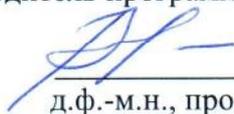


Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования

**«Пермский национальный исследовательский
политехнический университет»**

УТВЕРЖДАЮ

Руководитель программы аспирантуры

 В.Э. Вильдеман
д.ф.-м.н., проф., зав.каф. ЭМКМ

« 20 » « мая » 2022 г.

Рабочая программа дисциплины по программе аспирантуры

«Экспериментальная механика конструкционных материалов»

Научная специальность	1.1.8. Механика деформируемого твердого тела
Направленность (профиль) программы аспирантуры	Механика деформирования и разрушения твердых тел
Выпускающая(ие) кафедра(ы)	Экспериментальная механика и конструкционное материаловедение (ЭМКМ) Механика композиционных материалов и конструкций (МКМК)
Форма обучения	Очная
Курс: 2	Семестр (ы): 3
Виды контроля с указанием семестра:	
Экзамен:	Зачет: 3
	Диф.зачет

Пермь 2022

1. Общие положения

Рабочая программа дисциплины «Экспериментальная механика конструкционных материалов» разработана на основании следующих нормативных документов:

- Приказ Минобрнауки России от 20.10.2021 N 951 "Об утверждении федеральных государственных требований к структуре программ подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре), условиям их реализации, срокам освоения этих программ с учетом различных форм обучения, образовательных технологий и особенностей отдельных категорий аспирантов (адъюнктов)";
- Постановление Правительства РФ от 30.11.2021 N 2122 "Об утверждении Положения о подготовке научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре)";
- Самостоятельно устанавливаемые требования к реализуемым программам подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре Пермского национального исследовательского политехнического университета;
- Базовый план по программе аспирантуры;
- Паспорт научной специальности.

1.1 Цель учебной дисциплины – формирование комплекса знаний, умений и навыков о конструкциях и принципах действия испытательных и измерительных систем, возможностях и перспективах современного испытательного оборудования, умений и навыков применения современных испытательных и измерительных систем.

1.2 Место учебной дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Экспериментальная механика конструкционных материалов» является дисциплиной по выбору образовательного компонента плана аспиранта.

2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

В результате изучения дисциплины аспирант должен демонстрировать следующие результаты:

Знать:

- методики экспериментальных исследований механики материалов;
- основные параметры напряженно-деформированного состояния;
- основные модели механического поведения материалов;
- конструкцию и принцип действия основных датчиков силы и перемещений

Уметь:

- определять основные характеристики материалов: модуль упругости (модуль Юнга), определять предел пропорциональности, определять предел упругости, определять предел текучести, определять условный предел текучести, определять предел прочности, определять относительное удлинение при разрыве, определять относительное сужение при разрыве;
- определять свойства материала при сложном напряженном состоянии;

Владеть:

- методами анализа напряженно-деформированных состояний с использованием современных систем для испытания материалов (электромеханические, сервогидравлические, электродинамические испытательные системы);
- стандартными методиками проведения испытаний на растяжение, сжатие, кручение, сдвиг и изгиб.

3.

4. Структура учебной дисциплины по видам и формам учебной работы

Таблица 1

Объем и виды учебной работы

№ п.п.	Вид учебной работы	Трудоемкость, ч
		3 семестр
1	Аудиторная работа	39
	В том числе:	
	Лекции (Л)	-
	Практические занятия (ПЗ)	32
2	Контроль самостоятельной работы (КСР)	7
	Самостоятельная работа (СР)	69
	Форма итогового контроля:	Зачет

4. Содержание учебной дисциплины

4.1. Содержание разделов и тем учебной дисциплины

Раздел 1. Основы экспериментальной механики

(ПЗ – 12, СР – 20)

Тема 1. Предмет и задачи курса «Экспериментальная механика конструкционных материалов».

Тема 2. Параметры напряженно-деформированного состояния.

Тема 3. Модели механического поведения материалов: модели упругого поведения материалов, модели пластического деформирования материалов, модели вязкоупругого деформирования материалов.

Тема 4. Основные механические характеристики материалов и методы их определения.

Раздел 2. Современные системы для испытания материалов

(ПЗ – 18, СР – 33)

Тема 5. Общая характеристика современных испытательных комплексов.

Тема 6. Основные виды управляемого воздействия на образец: растяжение-сжатие, кручение, сложное нагружение (растяжение-сжатие и кручение), двухосевое растяжение-сжатие, сложное напряженное состояние (растяжение и кручение трубчатых образцов с внутренним давлением), воздействие низких и высоких температур, агрессивных сред и иных физико-химических факторов.

Тема 7. Принцип действия и устройство электромеханических испытательных систем. Испытания на растяжение, сжатие, трехточечный и четырехточечный изгиб, сдвиг, срез. Определение модуля упругости, модуля сдвига и предела прочности материала при проведении испытания.

Тема 8. Принцип действия и устройство сервогидравлических испытательных систем. Испытания на малоцикловую усталость, многоцикловую усталость и циклическую трещиностойкость.

Тема 9. Принцип действия и устройство электродинамических испытательных систем.

Тема 10. Принцип действия и устройство специального оборудования для термомеханического нагружения. Климатические камеры, муфельные печи, сосуд Дьюара.

Тема 11. Эволюция и особенности современных испытательных систем и их компонентов.

Раздел 3. Средства контроля нагрузок и перемещений, анализа полей деформаций

(ПЗ – 2, СР – 16)

Тема 12. Принцип действия и основные виды датчиков регистрации усилий и перемещений, экстензометров, видеоэкстензометров.

Тема 13. Оптический метод анализа полей деформаций. Состав и принцип работы цифровой оптической системы. Метод корреляции цифровых изображений.

4.2. Перечень тем практических занятий

Таблица 2

Темы практических занятий (из пункта 4.1)

№ п.п.	Номер темы дисциплины	Наименование темы практического занятия	Наименование оценочного средства	Представление оценочного средства
1	2	Параметры напряженно-деформированного состояния	Собеседование. Творческое задание.	Вопросы по темам / разделам дисциплины. Темы творческих заданий.
2	3	Модели упругого поведения материалов, модели пластического деформирования материалов, модели вязкоупругого деформирования материалов	Собеседование. Творческое задание.	Вопросы по темам / разделам дисциплины. Темы творческих заданий.
3	4	Определение основных механических характеристик (предел пропорциональности, определять предел упругости, определять предел текучести.)	Собеседование. Творческое задание.	Вопросы по темам / разделам дисциплины. Темы творческих заданий.
4	7	Знакомство с методикой проведения испытаний на одноосное растяжение-сжатие. Построение диаграмм деформирования. Определение модуля Юнга, предела прочности	Собеседование. Творческое задание.	Вопросы по темам / разделам дисциплины. Темы творческих заданий.
5	8	Исследование характеристик усталостной долговечности и исследование скорости роста усталостной трещины	Собеседование. Творческое задание.	Вопросы по темам / разделам дисциплины. Темы творческих заданий.
6	9	Знакомство с методикой проведения испытаний на кручение. Определение модуля сдвига и предела прочности материала	Собеседование. Творческое задание.	Вопросы по темам / разделам дисциплины. Темы творческих заданий.
7	10	Испытания материалов при термомеханических воздействиях с использованием нагревательных элементов и холодильного агрегата	Собеседование. Творческое задание.	Вопросы по темам / разделам дисциплины. Темы творческих заданий.
8	11	Изучение свойств материала при сложном напряженном состоянии	Собеседование. Творческое задание.	Вопросы по темам / разделам дисциплины. Темы творческих заданий.

9	13	Основные принципы метода корреляции цифровых изображений. Анализ поля деформаций в области концентрации напряжений	Собеседование. Творческое задание.	Вопросы по темам / разделам дисциплины. Темы творческих заданий.
---	----	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------	---------------------------------------------------------------------

4.3. Перечень тем для самостоятельной работы аспирантов

Самостоятельная работа аспирантов заключается в теоретическом изучении конкретных вопросов и выполнении творческих заданий.

Таблица 3

Темы самостоятельных заданий

№ п.п.	Номер темы дисциплины	Наименование темы самостоятельной работы	Наименование оценочного средства	Представление оценочного средства
1	1	Задачи курса «Экспериментальная механика конструкционных материалов»	Собеседование	Вопросы по темам / разделам дисциплины
2	2	Параметры напряженно-деформированного состояния.	Собеседование	Вопросы по темам / разделам дисциплины
3	3	Основные закономерности механического поведения материалов, модели упругопластических и вязкоупругих сред	Собеседование	Вопросы по темам / разделам дисциплины
4	4	Основные механические характеристики материалов	Собеседование	Вопросы по темам / разделам дисциплины
5	5	Современные испытательные системы и методы исследования деформационных и прочностных свойств материалов	Собеседование	Вопросы по темам / разделам дисциплины
6	6	Основные виды управляемого воздействия на образец: растяжение-сжатие, кручение, сложное нагружение (растяжение-сжатие и кручение), двухосевое растяжение-сжатие, сложное напряженное состояние (растяжение и кручение трубчатых образцов с внутренним давлением)	Собеседование	Вопросы по темам / разделам дисциплины
7	7	Принцип действия и устройство электромеханических испытательных систем.	Собеседование	Вопросы по темам / разделам дисциплины

8	8	Принцип действия и устройство сервогидравлических испытательных систем	Собеседование	Вопросы по темам / разделам дисциплины
9	9	Принцип действия и устройство электродинамических испытательных систем	Собеседование	Вопросы по темам / разделам дисциплины
10	10	Специальное оборудование для термомеханического нагружения. Климатические камеры, муфельные печи, сосуд Дьюара		
11	11	Эволюция современных испытательных систем и их компонентов		
12	12	Принцип действия и основные виды датчиков регистрации усилий и перемещений, экстензометров, видеоэкстензометров		
13	13	Оптический метод анализа полей деформаций. Состав и принцип работы цифровой оптической системы. Метод корреляции цифровых изображений		

5. Методические указания для аспирантов по изучению дисциплины

При изучении дисциплины «Экспериментальная механика конструкционных материалов» аспирантам целесообразно выполнять следующие рекомендации:

1. Изучение учебной дисциплины должно вестись систематически;
2. После изучения какого-либо раздела по учебнику или конспектным материалам рекомендуется по памяти воспроизвести основные термины, определения, понятия раздела;
3. Вся тематика вопросов, изучаемых самостоятельно, задается преподавателем. Им же даются источники (в первую очередь вновь изданные в периодической научной литературе) для более детального понимания вопросов, озвученных на лекции;

6. Перечень учебно-методического, библиотечно-справочного и информационного, информационно-справочного обеспечения для работы аспиранта по дисциплине

6.1. Библиотечные фонды и библиотечно-справочные системы

№	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке+кафедре; местонахождение электронных изданий
1	2	3
1 Основная литература		
1	Механика материалов. Методы и средства экспериментальных исследований / В. Э. Вильдеман [и др.] ; Пермский национальный исследовательский политехнический университет ; Под ред. В. Э. Вильдемана .— Пермь : Изд-во ПНИПУ, 2011 .— 164 с	36+ЭБ
2	Экспериментальные исследования свойств материалов при сложных термомеханических воздействиях: коллективная монография / В. Э. Вильдеман [и др.] ; Под ред. В. Э. Вильдемана .— Москва : Физматлит, 2012 .— 203 с.	2
2 Дополнительная литература		
2.1 Учебно-методические, научные издания		
1	Сопротивление материалов : учебное пособие для вузов / А. Г. Горшков, В. Н. Трошин, В. И. Шалашилин .— 2-е изд., испр .— Москва : Физматлит, 2002 .— 543 с.	63
2	Пластичность / А.А. Ильющин ; Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова .— Репр. воспроизв. изд. 1948 г .— М. : Логос, 2004 .—(Классический университетский учебник) .Ч. 1: Упруго-пластические деформации / Авт. предислов. Е.И. Шемякина [идр.] .— 2004 .— 376 с.	10
3	Экспериментальная механика / Б. В. Букеткин [и др.] ; Московский государственный технический университет им. Н. Э. Баумана; Под ред. Р. К. Вафина .— М. : Изд-во МГТУ, 2004 .— 135 с.	5
4	Теория упругости и пластичности : учебник для вузов / А.Г. Горшков, Э.И. Старовойтов, Д.В. Тарлаковский .— М. : Физматлит, 2002 .— 415 с.	55
2.2 Периодические издания		
1	Научно-технический журнал «Вестник ПНИПУ. Аэрокосмическая техника»	1
2	Научно-технический журнал «Вестник ПНИПУ. Механика»	2

6.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

6.2.1. Информационные и информационно-справочные системы

1. Электронная библиотека Пермского национального исследовательского политехнического университета [Электронный ресурс] : [полнотекстовая база данных электрон. док., издан. в Изд-ве ПНИПУ] / Перм. нац. исслед. политехн. ун-т, Науч. б-ка. — Пермь, 2016. — Режим доступа: <http://elib.pstu.ru>, свободный. — Загл. с экрана.

2. Электронно-библиотечная система Издательство «Лань» [Электронный ресурс] : [полнотекстовая база данных : электрон. версии кн., журн. по гуманит., обществ., естеств. и

техн. наукам] / Электрон.-библиотечная система «Изд-ва «Лань». – Санкт-Петербург, 2010-2016. – Режим доступа: <http://e.lanbook.com>, по IP-адресам компьютер. сети Перм. нац. исслед. политехн. ун-та. – Загл. с экрана.

3. Электронная библиотека диссертаций РГБ [Электронный ресурс] : [полнотекстовая база данных : электрон. версии дис. и автореф. дис. по всем отраслям знания] / Электрон. б-ка дис. – Москва, 2003-2016. – Режим доступа: <http://diss.rsl.ru>, компьютер. сеть Науч. б-ки Перм. нац. исслед. политехн. ун-та. – Загл. с экрана.

4. Scopus [Electronic resource : реф.-библиограф. и наукометр. (библиометр.) база данных на англ. яз.] / Elsevier. – Amsterdam, 1960- . – Режим доступа: <http://www.scopus.com/>. – Загл. с экрана.

5. Научная Электронная Библиотека eLibrary [Электронный ресурс : полнотекстовая база данных : электрон. журн. на рус., англ., нем. яз. : реф. и наукометр. база данных] / Науч. электрон. б-ка. – Москва, 1869- . – Режим доступа: <http://elibrary.ru/>. – Загл. с экрана.

6. Web of Science (Web of Knowledge) [Electronic resource : реф. и наукометр. баз данных на англ. яз. по всем отраслям знания] / Thomson Reuters. – New York, 2001- . – Режим доступа: <http://apps.webofknowledge.com/>. – Загл. с экрана.

7. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

7.1. Основное учебное оборудование. Рабочее место аспиранта.

Таблица 4

№ п.п.	Наименование и марка оборудования (стенда, макета, плаката, лабораторное оборудование)	Кол-во ед.	Форма приобретения / владения (собственность, оперативное управление, аренда и т.п.)	Номер аудитории
1	2	3	4	5
1	Компьютер (в составе Intel(R) Core(TM)i3CPU@2.93ГГц, 3.6ГБ ОЗУ)	12	Оперативное управление	403
2	Проектор PanasonicPT-LB78V	1	Оперативное управление	404
3	Экран	1	Оперативное управление	404

8. Фонд оценочных средств

Освоение учебного материала дисциплины запланировано в течение одного семестра. Формой контроля освоения результатов обучения по дисциплине является зачет, проводимый с учетом результатов текущего контроля.

8.1. Описание показателей и критериев оценивания, описание шкал оценивания.

Контроль качества освоения дисциплины включает в себя текущий контроль успеваемости и промежуточную аттестацию аспирантов

Текущий контроль

Текущий контроль успеваемости обеспечивает оценку освоения дисциплин и проводится в форме собеседования и защиты отчета о творческом задании.

- **Собеседование**

Для оценки **знаний** аспирантов проводится собеседование в виде специальной беседы преподавателя с обучающимся на темы, связанные с изучаемой дисциплиной для выяснения объема знаний по определенному разделу, теме, проблеме.

Собеседование может выполняться в индивидуальном порядке или группой аспирантов.

- **Защита отчета о творческом задании**

Для оценки **умений и владений** аспирантов используется творческое задание, имеющее нестандартное решение и позволяющее интегрировать знания различных областей, аргументировать собственную точку зрения.

Творческие задания могут выполняться в индивидуальном порядке или группой аспирантов.

Промежуточная аттестация

Допуск к промежуточной аттестации осуществляется по результатам текущего контроля. Промежуточная аттестация проводится в виде зачета по дисциплине «Экспериментальная механика конструкционных материалов», в устно-письменной форме.

9. 8.2. Шкалы оценивания результатов обучения:

10. Оценка результатов обучения по дисциплине «Научный семинар» проводится по шкале оценивания «зачтено», «незачтено» путем выборочного контроля во время зачета.

11. Типовые шкалы и критерии оценки результатов обучения при сдаче зачета приведены в табл. 5.

12. Таблица 5

13. Шкала и критерии оценки результатов обучения на зачете

Оценка	Критерии оценивания
<i>Зачтено</i>	Аспирант уверенно или менее уверенно выступил с устным докладом на научном семинаре. Показал сформированные или содержащие отдельные пробелы знания в рамках усвоенного учебного материала, показал успешное или сопровождающееся отдельными ошибками применение навыков полученных умений при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала. Ответил на большинство дополнительных вопросов правильно.
<i>Незачтено</i>	Аспирант неуверенно выступил с устным докладом на научном семинаре или не подготовил доклад. При ответах аспирант продемонстрировал фрагментарные знания . При ответах на дополнительные вопросы было допущено множество неправильных ответов и неточностей. Продемонстрировал частично усвоенное умение и применение полученных навыков при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала.

14. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания результатов обучения по дисциплине

Задания для текущего контроля и проведения промежуточной аттестации должны быть направлены на оценивание:

1. уровня освоения теоретических понятий, научных основ профессиональной деятельности;
2. степени готовности аспиранта применять теоретические знания и профессионально значимую информацию и оценивание сформированности когнитивных умений.
3. приобретенных умений, профессионально значимых для профессиональной деятельности.

15. Типовые контрольные вопросы и задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов освоения дисциплины

Перечень контрольных вопросов и заданий для сдачи зачета по дисциплине «Экспериментальная механика конструкционных материалов» тела разработан с учетом научных достижений научно-исследовательской школы кафедры.

Типовые творческие задания:

1. Определение модуля упругости материала при проведении испытания.
2. Определение модуля сдвига материала при проведении испытания.
3. Определение предела прочности материала при проведении испытания.

Типовые контрольные задания:

1. Что такое напряженно-деформированное состояние?
2. Параметры напряженно-деформированного состояния
3. Какие модели механического поведения материалов бывают?
4. Какие основные механические характеристики материалов Вы знаете?
5. Какие методы определения основных механических характеристик Вы знаете?

Полный комплект вопросов и заданий хранится на кафедре ЭМКМ.

Лист регистрации изменений

№ п.п.	Содержание изменения	Дата, номер протокола заседания кафедры. Подпись заведующего кафедрой
1	2	3
1		
2		
3		
4		