

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. Таюрский Д.А.

" " 20\_\_ г.

**Программа дисциплины**

Экспериментальные методы механики деформируемого твердого тела Б1.В.ДВ.3

Направление подготовки: 01.03.03 - Механика и математическое моделирование

Профиль подготовки: Общий профиль

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

**Автор(ы):**

Коноплев Ю.Г.

**Рецензент(ы):**

Саченков А.А.

**СОГЛАСОВАНО:**

Заведующий(ая) кафедрой: Султанов Л. У.

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

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

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

Регистрационный №

Казань

2017

## 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) заведующий кафедрой, д.н. (профессор) Коноплев Ю.Г. Кафедра теоретической механики отделение механики , yori.konoplev@kpfu.ru

## 1. Цели освоения дисциплины

Студент должен овладеть основными методами экспериментальной механики, знать сферы применимости и их возможности. Уметь использовать эти методы в необходимых комбинациях для получения достоверных результатов.

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

Данная учебная дисциплина включена в раздел " Б1.В.ДВ.3 Дисциплины (модули)" основной образовательной программы 01.03.03 Механика и математическое моделирование и относится к дисциплинам по выбору. Осваивается на 4 курсе, 8 семестр.

Данная учебная дисциплина входит в раздел ДВ.3. Общепрофессиональный цикл.

Для изучения дисциплины необходимы знания, умения и компетенции, полученные обучающимися в средней общеобразовательной школе, а также в процессе введения в профильную подготовку "Механика деформируемого твердого тела". Эта дисциплина является единственной в профиле, которая дает возможность изучить широкий спектр экспериментальных методов исследования процессов деформирования материалов и конструкций. Изучение дисциплины имеет ряд особенностей. После трех лет освоения высшей математики и теоретических вопросов механики непросто переключиться на изучение физических основ экспериментальных методов. Требует осознания огромная роль эксперимента в развитии теории и в создании новой техники.

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

В результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ПК-10 (профессиональные компетенции)	Выпускник должен обладать пониманием корректности постановок задач (ПК-10);
ПК-26 (профессиональные компетенции)	Выпускник должен обладать владением проблемно-задачной формой представления математических знаний (ПК-26)
ПК-3 (профессиональные компетенции)	Выпускник должен обладать умением формулировать результат (ПК-3);
ПК-32 (профессиональные компетенции)	Выпускник должен обладать умением точно представить фундаментальные знания в устной форме (ПК-32);
ПК-5 (профессиональные компетенции)	Выпускник должен обладать умением на основе анализа увидеть и корректно сформулировать результат (ПК-5);
ПК-25 (профессиональные компетенции)	Выпускник должен владеть методом физического моделирования при анализе проблем механики (ПК-25);

В результате освоения дисциплины студент:

1. должен знать:

Студенты, завершившие изучение данной дисциплины должны:

- Знать содержание четырех основных задач эксперимента, условия чистого эксперимента.
- Иметь представление о физических основах экспериментальных методов.
- Усвоить методы измерения механических величин (перемещений, деформаций, напряжений, скоростей, ускорений, усилий, давлений и др.).
- Знать возможности основных экспериментальных методов.

2. должен уметь:

- Уметь проводить идентификацию экспериментальных данных.

3. должен владеть:

Навыками исследователя-экспериментатора.

4. должен демонстрировать способность и готовность:

Студент должен быть готовым применять основные методы экспериментальной механики, знать сферы применимости и их возможности. Уметь использовать эти методы в необходимых комбинациях для получения достоверных результатов.

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

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных(ые) единиц(ы) 108 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины зачет в 8 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. Что такое ?эксперимент?. Чистый эксперимент. Роль эксперимента в механике. Натурный и модельный эксперимент. Задачи эксперимента. Краткий обзор экспериментальных методов.	8	1	2	0	0	
2.	Тема 2. Тензометрирование. Электротензометрирование.	8	2-3	4	6	0	

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. Метод тензочувствительных покрытий	8	4	2	2	0	
4.	Тема 4. Метод муаровых полос.	8	5-6	4	4	0	
5.	Тема 5. Голографическая интерферометрия.	8	7-9	6	6	0	
6.	Тема 6. Поляризационно-оптический метод.	8	10-12	6	6	0	
7.	Тема 7. Методы исследования частот и форм колебаний твердых деформируемых тел.	8	13-14	4	4	0	
	Тема . Итоговая форма контроля	8		0	0	0	Зачет
	Итого			28	28	0	

## 4.2 Содержание дисциплины

**Тема 1. Что такое ?эксперимент?. Чистый эксперимент. Роль эксперимента в механике. Натурный и модельный эксперимент. Задачи эксперимента. Краткий обзор экспериментальных методов.**

**лекционное занятие (2 часа(ов)):**

Что такое эксперимент. Чистый эксперимент. Роль эксперимента в механике. Натурный и модельный эксперимент. Задачи эксперимента. Краткий обзор экспериментальных методов. .

**Тема 2. Тензометрирование. Электротензометрирование.**

**лекционное занятие (4 часа(ов)):**

Тензометрирование. Типы тензометров. Особенности использования механических тензометров для определения деформаций. Тензоэффект. Электротензометрирование. Конструкции тензорезисторов. Коэффициент тензочувствительности. Электрические схемы включения тензорезисторов. Температурная компенсация.

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

Температурная компенсация. Динамометры, манометры, вакуумметры с электрическим выходом. Схемы включения тензорезисторов для измерения динамических деформаций. Розетки тензорезисторов и определение поля напряжений.Проволочные, фольговые и полупроводниковые тензорезисторы. Идеальный тензометр.

**Тема 3. Метод тензочувствительных покрытий**

**лекционное занятие (2 часа(ов)):**

Метод тензочувствительных покрытий. Физические основы метода. Три основные задачи, решаемые этим методом. Хрупкие лаковые покрытия, оксидные покрытия: способы получения и свойства. Покрытия для испытаний при высоких температурах

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

Технологии нанесения покрытий. Определение зон концентрации напряжений, направлений главных деформаций, поля деформаций и напряжений по картинам трещин в тензометрическом покрытии.

## **Тема 4. Метод муаровых полос.**

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

Метод муаровых полос. Физические основы метода. Механическая интерференция. Разновидности метода. Метод раstra, нанесенного на деталь, Метод раstra, проектируемого на деталь. Метод отраженного раstra

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

Приёмы расшифровки муаровых картин и получения поля деформаций и напряжений. Применение метода для определения конечных и пластических деформаций, деформаций ползучести. Достоинства и недостатки метода.

## **Тема 5. Голографическая интерферометрия.**

### **лекционное занятие (6 часа(ов)):**

Голографическая интерферометрия. Физические основы голографии. Когерентность. Свойства лазерного излучения. Осевая голограмма Д.Габора. Свойства голограммы. Математическое описание регистрации и последующего восстановления волнового фронта. Схема Лейта-Упатниекса и её преимущества. Регистрация волнового фронта во встречных пучках и его реконструкция (схема Ю.Денисюка). Получение интерферограмм в реальном масштабе времени, методами двух экспозиций, осреднения по времени и методом муаро-голографии. Основное уравнение голографической интерферометрии.

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

Способы расшифровки интерферограмм и определение полей перемещений, деформаций, напряжений. Голография сфокусированных изображений и схемы получения интерферограмм. Определение тангенциальных составляющих вектора перемещений. Голографические методы неразрушающего контроля. Конструкции голографических интерферометров для статических и динамических измерений. Регистрирующие среды для голографии. Примеры применения голографической интерферометрии

## **Тема 6. Поляризационно-оптический метод.**

### **лекционное занятие (6 часа(ов)):**

Фотомеханика. Естественный и поляризованный свет. Плоская, эллиптическая и круговая поляризация. Оптические схемы полярископов. Оптические эффекты простых пластинок в рабочем поле плоского и кругового полярископов. Дифференциальные уравнения равновесия для плоского напряженного состояния в декартовых координатах. Напряжения на наклонных площадках. Главные напряжения на контуре. Дифференциальные уравнения в форме Ляме-Максвелла. Правила определения направления (знаков) напряжений на наклонных площадках. Двулучепреломление в напряженных изотропных материалах. Основной закон фотоупругости

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

Общая характеристика поляризационной картины. Методы определения разности хода и максимального скальвающего напряжения. Изоклины и траектории главных напряжений. Построение траекторий главных напряжений. Метод ?Рапид? расчета главных напряжений. Решение задачи распределения компонент напряжений по произвольному сечению. Напряженное состояние диска, нагруженного сосредоточенными силами. Основные положения теории подобия и моделирования при исследовании методами фотомеханики

## **Тема 7. Методы исследования частот и форм колебаний твердых деформируемых тел.**

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

Методы исследования частот и форм колебаний твердых деформируемых тел. резонансный метод.

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

Метод перемещающейся опоры. Спектр частот свободных колебаний пластин на точечных опорах.

## **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. Что такое ?Эксперимент?. Чистый эксперимент. Роль эксперимента в механике. Натурный и модельный эксперимент. Задачи эксперимента. Краткий обзор экспериментальных методов.	8	1	Изучение теории моделирования	4	Устный опрос
2.	Тема 2. 2. Тензометрирование. Электротензометрирование.	8	2-3	Изучение схем подключения тензорезисторов для исследования статических и динамических деформаций	8	Контрольная работа
3.	Тема 3. Метод тензочувствительных покрытий	8	4	Изучение приемов нанесения покрытий и способов идентификации	8	Контрольная работа
4.	Тема 4. Метод муаровых полос.	8	5-6	Изучение приёмов расшифровки муаровых картин и получения полей деформаций и напряжений	8	Контрольная работа
5.	Тема 5. Голографическая интерферометрия.	8	7-9	Способы расшифровки интерферограмм и определение полей перемещений, деформаций, напряжений. Голограм	8	Контрольная работа
6.	Тема 6. Поляризационно-оптический метод.	8	10-12	Метод оптически чувствительных покрытий. Сущность метода. Разделение главных напряжений. Оценка погре	8	Контрольная работа

N	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
7.	Тема 7. Методы исследования частот и форм колебаний твердых деформируемых тел.	8	13-14	Определение частот и форм свободных колебаний прямоугольной пластины методом перемещающейся опоры	8	Контрольная работа
	Итого				52	

## 5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения

Лекционные занятия, практические аудиторные занятия, лабораторные занятия, самостоятельная работа студентов.

При проведении занятий используются активные и интерактивные формы занятий (компьютерные симуляции, разбор конкретных ситуаций, проектные методики, подготовка докладов, презентации) в сочетании с внеаудиторной (самостоятельной) работой.

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

**Тема 1. Что такое Эксперимент?. Чистый эксперимент. Роль эксперимента в механике. Натурный и модельный эксперимент. Задачи эксперимента. Краткий обзор экспериментальных методов.**

Устный опрос , примерные вопросы:

Чистый эксперимент. Роль эксперимента в механике. Натуральный и модельный эксперимент. Задачи эксперимента.

### Тема 2. Тензометрирование. Электротензометрирование.

Контрольная работа , примерные вопросы:

Типы тензометров. Основные характеристики тензометров. Идеальный тензометр. Механические тензометры и область их применения. Тензоэффект. Коэффициент тензочувствительности. Конструкции тензорезисторов. Электрические схемы включения тензорезисторов. Температурная компенсация. Розетки тензорезисторов и определение поля напряжений. Проволочные, фольговые и полупроводниковые тензорезисторы. Динамометры, манометры вакумметры с электрическим выходом.

### Тема 3. Метод тензочувствительных покрытий

Контрольная работа , примерные вопросы:

Физические основы метода тензочувствительных покрытий. 6. Три основные задачи, решаемые методом тензочувствительных покрытий. 7. Хрупкие лаковые покрытия. Их преимущества и недостатки. Оксидные тензочувствительные покрытия. Их свойства, преимущества и способы получения. Определение деформаций и напряжений по картинам трещин в тензочувствительных покрытиях.

### Тема 4. Метод муаровых полос.

Контрольная работа , примерные вопросы:

Физические основы метода муаровых полос. Способы получения муара для измерительных целей. Измерение с помощью системы линий, нанесенной на поверхность объекта. Измерение с помощью системы линий, отраженной от поверхности объекта. Муар, образованный системой линий на поверхности объекта. Измерение касательных деформаций, нормальных перемещений, углов поворота нормали методом муаровых полос.

### **Тема 5. Голографическая интерферометрия.**

Контрольная работа , примерные вопросы:

Схема Лейта-Упатниекса и ее преимущества. Регистрация волнового фронта во встречных пучках и его реконструкция (схема Ю. Денисюка). Получение интерферограмм в реальном масштабе времени. Получение интерферограмм методом 2-х экспозиций. Получение интерферограмм методом осреднения по времени. Муаро-голографическая интерферометрия. Основное уравнение голографической интерферометрии. Расшифровка интерферограмм и определение поля перемещений, деформаций, напряжений. Голография сфокусированных изображений. Схемы получения интерферограмм. Определение касательных составляющих вектора перемещений методом спектр-голографической интерферометрии

### **Тема 6. Поляризационно-оптический метод.**

Контрольная работа , примерные вопросы:

Двулучепреломление в напряженных изотропных материалах. Основной закон фотоупругости и общая характеристика поляризационной картины. Методы определения разности хода лучей и максимального скальвающего напряжения Изоклины и траектории главных напряжений. Построение траекторий главных напряжений. Метод "Рапид" расчета главных напряжений

### **Тема 7. Методы исследования частот и форм колебаний твердых деформируемых тел.**

Контрольная работа , примерные вопросы:

Суть резонансного метода. Метод Релея. Схема установки для определения спектра частот и форм колебаний тел.

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

Примерные вопросы к зачету:

Вопросы к зачетам.

Общая часть.

1. Чистый эксперимент.
2. Роль эксперимента в механике.
3. Натуральный и модельный эксперимент.
4. Задачи эксперимента.

Метод тензочувствительных покрытий.

5. Физические основы метода тензочувствительных покрытий.
6. Три основные задачи, решаемые методом тензочувствительных покрытий.
7. Хрупкие лаковые покрытия. Их преимущества и недостатки.
8. Оксидные тензочувствительные покрытия. Их свойства, преимущества и способы получения.
9. Определение деформаций и напряжений по картинам трещин в тензочувствительных покрытиях.

Тензометрирование.

10. Типы тензометров. Основные характеристики тензометров.
11. Идеальный тензометр.
12. Механические тензометры и область их применения.
13. Тензоэффект. Коэффициент тензочувствительности.
14. Конструкции тензорезисторов.
15. Электрические схемы включения тензорезисторов. Температурная компенсация.
16. Розетки тензорезисторов и определение поля напряжений.

17. Проволочные, фольговые и полупроводниковые тензорезисторы.
18. Динамометры, манометры вакуумметры с электрическим выходом.
- Метод муаровых полос.
19. Физические основы метода муаровых полос.
20. Способы получения муара для измерительных целей.
21. Измерение с помощью системы линий, нанесенной на поверхность объекта.
22. Измерение с помощью системы линий, отраженной от поверхности объекта.
23. Муар, образованный системой линий на поверхности объекта.
24. Измерение касательных деформаций, нормальных перемещений, углов поворота нормали методом муаровых полос.
- Голографическая интерферометрия.
25. Физические основы голографии.
26. Когерентность. Свойства лазерного излучения.
27. Осевая голограмма Д.Габора.
28. Основные свойства голограммы.
29. Схема Лейта-Упатниекса и ее преимущества.
30. Регистрация волнового фронта во встречных пучках и его реконструкция (схема Ю. Денисюка).
31. Получение интерферограмм в реальном масштабе времени.
32. Получение интерферограмм методом 2-х экспозиций.
33. Получение интерферограмм методом осреднения по времени.
34. Муаро-голографическая интерферометрия.
35. Основное уравнение голографической интерферометрии.
36. Расшифровка интерферограмм и определение поля перемещений, деформаций, напряжений.
37. Голография сфокусированных изображений. Схемы получения интерферограмм.
38. Определение касательных составляющих вектора перемещений методом спекл-голографической интерферометрии.
39. Голографические методы неразрушающего контроля.
40. Конструкции голографических интерферометров для статических и динамических измерений.
41. Регистрирующие среды для голографии.
- Фотомеханика.
42. Плоская, эллиптическая и круговая поляризация света.
43. Оптические схемы полярископов.
44. Оптические эффекты простых пластинок в рабочем поле плоского и кругового полярископов.
45. Двулучепреломление в напряженных изотропных материалах.
46. Основной закон фотоупругости и общая характеристика поляризационной картины.
47. Методы определения разности хода лучей и максимального скальвающего напряжения.
48. Изоклины и траектории главных напряжений.
49. Построение траекторий главных напряжений.
50. Метод "Рапид" расчета главных напряжений.
51. Основные положения теории подобия и моделирования при исследовании методом фотомеханики.
52. Сущность метода оптически чувствительных покрытий.
53. Разделение главных деформаций в методе оптически чувствительных покрытий.
54. Оптически чувствительные материалы и их физико-механические свойства.

55. Пример моделирования линейных задач методом фотомеханики.
56. Моделирование нелинейных задач пластичности.
57. Моделирование нелинейных задач вязкоупругости.
58. Моделирование нелинейных задач ползучести.

### **7.1. Основная литература:**

Теоретическая механика, Эрдеди, Алексей Алексеевич; Эрдеди, Наталия Алексеевна, 2012г.  
Нелинейная волновая механика и технологии, Ганиев, Ривнер Фазылович; Украинский, Леонид Ефимович, 2011г.

1.Мещерский И.В. Задачи по теоретической механике: учебник. - Санкт-Петербург: Лань, 2012. - 448 с. //<http://e.lanbook.com/view/book/2786/>

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

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

1.Бать М.И., Джанелидзе Г.Ю., Кельзон А.С. Теоретическая механика в примерах и задачах. Том 1: Статика и кинематика: учебник. - Санкт-Петербург: Лань, 2013. - 672 с.  
//<http://e.lanbook.com/view/book/4551/>

2.Бать М.И., Джанелидзе Г.Ю., Кельзон А.С. Теоретическая механика в примерах и задачах. Т. 2: Динамика: учебник. - Санкт-Петербург: Лань, 2013. - 640 с.  
//<http://e.lanbook.com/view/book/4552/>

### **7.3. Интернет-ресурсы:**

Кобаяси А. Экспериментальная механика: Пер. с англ. Том 1 - <http://www.twirpx.com/file/135043/>

Кобаяси А. Экспериментальная механика: Пер. с англ. Том 2 - <http://www.twirpx.com/file/135117/>

Кудрин А.Б., Полухин П.И., Чиченев Н.А. Голография и деформация металлов -  
<http://www.twirpx.com/file/1039932/>

Макаров Р.А., Ренский Л.Б. и др. Тензометрия в машиностроении -  
<http://www.twirpx.com/file/901022/>

Пригородский Н.И. Методы и средства определения полей деформаций и напряжений -  
<http://www.twirpx.com/file/427246/>

Сухарев И.П., Ушаков Б.Н. Исследования деформаций и напряжений методом муаровых полос - <http://www.twirpx.com/file/1042788/>

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

Освоение дисциплины "Экспериментальные методы механики деформируемого твердого тела" предполагает использование следующего материально-технического обеспечения:

Мультимедийная аудитория, вместимостью более 60 человек. Мультимедийная аудитория состоит из интегрированных инженерных систем с единой системой управления, оснащенная современными средствами воспроизведения и визуализации любой видео и аудио информации, получения и передачи электронных документов. Типовая комплектация мультимедийной аудитории состоит из: мультимедийного проектора, автоматизированного проекционного экрана, акустической системы, а также интерактивной трибуны преподавателя, включающей тач-скрин монитор с диагональю не менее 22 дюймов, персональный компьютер (с техническими характеристиками не ниже Intel Core i3-2100, DDR3 4096Mb, 500Gb), конференц-микрофон, беспроводной микрофон, блок управления оборудованием, интерфейсы подключения: USB, audio, HDMI. Интерактивная трибуна преподавателя является ключевым элементом управления, объединяющим все устройства в единую систему, и служит полноценным рабочим местом преподавателя. Преподаватель имеет возможность легко управлять всей системой, не отходя от трибуны, что позволяет проводить лекции, практические занятия, презентации, вебинары, конференции и другие виды аудиторной нагрузки обучающихся в удобной и доступной для них форме с применением современных интерактивных средств обучения, в том числе с использованием в процессе обучения всех корпоративных ресурсов. Мультимедийная аудитория также оснащена широкополосным доступом в сеть интернет. Компьютерное оборудование имеет соответствующее лицензионное программное обеспечение.

Компьютерный класс, представляющий собой рабочее место преподавателя и не менее 15 рабочих мест студентов, включающих компьютерный стол, стул, персональный компьютер, лицензионное программное обеспечение. Каждый компьютер имеет широкополосный доступ в сеть Интернет. Все компьютеры подключены к корпоративной компьютерной сети КФУ и находятся в едином домене.

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.

Лабораторное оборудование Лаборатории сопротивления материалов, Лаборатории оптических методов исследования напряжений.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВПО и учебным планом по направлению 01.03.03 "Механика и математическое моделирование" и профилю подготовки Общий профиль .

Автор(ы):

Коноплев Ю.Г. \_\_\_\_\_  
"\_\_\_" 201 \_\_\_ г.

Рецензент(ы):

Саченков А.А. \_\_\_\_\_  
"\_\_\_" 201 \_\_\_ г.