

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



**Пермский национальный исследовательский  
политехнический университет**

**УТВЕРЖДАЮ**

Проректор по учебной работе

  
\_\_\_\_\_ Н.В.Лобов

« 20 » марта 20\_\_ г.

### **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Дисциплина:** \_\_\_\_\_ Экспериментальная механика композитов  
(наименование)

**Форма обучения:** \_\_\_\_\_ очная  
(очная/очно-заочная/заочная)

**Уровень высшего образования:** \_\_\_\_\_ магистратура  
(бакалавриат/специалитет/магистратура)

**Общая трудоёмкость:** \_\_\_\_\_ 144 (4)  
(часы (ЗЕ))

**Направление подготовки:** 22.04.01 Материаловедение и технологии материалов  
\_\_\_\_\_  
(код и наименование направления)

**Направленность:** \_\_\_\_\_ Экспериментальная механика  
(наименование образовательной программы)

## 1. Общие положения

### 1.1. Цели и задачи дисциплины

Цель дисциплины - формирование у студентов знаний о подходах, методах и особенностях экспериментальных исследований механических характеристик композиционных материалов и конструкций; ознакомление с системами стандартов испытаний, практикой использования нестандартных методик, основными проблемами и способами их преодоления, с современными проблемами и актуальными задачами науки, проектирования конструкций и сооружений, создания новых материалов, принципами исследования закономерностей механического поведения перспективных композиционных материалов и наноматериалов.

### 1.2. Изучаемые объекты дисциплины

- методики экспериментальных исследований механики композиционных материалов;  
- методики экспериментального определения механических свойств, исследования закономерностей процессов деформирования и разрушения материалов и элементов конструкций;  
- особенности экспериментального исследования КМ и варианты их учета при проведении экспериментов.

### 1.3. Входные требования

Дисциплина «Экспериментальная механика композитов» подразумевает освоение на предыдущем этапе таких дисциплин как «Материаловедение и технологии современных и перспективных материалов», «Современные проблемы наук о материалах и процессах» и «Теория механического поведения материалов» учебного плана профиля программы магистратуры «Экспериментальная механика».

## 2. Планируемые результаты обучения по дисциплине

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
ПК-1.5	ИД-1ПК-1.5	Знать методики экспериментальных исследований механики композиционных материалов, испытательные системы, приспособления по испытаниям композиционных материалов.	Знает отечественные и международные публикации и достижения в области механики деформирования и разрушения материалов и наноматериалов с учетом структурных особенностей	Контрольная работа
ПК-1.5	ИД-2ПК-1.5	Уметь определять: предел пропорциональности, предел упругости, предел текучести, относительное сужение при разрыве; уметь оформлять чертежи с помощью программных пакетов.	Умеет проектировать управление научно-исследовательскими работами в структурном подразделении	Отчёт по практическому занятию

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
ПК-1.5	ИД-3ПК-1.5	<p>Владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- навыками анализа напряженно-деформированных состояний,</li> <li>- навыками проведения испытаний на растяжение, сжатие, кручение, сдвиг и изгиб;</li> <li>- навыками проведения испытаний по нестандартной методике.</li> </ul>	<p>Владеет навыками определения перспектив развития научно-исследовательских работ в области механики деформирования и разрушения материалов и наноматериалов с учетом структурных особенностей</p>	Защита лабораторной работы
ПК-2.3	ИД-1ПК-2.3	<p>Знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- содержание и смысловую наполненность основных отечественных стандартов (ГОСТ, ОСТ и т.п.), методик испытаний композиционных материалов на определение механических характеристик;</li> <li>- испытательные системы, приспособления и т.п., при реализации отечественных стандартных методик механических испытаний КМ;</li> <li>- особенности и общие принципы формирования системы зарубежных стандартов по испытаниям композитов на примере ASTM (American Society for Testing and Materials – американское общество по испытанию материалов).;</li> <li>- содержание основных стандартов ASTM по испытаниям композиционных материалов на определение механических характеристик;</li> <li>- испытательные системы, приспособления</li> </ul>	<p>Знает содержание, характер и продолжительность "элементарных" операций контроля, измерения и испытания</p>	Дифференцированный зачет

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
		и т.п., при реализации зарубежных стандартных методик механических испытаний КМ.		
ПК-2.3	ИД-2ПК-2.3	Уметь: - применять методики оценки механических характеристик перекрестно-армированных пластиков при трехточечном изгибе на разных базах, характеристик усталости порошковых композитов в условиях «основных» видов нагружения (консольный изгиб, кручение) и при сложном напряженном состоянии (изгиб и кручение, растяжение-сжатие и кручение одновременно); - определять механические характеристики из испытаний на растяжение, сжатие, изгиб, сдвиг.	Умеет разрабатывать предложения по совершенствованию технологического процесса и организации работ по его обеспечению	Защита лабораторной работы
ПК-2.3	ИД-3ПК-2.3	Владеть навыками проведения испытания на растяжение, сжатие, изгиб, сдвиг по ГОСТ и ASTM.	Владеет навыками внесения предложений в планы адаптации (модернизации) инфраструктуры и производственной среды для оптимизации условий проведения операций контроля, измерения и испытания, а также решения задач разработки и выбора материалов	Отчёт по практическому занятию

### 3. Объем и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах	
		Номер семестра	
		3	
1. Проведение учебных занятий (включая проведение текущего контроля успеваемости) в форме:	53	53	
1.1. Контактная аудиторная работа, из них:			
- лекции (Л)	6	6	
- лабораторные работы (ЛР)	14	14	
- практические занятия, семинары и (или) другие виды занятий семинарского типа (ПЗ)	31	31	
- контроль самостоятельной работы (КСР)	2	2	
- контрольная работа			
1.2. Самостоятельная работа студентов (СРС)	91	91	
2. Промежуточная аттестация			
Экзамен			
Дифференцированный зачет	9	9	
Зачет			
Курсовой проект (КП)			
Курсовая работа (КР)			
Общая трудоемкость дисциплины	144	144	

### 4. Содержание дисциплины

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	
3-й семестр				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
Основные понятия и исходные положения	2	8	11	30
Основные проблемы экспериментальной механики композиционных материалов. Основные положения и требования ГОСТ 14359-69 «Пластмассы. Методы механических испытаний. Общие требования». Обзор системы отраслевых стандартов испытаний композитов на механические характеристики. Стандартные методики испытаний композитов при растяжении. Основные положения и требования ГОСТ 11262-80 «Пластмассы. Метод испытания на растяжение». Основные положения и требования ГОСТ 25.601-80 «Расчеты и испытания на прочность. Методы механических испытаний композиционных материалов с полимерной матрицей (композитов). Метод испытания плоских образцов на растяжение при нормальной, повышенной и пониженной температурах». Основные положения и требования ГОСТ 25.603-82 «Расчеты и испытания на прочность. Методы механических испытаний композиционных материалов с полимерной матрицей (композитов). Метод испытания на растяжение кольцевых образцов при нормальной, повышенной и пониженной температурах». Стандартные методики испытаний композитов при сжатии смятии. Основные положения и требования ГОСТ 25.602-80 «Расчеты и испытания на прочность. Методы механических испытаний композиционных материалов с полимерной матрицей (композитов). Метод испытания на сжатие при нормальной, повышенной и пониженной температурах». Основные положения и требования ОСТ 92-1475-78 «Пластмассы теплозащитного и конструкционного назначения. Метод испытания на смятие». Основные положения и требования ГОСТ 32659-2014 «Композиты полимерные. Методы испытаний. Определение кажущегося предела прочности при межслойном сдвиге методом короткой балки». Основные положения и требования ОСТ «Пластмассы теплозащитного и конструкционного назначения. Метод испытания на сдвиг по слою».				
Методики экспериментальных исследований механики композиционных материалов по зарубежным стандартам на примере ASTM	2	6	8	31
Обзор системы стандартов ASTM по испытаниям композитов на механические свойства. Выделение групп стандартов по параметрам материала (объекта) и видам испытаний. Методики испытаний в рамках стандартов ASTM, реализуемые в Центре экспериментальной				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
<p>механики ПНИПУ. Общий обзор приспособлений для испытаний композитов. Особенности ASTM при испытаниях на растяжение образцов композиционных материалов. Методики испытаний композитов по ASTM на срез-сдвиг. Основные положения и требования ASTM D5379 «Метод испытаний композиционных материалов при сдвиге на образцах-балочках с V-надрезом» (Бим метод). Основные положения и требования ASTM C273 «Стандартный метод испытаний на определение сдвиговых характеристик сердцевин сэндвич материалов». Основные положения и требования ASTM D7078 «Метод испытаний на сдвиг композитных материалов направляющими на образцах с V-образным вырезом». Основные положения и требования ASTM D1781 «Стандартный метод испытаний адгезионной прочности при раздире с помощью наматывания слоя на барабан». Методики испытаний композитов по ASTM при сжатии. Основные положения и требования ASTM D695 и D3846 «Стандартный метод испытаний жестких пластиков для определения характеристик сжатия», в том числе по требованиям Boeing BSS 7260 и SACMA в рамках метода SRM-1. Основные положения и требования ASTM D6484 «Стандартный метод испытаний для определения характеристик прочности при сжатии (Опен-Хол) композитных ламинатов на полимерной матрице», в том числе по рекомендациям Boeing, а также стандарта Airbus AITM1-0010. Основные положения и требования ASTM D3410 (ISO 14126-1) «Стандартный метод испытаний для определения при сжатии композитов на полимерной матрице характеристик межслойного сдвига».</p>				
<p>Методики экспериментальных исследований механики КМ при использовании отработанных и новых нестандартных методик</p>	2	0	12	30
<p>Обзор нестандартных методик, используемых при испытаниях образцов и элементов конструкций из композиционных материалов в Центре экспериментальной механики ПНИПУ. Особенности и развитие нестандартных методик испытаний однонаправленных высоконаполненных волокнистых ПКМ при растяжении вдоль направления армирования при нормальных и повышенных температурах. Конструкции захватных приспособлений при отсутствии трансверсального обжатия образца. Практика и особенности испытаний крупногабаритных</p>				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
образцов ламинатных и сэндвичпанелей по методикам, аналогичным стандартным: при растяжении, при сжатии и на сдвиг в замкнутом четырехзвенные. Практика и особенности применения расчетно-экспериментальной методики оценки упругих и прочностных характеристик волокнистых ПКМ перекрестного армирования при трехточечном изгибе образцов-полосок на разных базах. Сравнительный анализ результатов испытаний, полученных по разным методикам. Практика и особенности расчетно-экспериментальной методики оценки характеристик усталости порошковых макроизотропных композитов в условиях «основных» видов нагружения (консольный изгиб, кручение) и при сложном напряженном состоянии (изгиб и кручение, растяжение-сжатие и кручение одновременно). Влияние учета пластичности частиц порошкового железа при оценке результатов испытаний усталостных характеристик. Практика и особенности проведения испытаний полунатурных образцов и образцов-прототипов в условиях сложного напряженного состояния, повышенных и пониженных температур, а также с использованием специальных средств анализа полей деформирования на поверхности образца.				
ИТОГО по 3-му семестру	6	14	31	91
ИТОГО по дисциплине	6	14	31	91

### Тематика примерных практических занятий

№ п.п.	Наименование темы практического (семинарского) занятия
1	Оформление чертежа (общий вид и деталировки) приспособления для испытаний крупногабаритных пластин сэндвичпанелей из ПКМ при сдвиге (четырёхзвенника).
2	Изучение стандарта ОСТ 92-1475-78 «Пластмассы теплозащитного и конструкционного назначения. Метод испытания на смятие».
3	Изучение стандарта ОСТ «Пластмассы теплозащитного и конструкционного назначения. Метод испытания на сдвиг по слою».
4	Оформление чертежа (общий вид и деталировки) приспособления по ОСТ 93-1472-78.
5	Оформление чертежа (общий вид и деталировки) приспособления по ОСТ 92-1459-77.
6	Оформление чертежа (общий вид и деталировки) приспособления + реферат стандарта ASTM D3479_D3479M-96R02E01 Test Method for Tension-Tension Fatigue of Polymer Matrix Composite Materials.
7	Оформление чертежа (общий вид и деталировки) приспособления + реферат стандарта ASTM D4255_D4255M-01 Test Method for In-Plane Shear Properties of Polymer Matrix Composite Materials by the Rail Shear Method.



<b>№ п.п.</b>	<b>Наименование темы практического (семинарского) занятия</b>
8	Оформление чертежа (общий вид и детализировки) приспособления на растяжение крупногабаритных пластин сэндвичпанелей из ПКМ.
9	Оформление чертежа (общий вид и детализировки) приспособления на сжатие крупногабаритных пластин сэндвичпанелей из ПКМ.
10	Оценки упругих и прочностных характеристик волокнистых ПКМ перекрестного армирования при трехточечном изгибе образцов-полосок на разных базах.
11	Оценки характеристик усталости порошковых макроизотропных композитов в условиях «основных» видов нагружения и при сложном напряженном состоянии.
12	Методики испытаний полунатурных образцов и образцов-прототипов.

### Тематика примерных лабораторных работ

<b>№ п.п.</b>	<b>Наименование темы лабораторной работы</b>
1	Проведение пробных испытаний по ГОСТ 14359-69 «Пластмассы. Методы механических испытаний. Общие требования».
2	Проведение пробных испытаний по ГОСТ 11262-80 «Пластмассы. Метод испытания на растяжение».
3	Проведение пробных испытаний по ГОСТ 25.602-80 «Расчеты и испытания на прочность. Методы механических испытаний композиционных материалов с полимерной матрицей (композитов). Метод испытания на сжатие при нормальной, повышенной и пониженной температурах».
4	Проведение пробных испытаний по ГОСТ 32659-2014 «Композиты полимерные. Методы испытаний. Определение кажущегося предела прочности при межслойном сдвиге методом короткой балки».
5	Обзор и анализ возможностей приспособлений для испытаний композитов. Особенности ASTM при испытаниях на растяжение образцов композиционных материалов на базе Лаборатории механики перспективных конструкционных и функциональных материалов.
6	Изучение методики и проведение пробных испытаний композитов по ASTM на срез-сдвиг.
7	Изучение методики и проведение пробных испытаний композитов по ASTM при сжатии.

## 5. Организационно-педагогические условия

### 5.1. Образовательные технологии, используемые для формирования компетенций

Проведение лекционных занятий по дисциплине основывается на активном методе обучения, при котором учащиеся не пассивные слушатели, а активные участники занятия, отвечающие на вопросы преподавателя. Вопросы преподавателя нацелены на активизацию процессов усвоения материала, а также на развитие логического мышления. Преподаватель заранее намечает список вопросов, стимулирующих ассоциативное мышление и установление связей с ранее освоенным материалом.

Практические занятия проводятся на основе реализации метода обучения действием: определяются проблемные области, формируются группы. При проведении практических занятий преследуются следующие цели: применение знаний отдельных дисциплин и креативных методов для решения проблем и принятия решений; отработка у обучающихся навыков командной работы, межличностных коммуникаций и развитие лидерских качеств; закрепление основ теоретических знаний.

Проведение лабораторных занятий основывается на интерактивном методе обучения, при котором обучающиеся взаимодействуют не только с преподавателем, но и друг с другом. При этом доминирует активность учащихся в процессе обучения. Место преподавателя в интерактивных занятиях сводится к направлению деятельности обучающихся на достижение целей занятия.

При проведении учебных занятий используются интерактивные лекции, групповые дискуссии, ролевые игры, тренинги и анализ ситуаций и имитационных моделей.

### 5.2. Методические указания для обучающихся по изучению дисциплины

При изучении дисциплины обучающимся 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. Особое внимание следует уделить выполнению отчетов по практическим занятиям, лабораторным работам и индивидуальным комплексным заданиям на самостоятельную работу.
4. Вся тематика вопросов, изучаемых самостоятельно, задается на лекциях 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 и информационного обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

### 6.1. Печатная учебно-методическая литература

№ п/п	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке
<b>1. Основная литература</b>		
1	Механика материалов. Методы и средства экспериментальных исследований / В. Э. Вильдеман [и др.]. - Пермь: Изд-во ПНИПУ, 2011.	36
<b>2. Дополнительная литература</b>		
<b>2.1. Учебные и научные издания</b>		

1	Горшков А.Г. Сопротивление материалов : учебное пособие для вузов / А. Г. Горшков, В. Н. Трошин, В. И. Шалашилин. - Москва: Физматлит, 2002.	40
2	Кн. 2. - Москва: , Машиностроение, 1988. - (Справочник по композиционным материалам : в 2 кн. : пер. с англ.; Кн. 2).	37
3	Композиционные материалы : справочник / Академия наук Украинской ССР; Институт проблем материаловедения им. И. Н. Францевича; Под ред. Д. М. Карпиноса. - Киев: Наук. думка, 1985.	16
4	Композиционные материалы : справочник / В. В. Васильев [и др.]. - Москва: Машиностроение, 1990.	49
5	Михайлин Ю. А. Волокнистые полимерные композиционные материалы в технике / Ю. А. Михайлин. - Санкт-Петербург: Науч. основы и технологии, 2013.	2
6	Михайлин Ю. А. Специальные полимерные композиционные материалы / Ю. А. Михайлин. - Санкт-Петербург: Науч. основы и технологии, 2009.	4
7	Полимерные композиционные материалы. Прочность и технология / С. Л. Баженов [и др.]. - Долгопрудный: Интеллект, 2010.	25
8	Тарнопольский Ю. М. Конструкционная прочность и деформативность стеклопластиков / Ю. М. Тарнопольский, А. М. Скудра. - Рига: Зинатне, 1966.	1
9	Экспериментальная механика / Б. В. Букеткин [и др.]. - М.: Изд-во МГТУ, 2004.	5
<b>2.2. Периодические издания</b>		
	Не используется	
<b>2.3. Нормативно-технические издания</b>		
	Не используется	
<b>3. Методические указания для студентов по освоению дисциплины</b>		
	Не используется	
<b>4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента</b>		
	Не используется	

## 6.2. Электронная учебно-методическая литература

Вид литературы	Наименование разработки	Ссылка на информационный ресурс	Доступность (сеть Интернет / локальная сеть; авторизованный / свободный доступ)
Дополнительная литература	Композиционные материалы : справочник / Академия наук Украинской ССР; Институт проблем материаловедения им. И. Н. Францевича; Под ред. Д. М. Карпиноса. - Киев: Наук. думка, 1985.	<a href="http://elib.pstu.ru/Record/RUPNRPUelib2086">http://elib.pstu.ru/Record/RUPNRPUelib2086</a>	локальная сеть; свободный доступ

Вид литературы	Наименование разработки	Ссылка на информационный ресурс	Доступность (сеть Интернет / локальная сеть; авторизованный / свободный доступ)
Основная литература	Механика материалов. Методы и средства экспериментальных исследований / В. Э. Вильдеман [и др.]. - Пермь: Изд-во ПНИПУ, 2011.	<a href="http://elib.pstu.ru/Record/RUPSTUbooks158423">http://elib.pstu.ru/Record/RUPSTUbooks158423</a>	локальная сеть; свободный доступ

### 6.3. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение, используемое при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Вид ПО	Наименование ПО
Операционные системы	MS Windows XP (подп. Azure Dev Tools for Teaching до 27.02.2022 )
Офисные приложения.	Microsoft Office Professional 2007. лиц. 42661567
Прикладное программное обеспечение общего назначения	Dr.Web Enterprise Security Suite, 3000 лиц, ПНИПУ ОЦНИТ 2017

### 6.4. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Наименование	Ссылка на информационный ресурс
База данных Scopus	<a href="https://www.scopus.com/">https://www.scopus.com/</a>
База данных Web of Science	<a href="http://www.webofscience.com/">http://www.webofscience.com/</a>
База данных научной электронной библиотеки (eLIBRARY.RU)	<a href="https://elibrary.ru/">https://elibrary.ru/</a>
Научная библиотека Пермского национального исследовательского политехнического университета	<a href="http://lib.pstu.ru/">http://lib.pstu.ru/</a>
Электронно-библиотечная система Лань	<a href="https://e.lanbook.com/">https://e.lanbook.com/</a>
Электронно-библиотечная система IPRbooks	<a href="http://www.iprbookshop.ru/">http://www.iprbookshop.ru/</a>
Информационные ресурсы Сети КонсультантПлюс	<a href="http://www.consultant.ru/">http://www.consultant.ru/</a>

### 7. Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине

Вид занятий	Наименование необходимого основного оборудования и технических средств обучения	Количество единиц
Лабораторная работа	Сервогидравлическая двухосевая испытательная система Instron 8850 (100 кН/1000 Нм), система универсальная	1
Лабораторная работа	Сервогидравлическая испытательная система Instron 8801 (100 кН),	1
Лабораторная работа	Стереомикроскоп CarlZeissSteREODiscoveryV12	1

Вид занятий	Наименование необходимого основного оборудования и технических средств обучения	Количество единиц
Лабораторная работа	Универсальная электромеханическая испытательная система Instron 5965 (5кН)	1
Лабораторная работа	Электродинамическая испытательная система Instron ElektroPuls E10000	1
Лекция	Ноутбук	1
Лекция	Проектов	1
Практическое занятие	Компьютер	12
Практическое занятие	Универсальная электромеханическая испытательная система Instron 5882 (10кН)	1

## 8. Фонд оценочных средств дисциплины

Описан в отдельном документе