

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО НАУЧНЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ  
РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Институт машиноведения им. А.А. Благонравова  
Российской академии наук  
(ИМАШ РАН)

Одобрено Учёным Советом  
ИМАШ РАН  
Протокол № 1  
«12» августа 2015 г.

**УТВЕРЖДАЮ**  
Временно исполняющий обязанности  
директора ИМАШ РАН, д.т.н., профессор  
В.А. Глазунов  
«19» августа 2015 г.



## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

### УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ «МЕХАНИКА КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ»

#### Направление подготовки

01.06.01 – Математика и механика

#### Направленность (профиль) программы

01.02.04 «Механика деформируемого твёрдого тела»

#### Квалификация

Исследователь. Преподаватель-исследователь

#### Форма обучения

Очная  
Заочная

Москва  
2015

## АННОТАЦИЯ

Дисциплина «Механика композиционных материалов» реализуется в рамках **Блока 1** Основной профессиональной образовательной программы высшего образования – программы подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре Федерального государственного бюджетного учреждения науки Института машиноведения им. А.А. Благонравова Российской академии наук (ИМАШ РАН) аспирантам очной и заочной форм обучения по направлению подготовки 01.06.01 – Математика и механика.

Рабочая программа разработана с учётом требований ФГОС ВО по направлению подготовки 01.06.01 – Математика и механика (уровень подготовки кадров высшей квалификации), утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 30 июля 2014 года № 866, зарегистрировано в Минюсте Российской Федерации 25 августа 2014 года № 33837.

Общая трудоёмкость дисциплины по учебному плану составляет 2 зач.ед. (180 часов), из них лекций – 24 часа, практических (семинарских) занятий – 30 часов, лабораторных занятий – 0 часов, самостоятельной работы – 18 часов, подготовка к экзамену – 30 часов. Дисциплина реализуется на 1-м курсе во 2-м семестрах, продолжительность обучения – 1 семестр.

Текущая аттестация проводится не менее 2 раз в соответствии с заданиями и формами контроля, предусмотренные настоящей программой.

Промежуточная оценка знания осуществляется в период зачётно-экзаменационной сессии в форме экзамена.

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**Цель дисциплины «Механика композиционных материалов»:**

**Цель:**

- сформировать у аспирантов теоретические знания и практические навыки, необходимые для решения конкретных задач на научном уровне, обеспечивающую адекватность получаемых решений, а также - освоить современные методы теоретических и экспериментальных исследований композиционных материалов.

**Задачи общей части дисциплины:**

- изучение принципов и основных подходов к решению задач прочности, долговечности, трещиностойкости, ресурса, живучести, надежности и безопасности деталей машин и конструкций из композиционных материалов;
- овладение элементарной техникой использования важнейших математических операций для решения теоретических и инженерных проблем расчета;
- приобретение навыков разработки моделей разрушения деталей из композиционных материалов с формулировкой основных физических допущений, а также граничных и начальных условий;
- анализ механизмов зарождения и роста дефектов в плоских и объемных телах при статическом и циклическом нагружении.

**Задачи прикладной части дисциплины:**

- развитие методологических подходов и выработка практические навыков анализа научно-технических проблем механики композиционных материалов посредством математического и численного моделирования, а также экспериментального исследования;
- овладение методами исследования проблем деформирования и разрушения деталей конструкций из композиционных материалов машин и конструкций, работающих в агрессивных средах, при повышенной температуре, радиационном облучении и т.п.;
- приобретение практических навыков управления проектами в области высоких наукоемких технологий; организации работы научных, проектных и производственных подразделений, занимающихся проблемами механики конструкционных материалов.

## 2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Процесс изучения дисциплины «Биомеханика сосудистой системы» направлен на формирование компетенций или отдельных их элементов в соответствии с ФГОС ВО 01.06.01 – Математика и механика:

**профессиональных (ПК):**

- способность к применению методов математического моделирования при решении теоретических и прикладных задач (ПК-1).

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

**Знать:**

- методы механических испытаний композитов с целью определения полного набора тензорных упругих констант;
- теоретические основы, методические подходы и современную аппаратуру, используемую для определения механических свойств новых конструкционных материалов;
- критерии различных видов разрушения и расслоения волокнистых композитов и экспериментальные методы оценки трещиностойкости и сопротивления расслоению композитов;

- технологии получения волокон, связующих и композитов на их основе с механическими характеристиками и служебными свойствами, обеспечивающими их эффективное применение в перспективных объектах;

- инженерные и уточненные методы расчетов композитных элементов (стержневого, балочного, оболочечного типов).

**Уметь:**

- анализировать эффективность применения в машиностроении различных композитных материалов;

- оценивать погрешность результатов экспериментального исследования, обосновывать применимость критериев разрушения композитов.

- рассчитывать силовые композитные элементы по условиям прочности, трещиностойкости и динамической устойчивости.

**Владеть:**

- основами и навыками проведения экспериментальных исследований по определению деформационных и прочностных характеристик композитов;

- методиками оценки прочности применительно к анизотропным материалам;

- навыками ведения преподавательской деятельности по образовательным программам высшего образования и демонстрировать способность и готовность.

### 3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

#### 3.1. Структура дисциплины

##### Распределение трудоемкости дисциплины по видам учебных работ

Вид учебной работы	Трудоёмкость					
	общая		из них			
	зач.ед	час.	Лекц.	Прак.	Сем.	Сам..
<b>ОБЩАЯ ТРУДОЕМКОСТЬ</b> по Учебному плану	<b>2</b>	<b>72</b>	<b>24</b>	<b>0</b>	<b>30</b>	<b>18</b>
<b>Аудиторные занятия</b>	<b>1,5</b>	<b>54</b>	24		30	
Лекции (Л)	0,63	24	24			
Практические занятия (ПЗ)	0	0		0		
Семинары (С)	0,83	30			30	
<b>Самостоятельная работа (СР) в т.ч. с учётом промежуточного и итогового контроля</b>	<b>0,5</b>	<b>18</b>				<b>18</b>
Самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий, подготовка к семинарским и практическим занятиям) и самостоятельное изучение тем дисциплины, подготовка к экзамену	0,5	18				18
<b>Вид контроля:</b>	<b>экзамен</b>					

### 3.2. Содержание разделов дисциплины

#### Общее содержание дисциплины

№ Раздела	Наименование темы (раздела)	Содержание темы (раздела)
1	Основные объекты и эффекты применения композитов в машиностроении	Основные объекты и эффекты применения композиционных материалов. Свойства композиционных материалов. Классификация композитов. Процессы изготовления деталей и изделий из полимерных волокнистых композитов. Технология изготовления углеродных композиционных материалов: намотка, выкладка и формование препрегов, экструзия, пултрузия, литье под давлением. Методы механической обработки и соединения полимерных композитных деталей.
2	Конструкционные свойства композиционных материалов	Эффекты прочности волокнистых композиционных материалов: масштабный эффект, торможение трещины поверхностью раздела, статистический характер прочности волокон. Механика композитов как область механики твердого тела. Определяющие соотношения. Теория упругости анизотропных сред. Обобщенный закон Гука. Число независимых упругих констант. Тензоры упругих модулей и податливостей.
3	Основные положения механики упругого анизотропного тела и методы расчётов НДС в типовых элементах их композитов	. Классы упругой симметрии (ортотропия, трансверсальная изотропия). Связь технических, матричных и тензорных упругих констант. Меры деформации. Связь технической и тензорной сдвиговой деформации. Методы испытаний композитов на растяжение, сжатие, сложное напряженное состояние. Особенности испытаний композитов на изгиб. Сползание с опор. Изгиб бимодульного материала. Определение межслойного модуля сдвига по поправке к прогибу. Критерий межслойного разрушения композитов при изгибе.
4	Методы механических испытаний волокнистых композитов.	Определение модуля сдвига в плоскости при сдвиге панелей и при перекашивании жесткого шарнирного четырехзвенника. Определение модулей сдвига при кручении квадратных пластин и прямоугольных образцов. Определение 2-х модулей сдвига по периоду крутильных колебаний образцов разной ширины. Послойный метод расчета прочности слоистых композитов. Преобразование модулей упругости при повороте осей. Схемы Фойгта и Рейсса для оценки эффективных упругих модулей. Упрощенный метод расчета для сильно анизотропных композитов типа углепластиков.
5	Методы расчета и оптимизации композитных элементов	Вязкоупругость - модели Максвелла, Фойгта, Кельвина. Наследственная теория ползучести. Описание ползучести и релаксации. Подобие изохронных кривых. Теория Вольтера-Больцмана. Ядро памяти. Динамические высокоскоростные испытания, экспериментальные установки. Распространение волн. Мгновенная диаграмма деформирования. Коэффициенты динамичности. Пробивание пластин.
6	Оценка прочности конструкций из композиционных	Проектный расчет стеклопластиковой рессоры. Принципы оптимального проектирования композитных материалов-конструкций. Оптимизация структуры армирования

материалов	композитного карданного вала при переменных углах армирования с учетом динамической устойчивости, прочности и оболочечной формы потери устойчивости. Выбор оптимальных схем армирования для труб и сосудов давления. Расчет баллона для сжатого газа. Нитяная модель и уточненные критерии прочности. Схема оценки надёжности баллона для сжатого природного газа при возникновении в стенках дефектов типа трещин и расслоений.
------------	--

### 3.3 Разделы дисциплины (модуля) и трудоемкости по видам учебных занятий

№	Тема (раздел) дисциплины	Виды учебных занятий, включая самостоятельную работу				
		Лекции	Практич. (семинар.) задания	Лаборат. работы	Задания, курсовые работы	Самост. работа
1	Основные объекты и эффекты применения композитов в машиностроении	4	5			3
2	Конструкционные свойства композиционных материалов	4	5			3
3	Основные положения механики упругого анизотропного тела и методы расчётов НДС в типовых элементах их композитов	4	5			3
4	Методы механических испытаний волокнистых композитов.	4	5			3
5	Методы расчета и оптимизации композитных элементов	4	5			3
6	Оценка прочности конструкций из композиционных материалов	4	5			3
Итого часов		24	30			18
Общая трудоемкость		72 час. 2 зач. ед.				

### 3.4. Тематика аудиторных занятий

#### 3.4.1. Тематика лекционных занятий

№ раздела	№ лекции	Основное содержание	Кол-во часов
3	1	Основные свойства и эффекты применения композитов в машиностроении. Основные требования к конструкционным материалам в машиностроении.	4
4	2	Конструкционные и технологические свойства композитов. Удельная прочность и удельный модуль. Структура, свойства и применение в технике полимерных и композитных материалов. Долговечность композиционных материалов. Влияние температуры и влажности на свойства композитов. Климатические испытания и старение. Усталостные свойства	4

		и ползучесть композитов. Сопротивление композитов сдвиговым деформациям.	
		Итого:	8

#### 4.3.2. Тематика практических (или семинарских) занятий

Таблица 4

№ раздела	№ занятия	Наименование	Кол-во часов
2	1	Основные особенности методов испытаний композитов.	3
2	2	Определение модулей сдвига.	3
3	3	Динамические высокоскоростные испытания.	3
4	4	Проектный расчет стеклопластиковой рессоры.	3
5	5	Оптимизация композитного карданного вала.	3
6	6	Расчет баллона для сжатого газа.	3
		Итого:	18

Программой дисциплины лабораторные занятия не предусмотрены.

#### 4. ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

Учебная аудитория, оснащенная мультимедиа проектором и экраном.

На лекционных занятиях демонстрируются презентации с помощью мультимедийных технологий.

Учебный процесс обеспечивается наличием следующего материально-технического оборудования:

- 1) кабинеты-аудитории, оснащенные компьютером с проектором, обычной доской, партами, кафедрами – для проведения лекционных и практических занятий;
- 2) библиотека с читальным залом, книжный фонд которой составляет специализированная методическая и учебная литература, журналы.

#### 5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

##### *Основная литература*

1. Алфутов Н.А., Зиновьев П.А., Попов В.Г. Расчет многослойных пластин и оболочек из композиционных материалов. М.: Машиностроение, 1984, 264 с.
2. Кристенсен Р. Введение в механику композитов. М.: Мир, 1971, 334 с.
3. Полилов А.Н. Экспериментальная механика композитов. М.: МГТУ им. Н.Э.Баумана, 2015, 374 с.

##### *Дополнительная литература и Интернет-ресурсы*

1. Полилов А.Н. Этюды по механике композитов. М.: Физматлит, 2015, 308 с.
2. Работнов Ю.Н. Механика деформируемого твердого тела. М.: Наука, 1988, 712 с.
3. <http://gost.ru>; <http://gosnadzor.ru>; <http://consultant.ru>; <http://mchs.gov.ru>.

## **6. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ**

Для успешного освоения курса, помимо посещения лекций и семинаров, от аспирантов требуется самостоятельная работа в объёме не менее чем те часы, которые указаны для каждого раздела программы. В основном, это время отводится на самостоятельное решение задач. Самостоятельные занятия включают в себя также повторение материала лекций.