подготовки к защите лабораторных работ

Укажите характерные участки на диаграммах. Перечислите материалы и типы кристаллических решеток материалов, для которых характерны подобные диаграммы растяжения.

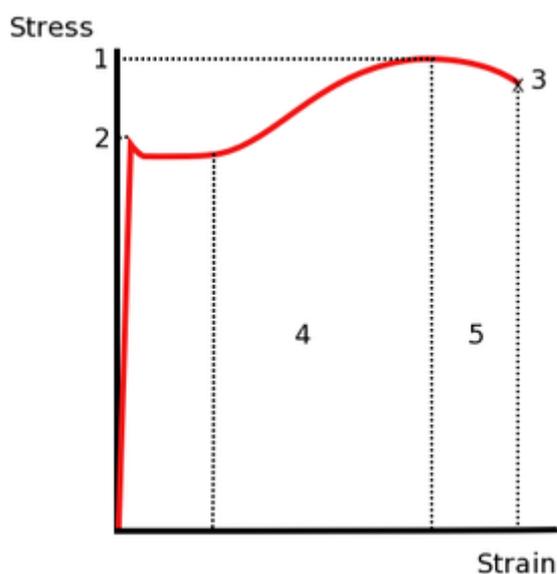


Рис. 1. Типичная диаграмма  $\sigma$  —  $\varepsilon$  для малоуглеродистой стали

1. Предел прочности (временное сопротивление разрушению)
2. Предел текучести (верхний)
3. Точка разрушения
4. Область деформационного упрочнения
5. Образование шейки на образце

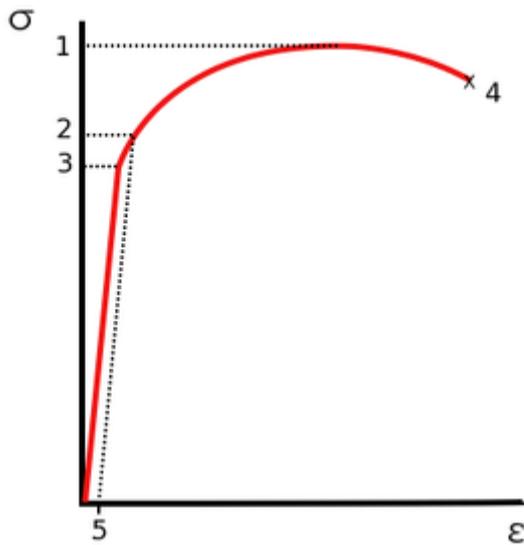


Рис. 2. Типичная диаграмма  $\sigma$  —  $\epsilon$  для алюминиевых сплавов

1. Предел прочности (временное сопротивление разрушению)
2. Условный предел текучести ( $\sigma_{0.2}$ )
3. Предел пропорциональности
4. Точка разрушения
5. Деформация при условном пределе текучести (обычно, 0,2 %).

Рассчитайте напряжения на указанных наклонных площадках

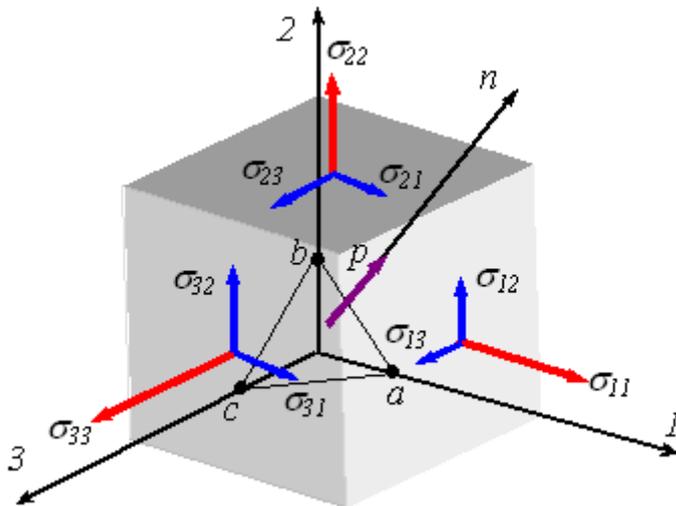


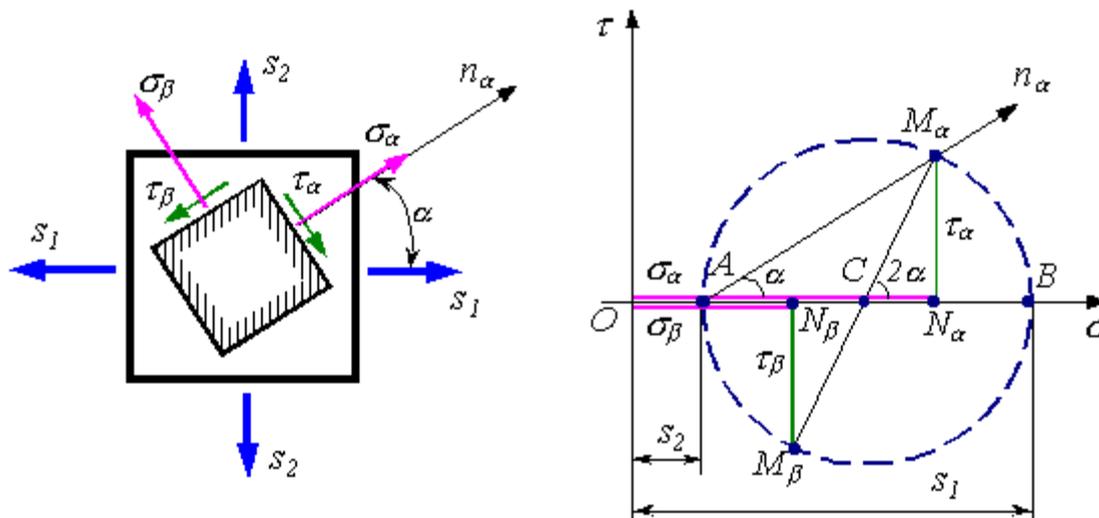
Рис. 3. Напряжения на наклонной площадке

Получите напряжение графическим способом путем построения круговой диаграммы напряженного состояния (круги **Мора**) для указанного случая плоского напряженного состояния. Пусть дан элемент (рис. 4), по боковым граням которого действуют известные главные напряжения  $s_1$  и  $s_2$ . Определите напряжения  $\sigma_\alpha$  ( $\sigma_{11}$ ),  $\sigma_\beta$  ( $\sigma_{22}$ ),  $\tau_\alpha$  ( $\sigma_{12}$ ),  $\tau_\beta$  ( $\sigma_{21}$ ), действующие на наклонных площадках  $\alpha$  и  $\beta$ .

Для этого выполните следующие действия:

1. выберите прямоугольную систему координат ( $\sigma$ ,  $\tau$ ) так, чтобы ось абсцисс была параллельна большему из главных напряжений;

- на оси абсцисс от начала координат отложите отрезки, численно равные главным напряжениям  $s_1$  и  $s_2$ , и на их разности, как на диаметре постройте окружность;
- из крайней левой точки  $A$  окружности проведите луч, параллельный нормали  $n_\alpha$  к площадке  $\alpha$  (рис. 4).



**Рис. 4. Графический способ определения напряжений на наклонных площадках**

По указанным фотографиям муаровых полос определите компоненты тензора напряжений для плоского напряженного состояния.

Вопросы для подготовки к зачету

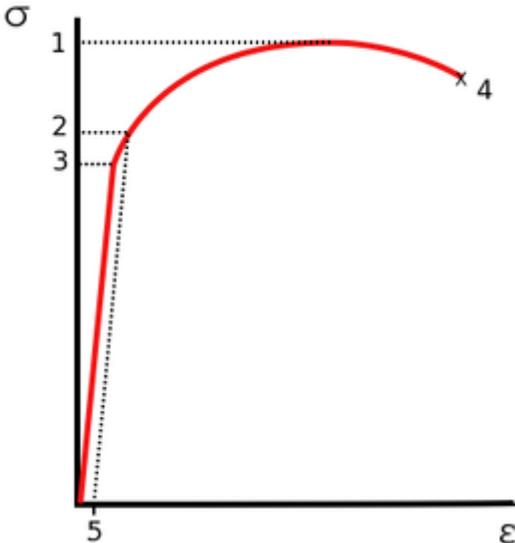
- Цель и задачи экспериментальных методов исследования напряжений и деформаций. Роль экспериментальных методов определения усилий деформирования в машинах ОМД, характеристики напряжений и деформаций.
- Проведение эксперимента и выполнение измерений.
- Методы исследования деформаций. Основные методы определения остаточных напряжений.
- Возможности и использование экспериментальных методов исследования напряжений
- Напряжения на наклонных площадках. Тензоры напряжений и деформаций.
- Прочность и напряжение. Силы сцепления молекул внутри нагруженного тела. Диаграмма растяжения пластичного материала. Диаграмма растяжения хрупкого материала. Влияние скорости деформации и температуры на прочностные характеристики
- Графические способы определения напряжений Круги Мора. Метод линий скольжения.
- Метод голографической интерферометрии.
- Метод рентгеновской дифракции. Дифракция Брэгга. Измерение напряжений рентгеновским методом.
- Общие сведения о магнитоанізотропном методе. Магнитоупругий эффект.
- Тензометрический метод отверстий
- Поляризационно-оптический метод измерения напряжений.
- Метод делительных сеток.
- Метод Муаровых полос.
- Измерение деформаций с помощью хрупких покрытий.
- Датчики автоматических систем. Тензодатчики. Виды месдоз и их устройство. Области применения тензометрического метода. Техника и технология исследования напряжений и деформаций. Методы исследования полного усилия деформирования. Устройство механических и гидравлических месдоз.

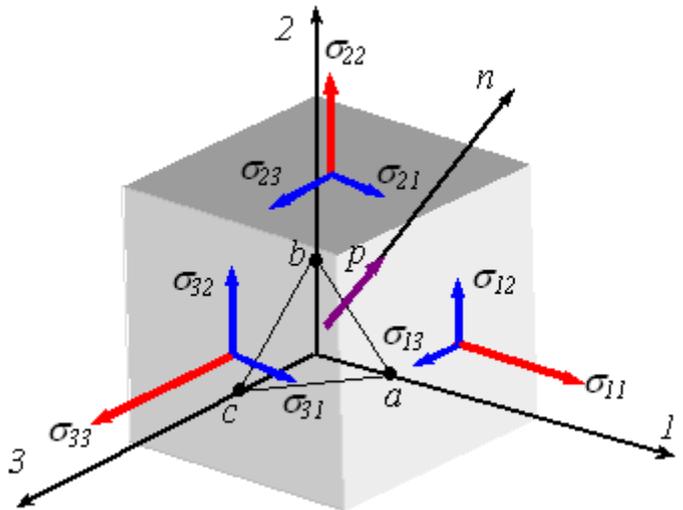
Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

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

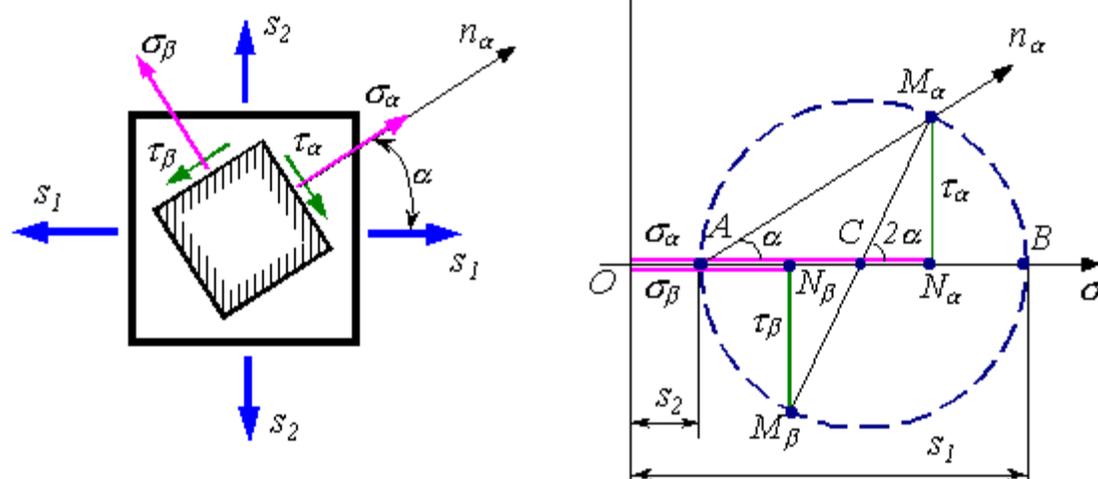
Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
<b>ПК-2 умением обеспечивать моделирование технических объектов и технологических процессов с использованием стандартных пакетов и средств автоматизированного проектирования, проводить эксперименты по заданным методикам с обработкой и анализом результатов</b>		
Знать	- основные методы исследования напряжений и деформаций; - основные термины, определения и понятия;	Вопросы к зачету 1. Цель и задачи экспериментальных методов исследования напряжений и деформаций. Роль экспериментальных методов определения усилий деформирования в машинах ОМД, характеристики напряжений и деформаций. 2. Проведение эксперимента и выполнение измерений. 3. Методы исследования деформаций. Основные методы определения остаточных напряжений. 4. Возможности и использование экспериментальных методов исследования напряжений 5. Напряжения на наклонных площадках. Тензоры напряжений и деформаций. 6. Прочность и напряжение. Силы сцепления молекул внутри нагруженного тела. Диаграмма растяжения пластичного материала. Диаграмма растяжения хрупкого материала. Влияние скорости деформации и температуры на прочностные характеристики 7. Графические способы определения напряжений Круги Мора. Метод линий скольжения. 8. Метод голографической интерферометрии. 9. Метод рентгеновской дифракции. Дифракция Брэгга. Измерение напряжений рентгеновским методом. 10. Общие сведения о магнитоанизотропном методе. Магнитоупругий эффект. 11. Тензометрический метод отверстий 12. Поляризационно-оптический метод измерения напряжений. 13. Метод делительных сеток.

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		14. Метод Муаровых полос. 15. Измерение деформаций с помощью хрупких покрытий. 16. Датчики автоматических систем. Тензодатчики. Виды месдоз и их устройство. Области применения тензометрического метода. Техника и технология исследования напряжений и деформаций. Методы исследования полного усилия деформирования. Устройство механических и гидравлических месдоз.
Уметь	обеспечивать моделирование технических объектов и технологических процессов с использованием экспериментальных методов исследования напряжений и деформаций;	Укажите характерные участки на диаграммах. Перечислите материалы и типы кристаллических решеток материалов, для которых характерны подобные диаграммы растяжения.
Владеть	навыками и методиками экспериментальной деятельности;	<div data-bbox="936 703 1489 1276" data-label="Figure"> <p>The figure shows a stress-strain curve for low-carbon steel. The y-axis is labeled 'Stress' and the x-axis is labeled 'Strain'. The curve starts at the origin, rises to a yield point (2), then to a peak (1), followed by a region of strain hardening (4), a region of necking (5), and finally ends at fracture (3).</p> </div> <p data-bbox="1086 1329 2016 1364"><b>Рис. 1. Типичная диаграмма <math>\sigma</math> — <math>\varepsilon</math> для малоуглеродистой стали</b></p> <p data-bbox="936 1401 1780 1436">1. Предел прочности (временное сопротивление разрушению)</p>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p>2. Предел текучести (верхний)  3. Точка разрушения  4. Область деформационного упрочнения  5. Образование шейки на образце</p>  <p>Рис. 2. Типичная диаграмма <math>\sigma</math> — <math>\epsilon</math> для алюминиевых сплавов</p> <p>1. Предел прочности (временное сопротивление разрушению)  2. Условный предел текучести (<math>\sigma_{0.2}</math>)  3. Предел пропорциональности  4. Точка разрушения  5. Деформация при условном пределе текучести (обычно, 0,2 %).</p>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p>Рассчитайте напряжения на указанных наклонных площадках</p>  <p><b>Рис. 3. Напряжения на наклонной площадке</b></p>
<b>ПК-4</b> способностью участвовать в работе над инновационными проектами, используя базовые методы исследовательской деятельности		
Знать	методические, нормативные и руководящие материалы, касающиеся выполняемой работы; основные определения и понятия;	<p>Вопросы к зачету:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Цель и задачи экспериментальных методов исследования напряжений и деформаций. Роль экспериментальных методов определения усилий деформирования в машинах ОМД, характеристики напряжений и деформаций.</li> <li>2. Проведение эксперимента и выполнение измерений.</li> <li>3. Методы исследования деформаций. Основные методы определения остаточных напряжений.</li> <li>4. Возможности и использование экспериментальных методов исследования напряжений</li> </ol>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p>5. Напряжения на наклонных площадках. Тензоры напряжений и деформаций.</p> <p>6. Прочность и напряжение. Силы сцепления молекул внутри нагруженного тела. Диаграмма растяжения пластичного материала. Диаграмма растяжения хрупкого материала. Влияние скорости деформации и температуры на прочностные характеристики</p> <p>7. Графические способы определения напряжений Круги Мора. Метод линий скольжения.</p> <p>8. Метод голографической интерферометрии.</p> <p>9. Метод рентгеновской дифракции. Дифракция Брэгга. Измерение напряжений рентгеновским методом.</p> <p>10. Общие сведения о магнитоанизотропном методе. Магнитоупругий эффект.</p> <p>11. Тензометрический метод отверстий</p> <p>12. Поляризационно-оптический метод измерения напряжений.</p> <p>13. Метод делительных сеток.</p> <p>14. Метод Муаровых полос.</p> <p>15. Измерение деформаций с помощью хрупких покрытий.</p> <p>16. Датчики автоматических систем. Тензодатчики. Виды месдоз и их устройство. Области применения тензометрического метода. Техника и технология исследования напряжений и деформаций. Методы исследования полного усилия деформирования. Устройство механических и гидравлических месдоз.</p>
Уметь	выполнять работы над инновационными проектами, используя базовые методы исследовательской деятельности. применять знания в профессиональной деятельности; использовать их на междисциплинарном уровне;	<p>Получите напряжение графическим способом путем построения круговой диаграммы напряженного состояния (круги <b>Мора</b>) для указанного случая плоского напряженного состояния. Пусть дан элемент (рис. 4), по боковым граням которого действуют известные главные напряжения <math>s_1</math> и <math>s_2</math>. Определите напряжения <math>\sigma_\alpha</math> (<math>\sigma_{11}</math>), <math>\sigma_\beta</math> (<math>\sigma_{22}</math>), <math>\tau_\alpha</math> (<math>\sigma_{12}</math>), <math>\tau_\beta</math> (<math>\sigma_{21}</math>), действующие на наклонных площадках <math>\alpha</math> и <math>\beta</math>.</p> <p>Для этого выполните следующие действия:</p>
Владеть	навыками и методиками обобщения результатов решения, экспериментальной деятельности; способами оценивания значимости и	<p>4. выберите прямоугольную систему координат <math>(\sigma, \tau)</math> так, чтобы ось абсцисс была параллельна большему из главных напряжений;</p> <p>5. на оси абсцисс от начала координат отложите отрезки, численно равные главным напряжениям <math>s_1</math> и <math>s_2</math>, и на их разности, как на диаметре построить окружность;</p>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
	<p>практической пригодности полученных результатов;  возможностью междисциплинарного применения методов обработки первичной информации и расчета напряжений;</p>	<p>б. из крайней левой точки <math>A</math> окружности проведите луч, параллельный нормали <math>n_\alpha</math> к площадке <math>\alpha</math> (рис. 4).</p>  <p><b>Рис. 4. Графический способ определения напряжений на наклонных площадках</b></p> <p><i>По указанным фотографиям муаровых полос определите компоненты тензора напряжений для плоского напряженного состояния.  Выполнение лабораторных работ №№ 1,2,3,4.</i></p>

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

Промежуточная аттестация по дисциплине «Экспериментальные методы определения деформаций и напряжений» включает теоретические вопросы, позволяющие оценить уровень усвоения обучающимися знаний, и практические задания, выявляющие степень сформированности умений и владений, проводится в форме зачета.

Критерии оценки (в соответствии с формируемыми компетенциями и планируемыми результатами обучения):

- «зачтено» – обучаемый должен показать знания на уровне воспроизведения и объяснения информации, интеллектуальные навыки решения простых задач;
- «не зачтено» – обучаемый не может показать знания на уровне воспроизведения и объяснения информации, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач.