

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**

Методы идентификации свойств конструкционных материалов 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, [Vulat.Tazioukov@kpfu.ru](mailto:Vulat.Tazioukov@kpfu.ru); Каюмов Р.А.

### 1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины "Методы идентификации свойств конструкционных 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, механика сплошных сред, теория пластин и оболочек.

### 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:

4. должен демонстрировать способность и готовность:
- решать обратные задачи, которые могут оказаться некорректными.
  - ориентироваться в методах, применяемых для решения этих задач;
4. должен демонстрировать способность и готовность:
- обладать теоретическими знаниями о математических моделях, позволяющих решать задачи прочности пластин и оболочек из композитных материалов;
  - приобрести навыки решения типовых задач 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. Обратные задачи.	1	1-2	2	2	0	устный опрос
2.	Тема 2. Кратковременные статические испытания.	1	3-6	2	4	0	домашнее задание
3.	Тема 3. Испытания на устойчивость.	1	7-12	2	5	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	
4.	Тема 4. Динамические испытания.	1	13-16	2	5	0	домашнее задание
5.	Тема 5. Идентификация реологических характеристик.	2	1-6	4	6	0	домашнее задание
6.	Тема 6. Многоцикловая прочность.	2	7-10	4	6	0	домашнее задание
7.	Тема 7. Статическая усталость	2	11-14	4	6	0	контрольная работа
	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. 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 модельных задач.

### Тема 2. Кратковременные статические испытания.

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

Постановка задачи и методы решения. Особенности механических характеристик волокнистых композитных материалов и критерии кратковременной прочности.

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

Идентификация упруго-пластических и прочностных характеристик волокнистого композита по результатам кратковременных статических испытаний намоточных цилиндрических образцов. Определение характеристик органопластика. Сравнение результатов полученных при помощи традиционного подхода и расширенного функционала.

### Тема 3. Испытания на устойчивость.

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

Постановка задачи и методы решения. Определение формы панели при различных видах нагружения и граничных условиях.

#### **практическое занятие (5 часа(ов)):**

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

### Тема 4. Динамические испытания.

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

Постановка задачи и методы решения. Преобразование упругих характеристик ортотропного материала. Определение частот свободных колебаний.

**практическое занятие (5 часа(ов)):**

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

**Тема 5. Идентификация реологических характеристик.**

**лекционное занятие (4 часа(ов)):**

Постановка задачи и методы решения. Колебания оболочек вращения.

**практическое занятие (6 часа(ов)):**

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

**Тема 6. Многоцикловая прочность.**

**лекционное занятие (4 часа(ов)):**

Постановка задачи и методы решения. Модельные задачи.

**практическое занятие (6 часа(ов)):**

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

**Тема 7. Статическая усталость**

**лекционное занятие (4 часа(ов)):**

Постановка задачи и методы решения. Модельные задачи.

**практическое занятие (6 часа(ов)):**

Идентификация параметров модели накопления повреждений для волокнистых материалов по результатам испытаний намоточных цилиндрических образцов на статическую усталость. Сравнение результатов полученных при помощи 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. Обратные задачи.	1	1-2	подготовка к устному опросу	6	устный опрос
2.	Тема 2. Кратковременные статические испытания.	1	3-6	подготовка домашнего задания	14	домашнее задание
3.	Тема 3. Испытания на устойчивость.	1	7-12	подготовка домашнего задания	14	домашнее задание
4.	Тема 4. Динамические испытания.	1	13-16	подготовка домашнего задания	14	домашнее задание
5.	Тема 5. Идентификация реологических характеристик.	2	1-6	подготовка домашнего задания	14	домашнее задание

N	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
6.	Тема 6. Многоцикловая прочность.	2	7-10	подготовка домашнего задания	14	домашнее задание
7.	Тема 7. Статическая усталость	2	11-14	подготовка к контрольной работе	14	контрольная работа
	Итого				90	

## 5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения

лекции, практические занятия. В течение всего курса студенты решают задачи, указанные преподавателем, к каждому занятию.

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

### Тема 1. Обратные задачи.

устный опрос , примерные вопросы:

Контроль осуществляется устным опросом.

### Тема 2. Кратковременные статические испытания.

домашнее задание , примерные вопросы:

Контроль осуществляется проверкой домашнего задания.

### Тема 3. Испытания на устойчивость.

домашнее задание , примерные вопросы:

Контроль осуществляется проверкой домашнего задания.

### Тема 4. Динамические испытания.

домашнее задание , примерные вопросы:

Контроль осуществляется проверкой домашнего задания.

### Тема 5. Идентификация реологических характеристик.

домашнее задание , примерные вопросы:

Контроль осуществляется проверкой домашнего задания.

### Тема 6. Многоцикловая прочность.

домашнее задание , примерные вопросы:

Контроль осуществляется проверкой домашнего задания.

### Тема 7. Статическая усталость

контрольная работа , примерные вопросы:

Контроль осуществляется проверкой контрольного 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 зачета:

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, Гольденבלата-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.

### 7.1. Основная литература:

Механика сплошной среды, Нигматулин, Роберт Искандерович, 2014г.

Соппротивление материалов, Каюмов, Рашит Абдулхакович , 2010г.

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/>

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:

Методы оптимизации, Ч. 2. Численные методы решения экстремальных задач, , 2011г.

Численные методы, Слабнов, Виктор Дмитриевич, 2012г.

Численные методы, Бахвалов, Николай Сергеевич; Жидков, Николай Петрович; Кобельков, Георгий Михайлович, 2007г.

Численные методы в примерах и задачах, Киреев, Владимир Иванович; Пантелеев, Андрей Владимирович, 2006г.

Горшков А.Г., Тарлаковский Д.В., Старовойтов Э.И. Теория упругости и пластичности: учебник  
Издательство: ФИЗМАТЛИТ, 2011. - 416 с. <http://www.knigafund.ru/books/112571>

Молотников В. Я. Механика конструкций. Теоретическая механика. Соппротивление материалов: учебник  
Издательство: Лань, 2012. - 608 с. <http://e.lanbook.com/view/book/563/>

Носов В.В. Механика композиционных материалов. Лабораторные работы и практические занятия: учебник  
Издательство: Лань, 2013. - 240 с. <http://e.lanbook.com/view/book/30427/>

### 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 "Методы идентификации свойств конструкционных материалов" 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.