

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования**  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ МОСКОВСКИЙ**  
**ГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТРОИТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**

Шифр	Наименование дисциплины
Б1.В.ОД.4	Основы механики композиционных материалов

Код направления подготовки	15.04.03
Направление подготовки	Прикладная механика
Наименование ОПОП	Механика деформируемого твердого тела
Год начала подготовки	2015
Уровень образования	магистратура
Форма обучения*	очная

**Разработчики:**

должность	ученая степень, звание	подпись	ФИО
Профессор кафедры Сопротивления материалов	Доктор физ.-мат. наук, профессор		Турусов Р.А.
Доцент кафедры Сопротивления материалов	Канд. техн. наук		Астахова А.Я.

**Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры Сопротивления материалов:**

должность	подпись	ученая степень и звание, ФИО		
Зав. кафедрой (руководитель подразделения)		Доктор техн. наук, профессор Андреев Владимир Игоревич		
год обновления	2015	2016	2017	
Номер протокола	№ 1			
Дата заседания кафедры (структурного подразделения)	31.08.2015			

**Рабочая программа согласована:**

Подразделение / комиссия	Должность	ФИО	подпись	Дата
Методическая комиссия	Председатель	Леонтьев А.Н.		
НТБ	Директор	Ерофеева О.Р.		
ЦОСП	Начальник	Беспалов А.Е.		

## 1. Цель освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины «Основы механики композиционных материалов» является ознакомление будущего инженера с принципами, основами и технологиями создания композиционных материалов; ознакомление с физико-механическими свойствами компонент и их реализацией в композите; подготовка к проведению самостоятельных исследований, расчетов основных элементов конструкций и применений композитов.

Задачи дисциплины – дать студенту представление об особенностях механического поведения композиционных материалов, в том числе анизотропных, когда материал неотделим от конструкции; о технологической механике, о микро- и макро - масштабах рассмотрения композита, об адгезионной механике, о прочности и усталости.

– знания о материалах, технологиях, механических системах и процессах, необходимые для изучения специальных дисциплин на кафедрах материаловедения, металлических, неметаллических и клееных конструкций.

Приобретенные знания способствуют формированию физического воображения и инженерного мышления.

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

Компетенция по ФГОС	Код компетенции по ФГОС	Основные показатели освоения (показатели достижения результата)	Код показателя освоения
способностью критически анализировать современные проблемы прикладной механики с учетом потребностей промышленности, современных достижений науки и мировых тенденций развития техники и технологий, ставить задачи и разрабатывать программу исследования, выбирать адекватные способы и методы решения теоретических, прикладных и экспериментальных задач, анализировать, интерпретировать, представлять и применять полученные результаты	ПК-3	<b>Знает</b> методы исследования упругих и температурных характеристик, концентрации напряжений и результаты их применения, особенности применения критериев разрушения в механике моделей композитов и адгезионной механике.	З1
		<b>Умеет</b> применять метод контактного слоя к расчету существенно неоднородного распределения напряжений на границе контакта адгезив – субстрат для различных моделей композитов, представление и реализацию математической модели современными интернет технологиями и современными вычислительными комплексами (Лира, Mathcad, Matlab, Abacus или Ansys).	У1
способностью разрабатывать и реализовывать проекты по интеграции фундаментальных научных исследований и	ПК-23	Умеет применить приобретенные знания и соответствующий	У2

Компетенция по ФГОС	Код компетенции по ФГОС	Основные показатели освоения (показатели достижения результата)	Код показателя освоения
поисковых научных исследований в соответствующих отраслях науки с целью коммерциализации и внедрения инновационных разработок на высокотехнологичных промышленных предприятиях, в научно-исследовательских институтах и конструкторских бюро		математический аппарат для решения задач о совместной работе и напряженно-деформированном состоянии составных элементов конструкций с применением анизотропных композитов.	
		Имеет навыки в определении истинной прочности адгезионной связи адгезив - субстрат (полимер – наполнитель) и параметров контактного слоя, в исследовании длительной трансверсальной прочности композита и адгезионного соединения с учетом линейного и нелинейного характера деформирования полимерной прослойки адгезива	Н2
способностью консультировать инженеров-расчетчиков, конструкторов, технологов и других работников промышленных и научно-производственных фирм по современным достижениям прикладной механики, по вопросам внедрения наукоемких компьютерных технологий (CAD/CAE-систем)	ПК-25	Знает методы исследования, анализа свойств и расчета композитов на основе полимерной матрицы, позволяющие объяснить различные аспекты поведения композита, для обеспечения их работоспособности, способствующих созданию эффективных разновидностей композиционных материалов.	33
способностью проводить научно-технические экспертизы расчетных и экспериментальных работ в области прикладной механики, выполненных в сторонних организациях	ПК-26	Умеет применить системный подход к решению теоретических и прикладных вопросов, связанных с технологией создания исследуемых композитов, с оценкой их способности оказывать сопротивление механическим воздействиям.	У4

### 3. Указание места дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина «Основы механики композиционных материалов» относится к вариативной части Блока 1 основной профессиональной образовательной программы магистратуры по направлению 15.04.03 «Прикладная механика» и является обязательной к изучению.

Дисциплина «Основы механики композиционных материалов» базируется на знаниях, умениях и навыках, полученных студентами в ходе изучения фундаментальных дисциплинах: «Физика», «Высшая математика», «Теоретическая механика», «Механика материалов».

*Требования к входным знаниям, умениям студентов*

Для освоения дисциплины «Основы механики композиционных материалов» студент должен:

*Знать:* фундаментальные основы высшей математики, включая курс дифференциальных уравнений;

– современные средства вычислительной техники и моделирования процессов;

– основы механики сплошных сред;

– методы решения простейших задач теории упругости;

– основные теории прочности и их физические предпосылки; иметь понятие об анизотропии физико-механических свойств и адгезионной связи.

*Уметь:* – самостоятельно использовать математический аппарат, имеющийся в литературе по механике материалов и строительным наукам;

– применять полученные знания по физике, теоретической механике и теории упругости при изучении курса «Основы механики композиционных материалов».

*Владеть:*

– первичными навыками и основными методами практического использования современных компьютеров и расчетных программ и комплексов для выполнения математических расчетов, оформления результатов расчетов;

– поисками современной научной литературы по специальности;

– навыками ведения физического эксперимента,

– первичными навыками и основными методами практического использования современных компьютеров для выполнения математических расчетов и оформления результатов расчета.

Освоение данной дисциплины необходимо для грамотного применения и расчетов конструкций из композиционных материалов.

Дисциплины, для которых дисциплина «Основы механики композиционных материалов» является предшествующей:

«Вычислительная механика и компьютерный инжиниринг»,

«Обследование и испытание зданий и сооружений»,

«Современные проблемы в области прикладной механики»,

«Устойчивость механических систем и экспериментальные методы исследования устойчивости»,

«Статистическая механика и теория надежности»,

«Автоматизация испытаний»,

«Оптимальное проектирование конструкций»,

«Производственная преддипломная практика по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности».

**Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества академических или астрономических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся**

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетные единицы 144 акад. часа.  
(1 зачетная единица соответствует 36 академическим часам)

*Структура дисциплины:*

## Форма обучения – очная

№ п / п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу обучающихся и трудоемкость (в часах)					Самостоятельная работа	Формы текущего контроля успеваемости и (по неделям семестра) Форма промежуточ ной аттестации (по семестрам)
				Контактная работа с обучающимися				КСР		
				Лекции	Практико- ориентированные занятия					
					Лабораторный практикум	Практические занятия	Групповые консультации по КП/КР			
1	Контактные задачи в механике композитов и адгезионных (клеевых) соединений. Метод контактного слоя в механике композитов	3	1-2	2		6		5	14	
2	Микро и макро модели композиционных материалов и адгезионных соединений. Критерии разрушения.	3	3-5	4		6		6	14	
3	Синергизм упругих и температурных характеристик адгезива в состоянии тонких прослоек между жесткими пластинами субстрата.	3	5-7	2		8		5	14	Коллоквиум на 7 неделе.
4	Композит на основе полимерной матрицы и дисперсных частиц. Регулярный композит.	3	7-10	2		8		6	14	
5	Релаксационное поведение тонких прослоек полимерного адгезива и слоистого композита.	3	10-12	2		8		5	13	Коллоквиум на 12 неделе.
	Итого:	3	12	12		36		27	69	Экзамен

**4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий**

## 5.1. Содержание лекционных занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Тема и содержание занятия	Кол-во акад. часов
1	Контактные задачи в механике композитов и адгезионных (клеевых) соединений. Метод контактного слоя в механике композитов	Основной принцип создания композита – получение новых свойств. Основная задача механики моделей композиционных материалов и адгезионной механики - исследование концентрации напряжений. Методы исследования концентрации напряжений и результаты их применения. Метод контактного слоя и его эффективность.	2
2	Микро и макро модели композиционных материалов и адгезионных соединений. Критерии разрушения.	Особенности применения критериев разрушения в механике моделей композитов и адгезионной механике. Применение метода контактного слоя к расчету существенно неоднородного распределения напряжений на границе контакта адгезив – субстрат для различных моделей, применяемых в испытаниях: 1. Армирующее волокно (стержень) в полимерной матрице. 2. Соединение типа «нахлестка» в испытаниях на сдвиг. 3. Нормальный отрыв цилиндрических соединений. Везде сравнение теории с экспериментом.	4
3	Синергизм упругих и температурных характеристик адгезива в состоянии тонких прослоек между жесткими пластинами субстрата.	Синергизм упругих и температурных характеристик сравнительно мягкого адгезива в состоянии тонких прослоек между жесткими пластинами субстрата. Слоистый стержень и композит - эксперимент и расчет. Коэффициент линейного температурного расширения (КЛТР) и температурные напряжения в слоистом композите.	2
4	Композит на основе полимерной матрицы и дисперсных частиц. Регулярный композит.	Методы определения истинной прочности адгезионной связи адгезив - субстрат (полимер – наполнитель) и параметров контактного слоя. Композит на основе полимерной матрицы и жестких дисперсных частиц – дисперсно-наполненный полимер. Регулярный композит – зависимость параметров от размера частиц.	2
5	Релаксационное поведение тонких прослоек полимерного адгезива и слоистого композита.	Исследование длительной трансверсальной прочности композита и адгезионного соединения с учетом линейного и нелинейного характера деформирования полимерной прослойки адгезива. Применение физически нелинейного дифференциального уравнения связи Максвелла-Гуревича и решение проблемы концентрации напряжений	2
	Итого		12

## 5.2. Лабораторный практикум

Учебным планом лабораторный практикум не предусмотрен.

### 5.3. Перечень практических занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Тема и содержание занятия	Кол-во акад. часов
1	Контактные задачи в механике композитов и адгезионных (клеевых) соединений. Метод контактного слоя в механике композитов	Расчет неоднородного напряженного состояния (краевого эффекта) и прочности дискретной модели композита при сдвиге с учетом остаточных напряжений. Исследование влияния различных параметров модели на измеряемую в опытах среднюю адгезионную прочность модели в испытаниях на сдвиг.	6
2	Микро и макро модели композиционных материалов и адгезионных соединений. Критерии разрушения.	Расчет прочности адгезионной связи волокна с полимерной матрицей с учетом краевого эффекта и остаточных напряжений. Исследование влияния различных параметров модели на измеряемую в опыте среднюю прочность адгезионной связи волокно – полимер.	6
3	Синергизм упругих и температурных характеристик адгезива в состоянии тонких прослоек между жесткими пластинами субстрата.	Расчет неоднородного напряженного состояния (краевого эффекта) и трансверсальной прочности дискретной модели композита с учетом остаточных напряжений.	8
4	Композит на основе полимерной матрицы и дисперсных частиц. Регулярный композит.	Расчет существенно неоднородного распределения напряженно-деформированного состояния тонких прослоек полимерного адгезива и определение модуля Юнга тонкой прослойки. Расчет модуля Юнга слоистого композита (стержня), анализ и сопоставление с экспериментом. Расчет модуля Юнга регулярного композита. Анализ влияния различных физико-механических параметров компонент и размера дисперсных частиц наполнителя на модуль Юнга регулярного композита.	8
5	Релаксационное поведение тонких прослоек полимерного адгезива и слоистого композита.	Расчет усадочных и температурных напряжений в процессе отверждения и охлаждения слоистого стержня методом контактного слоя. Исследование особенностей температурных напряжений по сравнению с расчетами по формулам смеси.	8
	Итого		36

### 5.4. Групповые консультации по курсовым работам (при наличии выделенных часов контактной работы в учебном плане)

Групповые консультации учебным планом не предусмотрены.

### 5.5. Самостоятельная работа

№ п/п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Содержание работы	Кол-во акад. часов
1	Контактные задачи в механике композитов и адгезионных (клеевых) соединений. Метод контактного слоя в механике композитов	Методы исследования концентрации напряжений и результаты их применения. Метод контактного слоя и его эффективность.	14
2	Микро и макромоделли композиционных материалов и адгезионных соединений. Критерии разрушения.	Особенности применения критериев разрушения в механике моделей композитов и адгезионной механике. Применение метода контактного слоя к расчету существенно неоднородного распределения напряжений на границе контакта адгезив – субстрат для различных моделей, применяемых в испытаниях: 1. Армирующее волокно (стержень) в полимерной матрице. 2. Соединение типа «нахлестка» в испытаниях на сдвиг. 3. Нормальный отрыв цилиндрических соединений. Везде сравнение теории с экспериментом.	14
3	Синергизм упругих и температурных характеристик адгезива в состоянии тонких прослоек между жесткими пластинами субстрата.	Синергизм упругих и температурных характеристик сравнительно мягкого адгезива в состоянии тонких прослоек между жесткими пластинами субстрата. Слоистый стержень и композит - эксперимент и расчет. Коэффициент линейного температурного расширения (КЛТР) и температурные напряжения в слоистом композите.	14
4	Композит на основе полимерной матрицы и дисперсных частиц. Регулярный композит.	Методы определения истинной прочности адгезионной связи адгезив - субстрат (полимер – наполнитель) и параметров контактного слоя. Композит на основе полимерной матрицы и жестких дисперсных частиц – дисперсно-наполненный полимер. Регулярный композит – зависимость параметров от размера частиц.	14
5	Релаксационное поведение тонких прослоек полимерного адгезива и слоистого композита.	Исследование длительной трансверсальной прочности композита и адгезионного соединения с учетом линейного и нелинейного характера деформирования полимерной прослойки адгезива. Применение физически нелинейного дифференциального уравнения связи Максвелла-Гуревича и решение проблемы концентрации напряжений	13
	Итого		69



## 6. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

Самостоятельная работа по курсу является залогом усвоения знаний и прохождения промежуточных аттестаций, предусмотренных рабочей программой. Ключевые цели самостоятельных внеаудиторных занятий заключаются в закреплении, расширении знаний, формировании умений и навыков самостоятельного умственного труда, развитии самостоятельного мышления и способностей к самоорганизации.

Самостоятельная работа

- формирует у обучающихся на каждом этапе их движения от незнания к знанию необходимые объем и уровень знаний, навыки и умения для решения познавательных задач;

- создает у студента психологическую установку на систематическое пополнение своих знаний и выработку умений ориентироваться в потоке научной информации;

- становится важнейшим условием самоорганизации обучающегося в овладении методами профессиональной деятельности.

Самостоятельная работа охватывает как внеаудиторную, так и аудиторную деятельность; любой вид самостоятельной учебной или коммуникативной деятельности, выполненной в режиме взаимоконтроля, самоконтроля или отдаленного во времени контроля преподавателя.

К обязательной самостоятельной работе относятся все задания, выполняемые в соответствии с учебным планом: работа над лекциями с использованием в качестве источника знаний учебную, научную, справочную литературу; выполнению и подготовки к защите курсовой работы.

Перечисленные классификации представляют внешнюю сторону самостоятельной работы. По внутреннему содержанию деятельности ее можно систематизировать по главным звеньям учебного процесса, дидактическим целям и выявить следующую классификацию:

- по приобретению новых знаний,
- по образованию умений и навыков деятельности,
- по применению знаний в профессиональной деятельности,
- на повторение и проверку знаний, умений и навыков.

При изучении дисциплины «Основы механики композиционных материалов», лектором и студентом используется метод проблемного изложения материала. Студенты самостоятельно изучают учебно-методическую и научную литературу по рекомендации преподавателя.

Лектор организует самостоятельную работу студентов, осуществляя:

- руководство деятельностью студентов по подготовке ими презентации по докладам, содержащих задания исследовательского характера;
- руководство работой с разнообразными INTERNET-ресурсами.

*Вопросы для самоконтроля при подготовке к коллоквиуму 1.*

1. Методы исследования концентрации напряжений.
2. Методы расчёта термоупругих констант анизотропных композитов – однонаправленных и ортотропных.
3. Особенности применения критериев разрушения в механике анизотропных композитов. Диаграммы растяжения армированных полимеров вдоль и поперёк волокон.
4. Применение метода контактного слоя к расчету существенно неоднородного распределения напряжений на границе контакта адгезив – субстрат для различных моделей, применяемых в испытаниях.

5. Композит на основе полимерной матрицы и жестких дисперсных частиц – дисперсно-наполненный полимер.
6. Применение физически нелинейного дифференциального уравнения связи Максвелла-Гуревича и решение проблемы концентрации напряжений.
7. Режимы испытаний образцов жестких полимерных матриц: растяжение с постоянной скоростью, ползучесть, релаксация напряжений.
8. Сжатие полимеров и особенности сжатия анизотропных композитов.
9. Чистый изгиб гомогенных и армированных полимеров.

*Вопросы для самоконтроля при подготовке к коллоквиуму 2.*

1. Чему посвящена тема доклада ее место и роль в исследовании работы композита.
2. В какой отрасли строительства, промышленности и инженерной практики может быть приложена Ваша работа.
3. К какой области механики (микро- или макро-) композитов относится Ваша работа. Где она будет полезна - в технологии, эксплуатации или исследовании работы композита.
4. Насколько точно оценивается напряженно-деформированное состояние в Вашем подходе по сравнению с другими известными Вам методами.
5. Можно ли отнести Вашу работу к разделу технологической механики композитов. Если да, то, какие рекомендации Вы можете дать технологам, исходя из Ваших результатов.
6. Какие подходы в изучении механического поведения армированных материалов Вы знаете.

При подготовке к сдаче экзамена рекомендуется пользоваться записями, сделанными на практических и лекционных занятиях, а также в ходе текущей самостоятельной работы.

При выполнении самостоятельной работы обучающиеся используют учебные материалы, указанные в разделе 8.

## **7. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю)**

*7.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы*

Код компетенции по ФГОС	Этапы формирования компетенций (разделы теоретического обучения)				
	1	2	3	4	5
ПК-3	+	+	+	+	+
ПК-23			+	+	+
ПК-25	+	+	+	+	+
ПК-26			+	+	+

*7.2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания*

*7.2.1. Описание показателей и форм оценивания компетенций*

Код компетенции по ФГОС	Показатели освоения (Код показателя освоения)	Форма оценивания			Обеспеченность оценивания компетенции
		Текущий контроль		Промежуточная аттестация	
		Коллоквиум 1	Коллоквиум 2	Экзамен	
1	2	3	4	5	6
ПК-3	З1	+	+	+	+
	У1	+		+	+
ПК-23	У2		+	+	+
	Н2		+	+	+
ПК-25	З3		+	+	+
ПК-26	У4		+		+
ИТОГО		+	+	+	+

7.2.2. Описание шкалы и критериев оценивания для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю) в форме Экзамена

Код показателя оценивания	Оценка			
	«2» (неудовлетв.)	Пороговый уровень освоения	Углубленный уровень освоения	Продвинутый уровень освоения
		«3» (удовлетвор.)	«4» (хорошо)	«5» (отлично)
З1 З3	Обучающийся не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки, не знает основных видов и способов подразделения и получения армированных материалов, методов и режимов испытаний композитов.	Обучающийся имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала.	Обучающийся твердо знает материал, грамотно и по существу излагает связь между напряженным и деформированным состоянием полимерной среды, знает дискретные модели композитов, критерии прочности, метод расчета концентрации напряжений, не допускает существенных неточностей в ответе на вопрос.	Теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов; исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно излагает материал о совместности работы волокна и полимерной матрицы в композите, дает анализ состояния краевого эффекта, оптимального содержания связующего, о приближенных выражениях условий монолитности.
У1 У2	Необходимые практические компетенции не сформированы. Не ориентируется в вопросах адгезии и адгезионной	Обучающийся допускает неточности, недостаточно правильные формулировки. Слабо владеет материалом,	Все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество их выполнения достаточно высокое.	Обучающийся свободно справляется с задачами и вопросами, относящимися к компетенции микро и макро механики композиционных материалов; использует

	<p>механики и их роли и влиянии на механические свойства композитов. Не знает основных режимов механических испытаний полимеров-связующих в композите. Не умеет оценивать механические свойства композитов исходя из знания термоупругих параметров компонент, составляющих композит.</p>	<p>связанным с механикой композиционных материалов. Не может сформулировать чётко основные проблемы композитов. Не имеет понятия о микромеханике композитов.</p>	<p>Грамотно и по существу излагает суть проблем и применённого им подхода к решению поставленной перед ним задачи технологической механики намоточного композита. Не допускает существенных неточностей в ответе на вопрос о роли адгезионного взаимодействия в микро и макро механике композита.</p>	<p>в ответе дополнительный материал из физики и механики композитов и составляющих их компонент; предусмотренные программой задания выполнены, качество их выполнения оценено числом баллов, близким к максимальному; грамотно анализирует полученные результаты.</p>
Н2	<p>Обучающийся допускает существенные ошибки, неуверенно, с большими затруднениями выполняет практические работы не может увязывать теорию с практикой. Не имеет представлений о проблеме реализации высоких физико-механических свойств волокон в в волокнистом композите. Не имеет навыков в оценке механических свойств композитов по формулам смеси.</p>	<p>Обучающийся допускает нарушения логической последовательности в изложении программного материала, испытывает затруднения в применении теоретических положений на практике. Слабо владеет экспериментальными и теоретическими методами оценки физико-механических свойств полимеров и композитов</p>	<p>Правильно применяет теоретические положения при решении практических вопросов и задач, владеет необходимыми навыками оценки термоупругих свойств композитов, исходя из свойств компонент. Владеет приёмами определения и решения задач концентрации напряжений в моделях армированных композитов.</p>	<p>Обучающийся не только свободно справляется с задачами и вопросами, не затрудняется с ответом при видоизменении заданий, правильно обосновывает и анализирует принятое решение, в ответах проявляется научный подход к рассматриваемой проблеме механики композитов . Разбирается в методе контактного слоя и его применении к механике адгезионных соединений и дискретных моделей армированных композитов. Имеет навыки по теоретической оценке механических свойств армированных и дисперсно наполненных полимеров.</p>

7.2.3. Описание шкалы и критериев оценивания для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю) в форме Защиты курсовой работы/проекта.

Проведение курсовой работы учебным планом не предусмотрено.

*7.2.4. Описание шкалы и критериев оценивания для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю) в форме Зачета*

Проведение промежуточной аттестации в форме Зачета учебным планом не предусмотрено.

*7.3. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций*

*7.3.1. Текущий контроль*

Контролируется посещение лекций и практических занятий.  
Студенты готовятся к коллоквиуму 1 по следующим темам.

№№	Вопросы к коллоквиуму
1	Расчет неоднородного напряженного состояния (краевого эффекта) и прочности дискретной модели композита при сдвиге с учетом остаточных напряжений.
2	Исследование влияния различных параметров модели на измеряемую в опытах среднюю адгезионную прочность модели в испытаниях на сдвиг.
3	Расчет прочности адгезионной связи волокна с полимерной матрицей с учетом краевого эффекта и остаточных напряжений.
4	Исследование влияния различных параметров модели на измеряемую в опыте среднюю прочность адгезионной связи волокно – полимер.
5	Метод контактного слоя и его эффективность.
6	Сравнение теории с экспериментом для различных моделей, применяемых в испытаниях: Армирующее волокно (стержень) в полимерной матрице.
7	Сравнение теории с экспериментом для различных моделей, применяемых в испытаниях: Соединение типа «нахлестка» в испытаниях на сдвиг
8	Сравнение теории с экспериментом для различных моделей, применяемых в испытаниях: Нормальный отрыв цилиндрических соединений.
9	Синергизм упругих и температурных характеристик сравнительно мягкого адгезива в состоянии тонких прослоек между жесткими пластинами субстрата

Коллоквиум 2 проводится в форме презентаций. В докладе быть изложены цель и постановка задачи, исходные параметры моделей, диапазон их изменения с целью

последующего анализа влияния их на конечный результат. В пояснительной записке обучающийся достаточно подробно освещает теорию, метод расчета и расчет в системе MATCAD. Графики, отражающие влияние заданных параметров на конечный результат. Анализ результатов. Выводы. Защита проходит в виде выступления на занятии.

1. Расчет упругих констант дисперсно – наполненного (на примере модели регулярного композита) и армированного полимера.
2. Расчет релаксационных констант армированного полимера.
3. Расчет температурных напряжений в жестком полимере при различных режимах изменения температуры (охлаждение, нагревание, скорость, циклы) с учетом релаксационного поведения.
4. Определение упругих констант тонкой полимерной прослойки и слоистого композита.
5. Расчет температурных напряжений в дисперсно - наполненном композите. Модель регулярного композита при учёте контактного слоя.
6. Модель передачи усилия от цельного волокна к разорванному в армированном материале. Влияние адгезионного взаимодействия и жёсткости матрицы на длину и величину краевого эффекта.
7. Расчет температурных напряжений в слоистом композите.
8. Моделирование взаимодействия оправки и композитного цилиндра ортотропной структуры при намотке с натяжением (напряженно-деформированное состояние (НДС) растущего составного тела).
9. Моделирование взаимодействия оправки и композитного цилиндра ортотропной структуры при охлаждении. Влияние толщины композита.
10. Намоточный композитный цилиндр. Сопоставление НДС модели сплошной среды с моделью слоистой структуры при изменении температуры.
11. Трансверсальная длительная прочность слоистой структуры. Уравнение связи между напряжениями, деформацией и временем. Кинетика напряженного состояния и критерии разрушения.
12. Моделирование взаимодействия оправки и композитного цилиндра однонаправленной структуры при намотке с натяжением (напряженно-деформированное состояние (НДС) растущего составного тела) и при последующем нагревании и охлаждении.
13. Фильтрационная модель намоточного композита на оправке при нагревании с учетом начального поля напряжений, создаваемого при намотке.
14. Разработка методов определения параметров контактного слоя из экспериментальных результатов определения средней прочности адгезионной связи, полученных на различных стандартных моделях.
15. Расчёт термоупругих параметров композита ортотропной (продольно-поперечной) структуры. Расчет температурных напряжений в конструкции: композитный цилиндр на стальной цилиндрической оправке.

### 7.3.2. Промежуточная аттестация

Промежуточная аттестация проводится в соответствии с Положением о текущем контроле и промежуточной аттестации в ФГБОУ ВО НИУ МГСУ.

Промежуточная аттестация осуществляется в конце третьего семестра в виде экзамена, завершая изучение данной дисциплины.

Учебным планом проведение промежуточной аттестации в форме курсовой работы не предусмотрено.

Вопросы для оценки качества освоения дисциплины:

Экзамен проводится в устной форме.

*Вопросы к экзамену:*

1. Основные виды композитов и способы их подразделения и получения.
2. Упруго – прочностные свойства композитов.
3. Армированные полимеры. Свойства армирующих волокон. Напряжения и деформации.
4. Армированные полимеры. Полимерные матрицы, строение. Физические компоненты деформации полимерной среды.
5. Основные методы и режимы испытаний жестких полимеров. Растяжение с постоянной скоростью деформации. Ползучесть. Релаксация напряжений.
6. Связь между напряженным и деформированным состоянием полимерной среды. Упругие, остаточные и высокоэластические деформации.
7. Температурные напряжения и релаксационные явления в полимерах. Эксперимент и теория.
8. Основные уравнения механики гомогенной изотропной полимерной среды. Линеаризованные уравнения связи (конституционные соотношения). Плоское напряженное состояние.
9. Дискретные модели композитов. Критерии прочности. Концентрация напряжений. Метод контактного слоя для расчета неоднородного распределения напряжений на границе раздела матрица – наполнитель.
10. Прочность адгезионной связи. Связь прочности армированных пластиков с прочностью границы раздела (адгезионной прочностью).
11. О совместности работы волокна и полимерной матрицы в композите. Анализ краевого эффекта. Об оптимальном содержании связующего. О приближенных выражениях условий монолитности.
12. Элементарный анизотропный слой параллельной структуры. Слой однонаправленной структуры. Общая форма уравнений связи ортотропного пластика. Основные уравнения при плоском напряженном состоянии анизотропного пластика.
13. Общие соотношения для констант упругой деформации ортотропного пластика. Одноосное растяжение и сжатие анизотропных пластиков в произвольном направлении

*7.4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций*

Процедура промежуточной аттестации проходит в соответствии с Положением о текущем контроле и промежуточной аттестации обучающихся в ФГБОУ ВО НИУ МГСУ.

Аттестационные испытания проводятся преподавателем, ведущим лекционные занятия по данной дисциплине. Присутствие посторонних лиц в ходе проведения аттестационных испытаний без разрешения ректора или проректора не допускается (за исключением работников университета, выполняющих контролирующие функции в соответствии со своими должностными обязанностями). В случае отсутствия ведущего преподавателя аттестационные испытания проводятся преподавателем, назначенным письменным распоряжением по кафедре.

Инвалиды и лица с ограниченными возможностями здоровья, имеющие нарушения опорно-двигательного аппарата, допускаются на аттестационные испытания в сопровождении ассистентов-сопровождающих.

Во время аттестационных испытаний обучающиеся могут пользоваться программой учебной дисциплины, а также с разрешения преподавателя, справочной литературой и калькуляторами.

Время подготовки ответа при сдаче экзамена в устной форме должно составлять не менее 30 минут (по желанию обучающегося ответ может быть досрочным). Время ответа – не более 15 минут.

При подготовке к устному экзамену студент, как правило, ведет записи в листе устного ответа, который затем по окончании экзамена сдается экзаменатору.

При проведении устного экзамена экзаменационный билет выбирает сам экзаменуемый в случайном порядке.

Преподавателю предоставляется право задавать обучающимся дополнительные вопросы в рамках программы дисциплины текущего семестра, а также, помимо теоретических вопросов, давать задачи, которые изучались на практических занятиях.

Результаты выполнения аттестационного испытания должны быть объявлены обучающимся в день его проведения и выставлены в зачетные книжки не позднее следующего рабочего дня после проведения.

### 8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

№ п/п	Наименование дисциплины (модуля) в соответствии с учебным планом	Автор, название, место издания, издательство, год издания учебной и учебно-методической литературы, количество страниц	Количество экземпляров печатных изданий	Число обучающихся, одновременно изучающих дисциплину (модуль)
1	2	3	4	5
<i>Основная литература:</i>				
		НТБ НИУ МГСУ		
1	Основы механики композиционных материалов	Строительные материалы. Материало-ведение. Технология конструкционных материалов: учебник. – М.: Изд-АСВ, 2011.-519с /ред.В.Г.Микульского, Г.П.Сахарова/.	317	15
<i>Дополнительная литература:</i>				
		НТБ НИУ МГСУ		
1	Основы механики композиционных материалов	Турусов Р.А.,Адгезионная механика, Монография, электронная, Изд- во МГСУ, 2015, 150с.	Электронное издание	15
1	Основы механики композиционных материалов	Худяков В. А. Современные композиционные строительные материалы [Текст] : учеб. пособие для вузов / В. А. Худяков, А. П. Прошин, С. Н. Кислицына ; М. : Изд-во АСВ, 2006. - 141 с. : ил. - Библиогр.: с. 139	35	15
2	Основы механики композиционных материалов	Основы механики сплошной среды. Курс лекций [Текст] : учеб. пособие для вузов / Б. Е. Победря, Д. В. Георгиевский. - М. : Физматлит, 2006. - 272 с.	15	15
3	Основы механики композиционных материалов	Варданян Г.С., Андреев В.И., Атаров Н.М., Горшков А.А. Сопротивление материалов с основами теории упругости и пластичности. М.: Инфра-М, 2013. -637 с.	205	15



## 9. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» (далее – сеть «Интернет»), необходимых для освоения дисциплины (модуля)

Наименование ресурса сети «Интернет»	Электронный адрес ресурса
«Российское образование» - федеральный портал	<a href="http://www.edu.ru/index.php">http://www.edu.ru/index.php</a>
Научная электронная библиотека	<a href="http://elibrary.ru/defaultx.asp?">http://elibrary.ru/defaultx.asp?</a>
Электронная библиотечная система IPRbooks	<a href="http://www.iprbookshop.ru/">http://www.iprbookshop.ru/</a>
Федеральная университетская компьютерная сеть России	<a href="http://www.runnet.ru/">http://www.runnet.ru/</a>
Информационная система "Единое окно доступа к образовательным ресурсам"	<a href="http://window.edu.ru/">http://window.edu.ru/</a>
Научно-технический журнал по строительству и архитектуре «Вестник МГСУ»	<a href="http://www.vestnikmgsu.ru/">http://www.vestnikmgsu.ru/</a>
Научно-техническая библиотека МГСУ	<a href="http://www.mgsu.ru/resources/Biblioteka/">http://www.mgsu.ru/resources/Biblioteka/</a>
раздел «Кафедры» на официальном сайте МГСУ	<a href="http://www.mgsu.ru/universityabout/Struktura/Kafedri/">http://www.mgsu.ru/universityabout/Struktura/Kafedri/</a>

## 10. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

Курс по дисциплине предполагает изучение теории на лекционных занятиях. В ходе лекции студент ведет конспект лекций в свободной форме. Рекомендуется использовать тетрадь, разлинованную «в клетку» формата А5-А4, имеющую от 48 до 96 листов. Восприятие информации улучшается при использовании различных способов выделения текста и рисунков: подчеркивание, выделений цветным маркером, отметки на полях. Рекомендуется выбрать единую систему ведения конспекта лекций. Для закрепления знаний после лекции до следующей лекции по предмету (желательно не позднее следующего дня) рекомендуется перечитать лекционный материал и записать вопросы, которые не ясны из прочитанного. По этим вопросам необходимо обратиться к учебному пособию, если в результате работы с учебным пособием остались вопросы - следует обратиться за разъяснениями к лектору. После самостоятельной работы над лекцией, студент должен четко понимать изложенный в ней материал и ориентироваться в нем.

Вопросы, отнесенные на самостоятельное изучение, даются преподавателем в ходе лекций или практических занятий. Студенту рекомендуется:

- 1) Уяснить и записать вопрос;
- 2) Просмотреть рекомендованную литературу и наметить общую структуру изучения вопроса в виде плана или схемы;
- 3) Изучить информацию по вопросу. При изучении рекомендуется вести конспект (возможно, использовать лекционную тетрадь), куда вносится ключевая информация, формулы и рисунки.
- 4) Перечитать сделанные в конспекте записи. Убедиться в ясности записанного. При необходимости дополнить записи, изучить дополнительные источники. После работы над вопросами для самостоятельного изучения студент должен четко понимать материал по вопросу и ориентироваться в нем. В случае необходимости предполагается консультация с преподавателем.
- 5) Решить задачи, входящие как составные части в содержание доклада (коллоквиум 2).
- 6) Сформулировать вопросы для совместного решения их на консультации с преподавателем.
- 7) Доклад оформить в виде презентации и подготовить пояснительную записку с расчетом, сдать преподавателю на проверку, исправить ошибки.
- 8) Проработать учебный материал для доклада.
- 9) Выступить на семинаре с докладом – презентацией по выбранной теме.

При подготовке к экзамену необходимо ориентироваться на конспекты лекций, рекомендуемую литературу.

**11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)**

*11.1. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса*

№ п/п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Тема	Информационные технологии	Степень обеспеченности (%)
1	Контактные задачи в механике композитов и адгезионных (клеевых) соединений. Метод контактного слоя в механике композитов	Лекции и практические занятия (методические материалы).	Сайт кафедры: <a href="http://www.mgsu.ru/university/about/Struktura/Kafedri/">http://www.mgsu.ru/university/about/Struktura/Kafedri/</a>	50%
2	Микро и макро модели композиционных материалов и адгезионных соединений. Критерии разрушения.			
3	Синергизм упругих и температурных характеристик адгезива в состоянии тонких прослоек между жесткими пластинами субстрата.			
4	Композит на основе полимерной матрицы и дисперсных частиц. Регулярный композит.			
5	Релаксационное поведение тонких прослоек полимерного адгезива и слоистого композита.			

*11.2. Перечень программного обеспечения, используемого при осуществлении образовательного процесса*

№ п/п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Тема	Наименование программного обеспечения	Тип лицензии
1	Контактные задачи в механике композитов и адгезионных (клеевых) соединений. Метод контактного слоя в механике композитов	Лекции и практические занятия.	Microsoft Windows	DreamSpark subscription
2	Микро и макро модели композиционных материалов и адгезионных соединений. Критерии разрушения.		Microsoft Office	Open License
3	Синергизм упругих и температурных характеристик адгезива в состоянии тонких прослоек между жесткими пластинами субстрата.			
4	Композит на основе полимерной матрицы и дисперсных частиц. Регулярный композит.			
5	Релаксационное поведение тонких			

	прослойка полимерного адгезива и слоистого композита.			
--	-------------------------------------------------------	--	--	--

### 11.3. Перечень информационных справочных систем

#### Информационно-библиотечные системы

Наименование ИБС	Электронный адрес ресурса
Научная электронная библиотека	<a href="http://elibrary.ru/defaultx.asp?">http://elibrary.ru/defaultx.asp?</a>
Электронная библиотечная система IPRbooks	<a href="http://www.iprbookshop.ru/">http://www.iprbookshop.ru/</a>
Научно-техническая библиотека МГСУ	<a href="http://www.mgsu.ru/resources/Biblioteka/">http://www.mgsu.ru/resources/Biblioteka/</a>

## 12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю):

Учебные занятия по дисциплине «Основы механики композиционных материалов» проводятся в следующих оборудованных учебных кабинетах, оснащенных соответствующим оборудованием и программным обеспечением:

№ п/п	Вид учебного занятия	Наименование оборудования	№ и наименование оборудованных учебных кабинетов, объектов для проведения практических занятий
1	2	3	4
1	Лекции	Стационарные / мобильные (переносные) наборы демонстрационного оборудования	Аудитории / аудитория для проведения занятий лекционного типа в соответствии с перечнем аудиторного фонда
2	Практические занятия	Стационарные / мобильные (переносные) наборы демонстрационного оборудования	Аудитории / аудитория для проведения занятий лекционного типа в соответствии с перечнем аудиторного фонда

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования и с учетом рекомендаций примерной основной профессиональной образовательной программы высшего образования по направлению 15.04.03 «Прикладная механика».