

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное учреждение  
высшего профессионального образования  
"Казанский (Приволжский) федеральный университет"  
Институт математики и механики им. Н.И. Лобачевского



**УТВЕРЖДАЮ**

Проректор  
по образовательной деятельности КФУ  
Проф. Минзарипов Р.Г.

\_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

**Программа дисциплины**  
Механика композитов М2.ДВ.4

Направление подготовки: 010800.68 - Механика и математическое моделирование

Профиль подготовки: Механика твердого деформируемого тела

Квалификация выпускника: магистр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

**Автор(ы):**

Тазюков Б.Ф. , Каюмов Р.А.

**Рецензент(ы):**

Коноплев Ю.Г.

**СОГЛАСОВАНО:**

Заведующий(ая) кафедрой: Коноплев Ю. Г.

Протокол заседания кафедры No \_\_\_\_ от " \_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 201\_\_ г

Учебно-методическая комиссия Института математики и механики им. Н.И. Лобачевского :

Протокол заседания УМК No \_\_\_\_ от " \_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 201\_\_ г

Регистрационный No

Казань  
2014

## Содержание

1. Цели освоения дисциплины
2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы
3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины /модуля
4. Структура и содержание дисциплины/ модуля
5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения
6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов
7. Литература
8. Интернет-ресурсы
9. Материально-техническое обеспечение дисциплины/модуля согласно утвержденному учебному плану

Программу дисциплины разработал(а)(и) доцент, к.н. Тазюков Б.Ф. Кафедра теоретической механики отделение механики, Bulat.Tazioukov@kpfu.ru; Каюмов Р.А.

### 1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины "Механика композитных материалов" являются: освоение методов определения эффективных механических характеристик композитных материалов, методов решения задач расчета конструкций из композитных материалов, методов определения параметров моделей деформирования и разрушения волокнистых композитных материалов методами идентификации - по результатам испытаний тонких оболочек, панелей и пластин, изготовленных намоткой или наложением слоев из этих материалов.

### 2. Место дисциплины в структуре основной образовательной программы высшего профессионального образования

Данная учебная дисциплина включена в раздел "М2.ДВ.4 Профессиональный" основной образовательной программы 010800.68 Механика и математическое моделирование и относится к дисциплинам по выбору. Осваивается на 1 курсе, 1, 2 семестры.

Дисциплина входит в базовую часть профессионального цикла.

Получаемые знания необходимы для понимания и освоения курсов профильных дисциплин направления механики и математического моделирования.

Слушатели должны владеть знаниями по дисциплинам: теоретическая механика, механика стержней, теория пластин и оболочек, сопротивление материалов, механика сплошных сред.

### 3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины /модуля

В результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ОК-5 (общекультурные компетенции)	способность порождать новые идеи
ПК-1 (профессиональные компетенции)	владение методами математического моделирования при анализе глобальных проблем на основе глубоких знаний фундаментальных математических дисциплин и компьютерных наук
ПК-11 (профессиональные компетенции)	способность к творческому применению, развитию и реализации математически сложных алгоритмов в современных специализированных программных комплексах
ПК-14 (профессиональные компетенции)	владение методами физического и математического моделирования при анализе глобальных проблем на основе глубоких знаний фундаментальных физико-математических дисциплин, теории эксперимента и компьютерных наук
ПК-19 (профессиональные компетенции)	умение извлекать актуальную научно-техническую информацию из электронных библиотек, реферативных журналов
ПК-2 (профессиональные компетенции)	владение методами математического и алгоритмического моделирования при анализе проблем техники и естествознания

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ПК-5 (профессиональные компетенции)	глубокое понимание теории эксперимента
ПК-6 (профессиональные компетенции)	способность к нахождению из определяющих экспериментов материальных функций (функционалов, постоянных) в моделях реальных тел и сред

В результате освоения дисциплины студент:

3. должен владеть:

Получаемые знания необходимы для понимания и освоения курсов профильных дисциплин направления механики и математического моделирования.

Слушатели должны владеть знаниями по дисциплинам: теоретическая механика, механика стержней, механика сплошных сред, теория пластин и оболочек.

4. должен демонстрировать способность и готовность:

- ориентироваться в методах, применяемых для решения этих задач;
- уметь решать обратные задачи, которые могут оказаться некорректными.

4. должен демонстрировать способность и готовность:

навыками решения типовых задач прочности пластин и оболочек из композитных материалов;

4. должен демонстрировать способность и готовность:

- обладать теоретическими знаниями о математических моделях, позволяющих решать задачи прочности пластин и оболочек из композитных материалов;

#### 4. Структура и содержание дисциплины/ модуля

Общая трудоемкость дисциплины составляет зачетных(ые) единиц(ы) 144 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины отсутствует в 1 семестре; зачет во 2 семестре.

Суммарно по дисциплине можно получить 100 баллов, из них текущая работа оценивается в 50 баллов, итоговая форма контроля - в 50 баллов. Минимальное количество для допуска к зачету 28 баллов.

86 баллов и более - "отлично" (отл.);

71-85 баллов - "хорошо" (хор.);

55-70 баллов - "удовлетворительно" (удов.);

54 балла и менее - "неудовлетворительно" (неуд.).

#### 4.1 Структура и содержание аудиторной работы по дисциплине/ модулю

##### Тематический план дисциплины/модуля

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
1.	Тема 1. Введения.	1	1	2	0	0	устный опрос
2.	Тема 2. Инженерные методы.	1	2-3	2	2	0	домашнее задание

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
3.	Тема 3. Энергетические методы.	1	4-5	2	2	0	домашнее задание
4.	Тема 4. Асимптотические методы.	1	7-8	2	2	0	домашнее задание
5.	Тема 5. Основная задача теории прочности.	1	9-10	0	4	0	домашнее задание
6.	Тема 6. Термодинамические методы анализа.	1	11-13	0	4	0	домашнее задание
7.	Тема 7. Определение напряженно-деформированного состояния.	1	14-16	0	2	0	контрольная работа
8.	Тема 8. Обратные задачи.	2	1-2	2	2	0	домашнее задание
9.	Тема 9. Идентификация упругих характеристик	2	3-5	4	4	0	домашнее задание
10.	Тема 10. Идентификация упругих характеристик	2	6-8	2	4	0	домашнее задание
11.	Тема 11. Идентификация механических характеристик	2	9-11	2	4	0	домашнее задание
12.	Тема 12. Многоцикловая прочность.	2	12-14	2	4	0	домашнее задание
	Тема . Итоговая форма контроля	1		0	0	0	зачет
	Тема . Итоговая форма контроля	2		0	0	0	зачет
	Итого			20	34	0	

#### 4.2 Содержание дисциплины

##### Тема 1. Введения.

###### *лекционное занятие (2 часа(ов)):*

Основные понятия механики композитов. Основные задачи. Виды композиционных материалов.

##### Тема 2. Инженерные методы.

###### *лекционное занятие (2 часа(ов)):*

Инженерные методы определения осредненных механических характеристик композиционного материала.

**практическое занятие (2 часа(ов)):**

Модули упругости композита вдоль и поперек арматуры. Коэффициенты Пуассона. Задача сдвига композита.

**Тема 3. Энергетические методы.**

**лекционное занятие (2 часа(ов)):**

Энергетические методы, используемые для решения задач определения механических характеристик композита.

**практическое занятие (2 часа(ов)):**

Определение механических характеристик однонаправленного армированного материала.

**Тема 4. Асимптотические методы.**

**лекционное занятие (2 часа(ов)):**

Методы теории упругости и асимптотические методы определения механических характеристик композита.

**практическое занятие (2 часа(ов)):**

Определение механических характеристик композиционного материала.

**Тема 5. Основная задача теории прочности.**

**практическое занятие (4 часа(ов)):**

Примеры поверхностей для плоского напряженного состояния. Определение прочностных характеристик композита. Определение прочностных характеристик однонаправленного армированного материала при растяжении и на сдвиг.

**Тема 6. Термодинамические методы анализа.**

**практическое занятие (4 часа(ов)):**

Термодинамические методы анализа и упрощения определяющих соотношений для композитных материалов.

**Тема 7. Определение напряженно-деформированного состояния.**

**практическое занятие (2 часа(ов)):**

Основные методы решения задач определения напряженно-деформированного состояния пластин и оболочек из композитных материалов.

**Тема 8. Обратные задачи.**

**лекционное занятие (2 часа(ов)):**

Обратные задачи идентификации и методы их решения. Расширенная задача идентификации физико-механических характеристик материала

**практическое занятие (2 часа(ов)):**

Примеры решения обратных задач.

**Тема 9. Идентификация упругих характеристик .**

**лекционное занятие (4 часа(ов)):**

Нелинейная задача изгиба и устойчивости предварительно изогнутой пластины при различных граничных условиях и видах нагружения.

**практическое занятие (4 часа(ов)):**

Идентификация упругих характеристик композитного материала по результатам испытаний на устойчивость изготовленных из него панелей. Сравнение результатов полученных при использовании традиционного подхода и расширенного функционала.

**Тема 10. Идентификация упругих характеристик .**

**лекционное занятие (2 часа(ов)):**

Колебания оболочек вращения, образованных намоткой упругого композиционного материала. Постановка задачи и методика решения.

**практическое занятие (4 часа(ов)):**

Идентификация упругих характеристик волокнистого композита по частотным характеристикам оболочек вращения. Сравнение результатов полученных при использовании традиционного подхода и расширенного функционала.

**Тема 11. Идентификация механических характеристик .****лекционное занятие (2 часа(ов)):**

Колебания оболочек вращения, образованных намоткой нелинейно-вязкоупругого композиционного материала. Постановка задачи и методика решения.

**практическое занятие (4 часа(ов)):**

Идентификация механических характеристик нелинейно-вязкоупругого композита по результатам испытаний оболочек вращения. Сравнение результатов полученных при использовании традиционного подхода и расширенного функционала.

**Тема 12. Многоцикловая прочность.****лекционное занятие (2 часа(ов)):**

Критерии усталостного разрушения материалов при многоцикловом нагружении. Стационарное и нестационарное циклические нагружения. Постановка задачи и методы решения.

**практическое занятие (4 часа(ов)):**

Идентификация характеристик многоцикловой прочности волокнистых композитов по результатам испытаний намоточных цилиндрических образцов. Сравнение результатов полученных при использовании традиционного подхода и расширенного функционала.

**4.3 Структура и содержание самостоятельной работы дисциплины (модуля)**

N	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
1.	Тема 1. Введения.	1	1	подготовка к устному опросу	2	устный опрос
2.	Тема 2. Инженерные методы.	1	2-3	подготовка домашнего задания	6	домашнее задание
3.	Тема 3. Энергетические методы.	1	4-5	подготовка домашнего задания	6	домашнее задание
4.	Тема 4. Асимптотические методы.	1	7-8	подготовка домашнего задания	6	домашнее задание
5.	Тема 5. Основная задача теории прочности.	1	9-10	подготовка домашнего задания	6	домашнее задание
6.	Тема 6. Термодинамические методы анализа.	1	11-13	подготовка домашнего задания	6	домашнее задание
7.	Тема 7. Определение напряженно-деформированного состояния.	1	14-16	подготовка домашнего задания	6	домашнее задание
8.	Тема 8. Обратные задачи.	2	1-2	подготовка домашнего задания	10	домашнее задание
9.	Тема 9. Идентификация упругих характеристик .	2	3-5	подготовка домашнего задания	12	домашнее задание

N	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
10.	Тема 10. Идентификация упругих характеристик .	2	6-8	подготовка домашнего задания	10	домашнее задание
11.	Тема 11. Идентификация механических характеристик .	2	9-11	подготовка домашнего задания	10	домашнее задание
12.	Тема 12. Многоцикловая прочность.	2	12-14	подготовка домашнего задания	10	домашнее задание
	Итого				90	

### 5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения

лекции, практические занятия, зачёт. В течение всего курса студенты решают задачи, указанные преподавателем, к каждому практическому занятию. Зачет выставляется по положительным результатам выполнения аудиторных работ и самостоятельной работы в течении семестра, а также успешной сдачи теоретического материала по прилагаемой программе.

### 6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов

#### Тема 1. Введения.

устный опрос , примерные вопросы:

Контроль осуществляется устным опросом по пройденному теоретическому материалу.

#### Тема 2. Инженерные методы.

домашнее задание , примерные вопросы:

Контроль осуществляется проверкой результатов выполнения текущего задания.

#### Тема 3. Энергетические методы.

домашнее задание , примерные вопросы:

Контроль осуществляется проверкой результатов выполнения текущего задания.

#### Тема 4. Асимптотические методы.

домашнее задание , примерные вопросы:

Контроль осуществляется проверкой результатов выполнения текущего задания.

#### Тема 5. Основная задача теории прочности.

домашнее задание , примерные вопросы:

Контроль осуществляется проверкой результатов выполнения текущего задания.

#### Тема 6. Термодинамические методы анализа.

домашнее задание , примерные вопросы:

Контроль осуществляется проверкой результатов выполнения текущего задания.

#### Тема 7. Определение напряженно-деформированного состояния.

домашнее задание , примерные вопросы:

Контроль осуществляется проверкой результатов выполнения текущего задания.

#### Тема 8. Обратные задачи.



домашнее задание , примерные вопросы:

Контроль осуществляется проверкой результатов выполнения текущего задания.

### **Тема 9. Идентификация упругих характеристик .**

домашнее задание , примерные вопросы:

Контроль осуществляется проверкой результатов выполнения текущего задания.

### **Тема 10. Идентификация упругих характеристик .**

домашнее задание , примерные вопросы:

Контроль осуществляется проверкой результатов выполнения текущего задания.

### **Тема 11. Идентификация механических характеристик .**

домашнее задание , примерные вопросы:

Контроль осуществляется проверкой результатов выполнения текущего задания.

### **Тема 12. Многоцикловая прочность.**

домашнее задание , примерные вопросы:

Контроль осуществляется проверкой результатов выполнения текущего задания.

### **Тема . Итоговая форма контроля**

### **Тема . Итоговая форма контроля**

Примерные вопросы к зачету:

все виды текущего контроля успеваемости и аттестации по итогам освоения дисциплины оцениваются по 100-балльной рейтинговой системе, принятой к КФУ.

Вопросы для контроля:

1. Типы композитных материалов (КМ), основные достоинства и недостатки полимерных КМ и основные типы волокон и матриц. Обоснование прочности волокнистых КМ.
2. Формула смесей для эффективных упругих характеристик армированных материалов.
3. Формула смесей для коэффициента линейного расширения вдоль и поперек армирования.
4. Определение прочностных характеристик вдоль, поперек армирования и на сдвиг.
5. Энергетические подходы к оценке эффективных характеристик. Оценки Фойгхта и Рейсса.
6. Определение эффективных характеристик в случае сложного армирования - случай задания перемещений.
7. Определение эффективных характеристик в случае сложного армирования - случай задания напряжений.
8. Метод Бахвалова для определения эффективных упругих характеристик армированных материалов.
9. Модели деформирования композитов с учетом ползучести. Формулы смесей для ядер релаксации или ползучести.
10. Эффективные пластические характеристики армированных КМ
11. Общий вид соотношений для нелинейно-упругого материала. Обобщение формулы Грина, следствие из нее.
12. Представление упругого потенциала через инварианты. Число упругих констант в линейно - упругом случае. Формы представления упругого потенциала в случаях изотропии, ортотропии, трансверсальной изотропии.
13. Упрощение определяющих соотношений для волокнистых композитов на основе их асимптотического анализа. Упрощенные соотношения для волокнистых композитов (для однонаправленно армированных, для тканевых КМ)
14. Уменьшение размерности ядра ползучести или релаксации методом их асимптотического анализа. Модели ползучести для разных типов композитов.
15. Упрощенные соотношения теории пластического течения КМ
16. Виды разрушения КМ. Теории (критерии) кратковременной прочности - максимальных напряжений, деформаций, квадратичные критерии, Захарова, Норриса-Мак-Кинена, Чамиса, Малмейстера, Гольденблата-Копнова.

17. Виды композитных конструкций (дискретно армированные, слоистые, сэндвичи, намоточные) и особенности их изготовления и работы.
18. Жесткостные характеристики разноориентированно армированных пластин, особенности деформирования пластин, армированных перекрестно и под углом.
19. Простейшие модели слоистых оболочек (Кирхгоффа-Лява, Тимошенко-Рейсснера, с учетом обжатия, уточненные) и их недостатки. Теории ломаной линии.
20. Способы получения разрешающих уравнений и их особенности.
21. Понятия об оптимальных композитных оболочках вращения.

### **7.1. Основная литература:**

Механика сплошной среды, Нигматулин, Роберт Искандерович, 2014г.  
Молотников В. Я. Механика конструкций. Теоретическая механика. Сопротивление материалов: учебник Издательство: Лань, 2012. - 608 с. <http://e.lanbook.com/view/book/563/>  
Богодухов С.И., Синюхин А.В., Козик Е.С. Курс материаловедения в вопросах и ответах: учебник Издательство: Машиностроение, 2010. - 352 с. <http://e.lanbook.com/view/book/718/>  
Носов В.В. Механика композиционных материалов. Лабораторные работы и практические занятия: учебник Издательство: Лань, 2013. - 240 с. <http://e.lanbook.com/view/book/30427/>  
Агамиров Л.В., Алимов М.А., Бабичев Л.П., Бакиров М.Б. Физико-механические свойства. Испытания металлических материалов. Том II-1: учебник Издательство: Машиностроение, 2010. - 852 с. <http://e.lanbook.com/view/book/789/>

### **7.2. Дополнительная литература:**

Механика упругопластического разрушения, Партон, Владимир Залманович;Морозов, Евгений Михайлович, 2008г.  
Механика упругопластического разрушения, Партон, Владимир Залманович;Морозов, Евгений Михайлович, 2008г.  
Определение характеристик волокнистых композитных материалов методами идентификации, Каюмов, Рашит Абдулхакович;Нежданов, Ростислав Олегович;Тазюков, Булат Фэридович, 2005г.  
Металлополимерные нанокompозиты, Бузник, Вячеслав Михайлович;Фомин, Василий Михайлович;Алхимов, А. П.;Ляхов, Н. З., 2005г.

### **7.3. Интернет-ресурсы:**

Научно-образовательный центр при МИАН - <http://www.mi.ras.ru/>  
электронная библиотека - <http://elibrary.ru>  
электронная библиотека - <http://www.hi-edu.ru>  
Электронная библиотека механико-математического факультета МГУ - <http://lib.mexmat.ru/>  
электронная поисковая система - <http://ya.ru>

## **8. Материально-техническое обеспечение дисциплины(модуля)**

Освоение дисциплины "Механика композитов" предполагает использование следующего материально-технического обеспечения:

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе "БиблиоРоссика", доступ к которой предоставлен студентам. В ЭБС "БиблиоРоссика" представлены коллекции актуальной научной и учебной литературы по гуманитарным наукам, включающие в себя публикации ведущих российских издательств гуманитарной литературы, издания на английском языке ведущих американских и европейских издательств, а также редкие и малотиражные издания российских региональных вузов. ЭБС "БиблиоРоссика" обеспечивает широкий законный доступ к необходимым для образовательного процесса изданиям с использованием инновационных технологий и соответствует всем требованиям федеральных государственных образовательных стандартов высшего профессионального образования (ФГОС ВПО) нового поколения.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе "ZNANIUM.COM", доступ к которой предоставлен студентам. ЭБС "ZNANIUM.COM" содержит произведения крупнейших российских учёных, руководителей государственных органов, преподавателей ведущих вузов страны, высококвалифицированных специалистов в различных сферах бизнеса. Фонд библиотеки сформирован с учетом всех изменений образовательных стандартов и включает учебники, учебные пособия, УМК, монографии, авторефераты, диссертации, энциклопедии, словари и справочники, законодательно-нормативные документы, специальные периодические издания и издания, выпускаемые издательствами вузов. В настоящее время ЭБС ZNANIUM.COM соответствует всем требованиям федеральных государственных образовательных стандартов высшего профессионального образования (ФГОС ВПО) нового поколения.

Учебно-методическая литература для данной дисциплины имеется в наличии в электронно-библиотечной системе Издательства "Лань", доступ к которой предоставлен студентам. ЭБС Издательства "Лань" включает в себя электронные версии книг издательства "Лань" и других ведущих издательств учебной литературы, а также электронные версии периодических изданий по естественным, техническим и гуманитарным наукам. ЭБС Издательства "Лань" обеспечивает доступ к научной, учебной литературе и научным периодическим изданиям по максимальному количеству профильных направлений с соблюдением всех авторских и смежных прав.

учебные аудитории для проведения лекционных и семинарских занятий.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВПО и учебным планом по направлению 010800.68 "Механика и математическое моделирование" и магистерской программе Механика твердого деформируемого тела .

Автор(ы):

Тазюков Б.Ф. \_\_\_\_\_

Каюмов Р.А. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.

Рецензент(ы):

Коноплев Ю.Г. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.