

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. Талюцкий Д.А.

  
КАЗАНСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ДЕПАРТАМЕНТ  
ОБРАЗОВАНИЯ  
(ДО КФУ)

\_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

*подписано электронно-цифровой подписью*

### Программа дисциплины

Основы прочности конструкций Б1.В.ОД.15

Направление подготовки: 15.03.03 - Прикладная механика

Профиль подготовки: Динамика, прочность машин, приборов и аппаратуры

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

**Автор(ы):**

Бережной Д.В.

**Рецензент(ы):**

Кузнецов С.А.

**СОГЛАСОВАНО:**

Заведующий(ая) кафедрой: Султанов Л. У.

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 81723616

Казань  
2016

## 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. (доцент) Бережной Д.В. Кафедра теоретической механики отделение механики , Dmitri.Berezhnoi@kpfu.ru

### 1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины "Основы прочности конструкций" является получение базовых знаний по прочности машиностроительных конструкций, включая следующие вопросы: основные виды напряженно-деформированного состояния, механические характеристики конструкционных материалов и оценка прочности деталей, малоцикловая и термическая прочность, запасы прочности при переменных напряжениях, резьбовые соединения, выбор предварительной затяжки, фланцевые соединения, шпоночные и шлицевые соединения, соединения деталей с гарантированным натягом, напряжения и деформации в диске постоянной толщины, изгиб стержней, прогибы и углы поворота в стержне переменного сечения, кручение стержней, расчет колец, устойчивость стержней, расчет сжатых стержней на прочность и жесткость, динамический анализ устойчивости, колебания упругих систем.

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

Данная учебная дисциплина включена в раздел " Б1.В.ОД.15 Дисциплины (модули)" основной образовательной программы 15.03.03 Прикладная механика и относится к обязательные дисциплины. Осваивается на 4 курсе, 7, 8 семестры.

Курсом "Основы прочности конструкций" продолжается общемеханическое образование. Знания, полученные в этом курсе, используются в дальнейшем в курсе "Теория упругости" и специальных курсах, как обязательных по выбору кафедры, например "Термоупругость", "Основы прочности конструкций" и др., так и по выбору студента. Слушатели должны владеть знаниями курса теоретической механики и математических дисциплин, изучаемых на первом и втором курсах.

### 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)	выполнять расчетно-экспериментальные работы по многовариантному анализу характеристик конкретных механических объектов с целью оптимизации технологических процессов
ПК-3 (профессиональные компетенции)	быть готовым выполнять расчетно-экспериментальные работы и решать научно-технические задачи в области прикладной механики на основе достижений техники и технологий, классических и технических теорий и методов, физико-механических, математических и компьютерных моделей, обладающих высокой степенью адекватности реальным процессам, машинам и конструкциям

В результате освоения дисциплины студент:

1. должен знать:

основные понятия и законы термодинамики; уравнение производства энтропии; принцип Онзагера; модели жидкостей и газов; термодинамические потенциалы; совершенный газ; линейно-вязкие и теплопроводные жидкости и газы; поверхности сильных и слабых разрывов; условия на разрывах в идеальном газе; гидромеханика идеальной жидкости; интегралы уравнений Эйлера; потенциальные и вихревые течения; плоские и пространственные задачи обтекания тел жидкостями и газами; распространение волн; гидромеханика вязкой жидкости; точные решения уравнений Навье-Стокса и приближения по числу Рейнольдса; пограничный слой и явление отрыва; турбулентность; уравнения Рейнольдса и полуэмпирические модели турбулентности; общая теория нелинейного термоупругого тела; линейная теория упругости; плоские и пространственные статические задачи; волны в упругих телах; модели вязкоупругих сред; деформационные теории пластичности и теории течения; упрочнение материалов; квазистатические задачи теории пластичности; теория размерности; подобие и моделирование механических явлений; взаимодействие сплошных сред с электромагнитным полем; проводимость; поляризация и намагничивание; модели магнитной гидродинамики и электрогидродинамики.

## 2. должен уметь:

Логически мыслить, формулировать математические модели и постановки задач, проводить анализ уравнений и построение решений, применять полученные знания для решения актуальных практических задач.

## 3. должен владеть:

Навыками математического и механического подходов к проблеме моделирования разнообразных физических явлений, анализа уравнений и построения решений, применения полученных знания для решения актуальных практических задач.

Знать: основные понятия и модели, применяемые при оценке прочности конструкций (понятие сплошной среды; область приложений; лагранжево и эйлерово описание движения; закон движения, вектор перемещений, скорость, ускорение; элементы тензорного исчисления; тензоры деформаций, скоростей деформаций, вектор вихря; интегральные законы сохранения массы, количества движения, момента количества движения и энергии; динамические и термодинамические понятия: тензоры напряжений и моментных напряжений, внутренняя энергия, поток тепла; дифференциальные уравнения и условия на разрывах, следующие из законов сохранения; модели идеальной и вязкой несжимаемых жидкостей, идеального газа и линейно-упругой среды (полные системы уравнений); типичные начальные и краевые условия). Студенты должны знать логические связи между ними.

Уметь: адекватно подойти к проблеме моделирования данного физического явления, сформулировать математическую модель и постановку задачи в рамках основ прочности конструкций, провести анализ уравнений и построение решения, применить полученные знания для решения актуальных практических задач.

Владеть: методами основ прочности конструкций.

## 4. Структура и содержание дисциплины/ модуля

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных(ые) единиц(ы) 180 часа(ов).

Форма промежуточного контроля дисциплины зачет в 7 семестре; экзамен 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. Основные виды напряженно-деформированного состояния.	7	1-2	2	4	0	
2.	Тема 2. Механические характеристики конструкционных материалов и оценка прочности деталей.	7	3-4	2	4	0	
3.	Тема 3. Малоцикловая и термическая прочность.	7	5-6	2	4	0	тестирование
4.	Тема 4. Запасы прочности при переменных напряжениях.	7	7-8	2	4	0	контрольная работа
5.	Тема 5. Резьбовые соединения.	7	9-10	2	4	0	
6.	Тема 6. Выбор предварительной затяжки.	7	11-12	2	4	0	
7.	Тема 7. Фланцевые соединения.	7	13-14	2	4	0	
8.	Тема 8. Шпоночные и шлицевые соединения.	7	15-16	2	4	0	контрольная работа
9.	Тема 9. Соединения деталей с гарантированным натягом.	7	17-18	2	4	0	
10.	Тема 10. Напряжения и деформации в диске постоянной толщины.	8	1-2	2	4	0	
11.	Тема 11. Изгиб стержней.	8	3-4	2	4	0	
12.	Тема 12. Прогибы и углы поворота в стержне переменного сечения.	8	5-6	2	4	0	тестирование

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
13.	Тема 13. Кручение стержней.	8	7-8	2	4	0	контрольная работа
14.	Тема 14. Расчет колец.	8	9-10	2	4	0	
15.	Тема 15. Устойчивость стержней.	8	11-12	2	4	0	
16.	Тема 16. Расчет сжатых стержней на прочность и жесткость.	8	13-14	2	4	0	
17.	Тема 17. Динамический анализ устойчивости.	8	15-16	2	4	0	контрольная работа
18.	Тема 18. Колебания упругих систем.	8	17-18	2	4	0	
	Тема . Итоговая форма контроля	7		0	0	0	зачет
	Тема . Итоговая форма контроля	8		0	0	0	экзамен
	Итого			36	72	0	

## 4.2 Содержание дисциплины

### Тема 1. Основные виды напряженно-деформированного состояния.

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

Напряжение и деформация. Растяжение и сжатие. Изгиб. Срез и смятие. Кручение. Концентрация напряжений. Температурные напряжения. Напряженно-деформированные состояния.

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

Сварные и паяные соединения. Основные виды соединений. Контроль качества сварных соединений. Расчет сварных соединений при постоянных нагрузках.

### Тема 2. Механические характеристики конструкционных материалов и оценка прочности деталей.

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

Свойства при статических напряжениях. Свойства при высоких и низких температурах. Свойства при переменных напряжениях.

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

Валы. Конструктивные формы материалов валов. Основные технические требования. Нагрузки на валы и расчетные схемы. Расчет статической прочности, жесткости и устойчивости валов. Расчет на сопротивление усталости. Расчет на колебания. Критические частоты вращения валов.

### Тема 3. Малоцикловая и термическая прочность.

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

Прочность при наличии трещин. Разрушения и изломы. Оценка прочности. Запасы прочности при статических напряжениях. Запасы прочности по несущей способности.

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

Эквивалентная нагрузка и расчет долговечности подшипников. Смазывание подшипников. Не-которые причины преждевременного выхода из строя подшипников качения и методы их предотвращения.

#### **Тема 4. Запасы прочности при переменных напряжениях.**

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

Запасы длительной прочности при работе на различных режимах. Запасы выносливости при работе на различных режимах.

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

Расчет на ударную нагрузку Тарельчатые пружины. Прорезные пружины. Кольцевые пружины. Кольцевые волнистые пружины. Резиновые упругие элементы.

#### **Тема 5. Резьбовые соединения.**

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

Материалы, покрытия и контроль крепежных деталей. Упрощенный расчет соединений. Уточненный расчет соединений. Расчет напряжений кручения.

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

Статическое распределение усилий между зубьями. Динамические усилия на зубьях при крутильных колебаниях и резонансные режимы. Динамические усилия на зубьях при пересопряжении.

#### **Тема 6. Выбор предварительной затяжки.**

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

Распределение нагрузки по виткам резьбы и концентрация напряжений в соединениях. Прочность при постоянных нагрузках. Прочность при переменных нагрузках.

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

Особенности расчета передач с косыми, шевронными, коническими зубьями и передач М.Л. Новикова. Косозубые и шевронные передачи. Конические передачи. Передача М.Л. Новикова.

#### **Тема 7. Фланцевые соединения.**

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

Типы фланцевых соединений. Упрощенный расчет. Уточненный расчет соединений с не контактирующими фланцами. Напряженное состояние фланца и трубы.

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

Ременные передачи. Материалы и конструкции приводных клиновых ремней. Механика ременной передачи. Расчет ременных передач. Передачи с зубчатыми ремнями. Порядок расчета и проектирования ременных передач.

#### **Тема 8. Шпоночные и шлицевые соединения.**

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

Шпоночные соединения. Шлицевые соединения. Расчет шлицевых соединений на прочность. Изнашивание соединений.

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

Расчет деталей поршневых двигателей. Расчет коленчатых валов. Расчет шатунов. Расчет поршневого пальца. Расчет поршневых колец. Расчет днища поршня. Прочность элементов корпуса. Расчет клапанных пружин.

#### **Тема 9. Соединения деталей с гарантированным натягом.**

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

Условия неподвижности и контактные давления в соединениях. Расчетный и потребный натяги. Прочность при переменных нагрузках.

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

Равнопрочные лопатки. Охлаждаемые лопатки. Изгибные колебания лопаток. Закрученные лопатки. Шарнирные лопатки. Бандажированные лопатки. Расчет замков лопаток. Вибрация лопаток.

#### **Тема 10. Напряжения и деформации в диске постоянной толщины.**

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

Напряжения и деформации в диске переменной толщины. Определение напряжений и деформаций в элементах конструкций.

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

Крутильные колебания. Изгибные колебания. Частоты собственных колебаний некоторых динамических систем.

**Тема 11. Изгиб стержней.**

**лекционное занятие (2 часа(ов)):**

Перерезывающая сила и изгибающий момент. Напряжения и деформации при изгибе. Упругая линия стержня. Определение прогибов с помощью интеграла Мора.

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

Расчет пластинок. Круглые пластинки. Прорывные мембраны. Прямоугольные пластинки. Расчет на прочность цилиндрических оболочек. Основные зависимости. Расчет длинных оболочек. Расчет коротких оболочек. Температурные напряжения в оболочке.

**Тема 12. Прогибы и углы поворота в стержне переменного сечения.**

**лекционное занятие (2 часа(ов)):**

Изгиб стержня с учетом пластических деформаций.

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

Устойчивость пластинок и оболочек при температурных напряжениях. Устойчивость анизотропных оболочек. Устойчивость подкрепленных оболочек.

**Тема 13. Кручение стержней.**

**лекционное занятие (2 часа(ов)):**

Круглый вал. Стержень с эллиптическим поперечным сечением. Стержни прямоугольного сечения и тонкостенные. Распределение касательных напряжений. Учет пластических деформаций. Трубочатые стержни.

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

Расчет конструкций с учетом пластичности и ползучести. Уравнения упругости. Уравнения пластичности. Уравнения ползучести. Расчет конструкций на прочность с учетом пластичности и ползучести (простое нагружение). Расчет на прочность конструкций при сложном нагружении

**Тема 14. Расчет колец.**

**лекционное занятие (2 часа(ов)):**

Плоская деформация колец. Осесимметричная деформация колец.

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

Концентрация напряжений и деформаций в условиях пластических деформаций и ползучести. Концентрация напряжений в элементах конструкций.

**Тема 15. Устойчивость стержней.**

**лекционное занятие (2 часа(ов)):**

Формула Эйлера. Общий случай расчета критической нагрузки. Таблицы для расчета критической нагрузки. Влияние начального прогиба и внецентренного приложения силы на выпучивание стержня.

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

Расчет на прочность при сложном напряженном состоянии. Критерии статической прочности. Критерии длительной и малоцикловой прочности.

**Тема 16. Расчет сжатых стержней на прочность и жесткость.**

**лекционное занятие (2 часа(ов)):**

Потеря устойчивости при упругопластических деформациях. Выпучивание стержня при упругопластических деформациях.

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

Вероятность разрушения и запасы прочности. Вероятность разрушения. Вероятность разрушения при произвольных законах распределения напряжений и пределов прочности. Статистические запасы прочности.



**Тема 17. Динамический анализ устойчивости.****лекционное занятие (2 часа(ов)):**

Действие следящих нагрузок. Потеря устойчивости при нагреве. Потеря устойчивости плоской формы изгиба. Потеря устойчивости при скручивании.

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

Общая закономерность изменения интенсивности отказов по времени наработки. Прогнозируемая вероятность безотказной работы. Экспоненциальный закон надежности. Нормальное распределение времени безотказной работы.

**Тема 18. Колебания упругих систем.****лекционное занятие (2 часа(ов)):**

Основные понятия. Метод динамических жесткостей. Определение собственных частот системы методом динамических жесткостей.

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

Анализ надежности системы с несколькими параллельно работающими элементами. Расчет числа изделий, находящихся в эксплуатации. Количественные показатели надежности.

**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. Основные виды напряженно-деформированного состояния.	7	1-2	выполнение домашнего задания	2	домашнее задание
2.	Тема 2. Механические характеристики конструкционных материалов и оценка прочности деталей.	7	3-4	выполнение домашнего задания	2	домашнее задание
3.	Тема 3. Малоцикловая и термическая прочность.	7	5-6	выполнение домашнего задания	1	домашнее задание
				подготовка к тестированию	1	тестирование
4.	Тема 4. Запасы прочности при переменных напряжениях.	7	7-8	выполнение домашнего задания	1	домашнее задание
				подготовка к контрольной точке	1	контрольная точка
5.	Тема 5. Резьбовые соединения.	7	9-10	выполнение домашнего задания	2	домашнее задание
6.	Тема 6. Выбор предварительной затяжки.	7	11-12	выполнение домашнего задания	2	домашнее задание
7.	Тема 7. Фланцевые соединения.	7	13-14	выполнение домашнего задания	2	домашнее задание

N	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
8.	Тема 8. Шпоночные и шлицевые соединения.	7	15-16	выполнение домашнего задания	1	домашнее задание
				подготовка к контрольной работе	1	контрольная работа
9.	Тема 9. Соединения деталей с гарантированным натягом.	7	17-18	выполнение домашнего задания	2	домашнее задание
10.	Тема 10. Напряжения и деформации в диске постоянной толщины.	8	1-2	выполнение домашнего задания	2	домашнее задание
11.	Тема 11. Изгиб стержней.	8	3-4	выполнение домашнего задания	2	домашнее задание
12.	Тема 12. Прогибы и углы поворота в стержне переменного сечения.	8	5-6	выполнение домашнего задания	1	домашнее задание
				подготовка к тестированию	1	тестирование
13.	Тема 13. Кручение стержней.	8	7-8	выполнение домашнего задания	1	домашнее задание
				подготовка к контрольной работе	1	контрольная работа
14.	Тема 14. Расчет колец.	8	9-10	выполнение домашнего задания	2	домашнее задание
15.	Тема 15. Устойчивость стержней.	8	11-12	выполнение домашнего задания	2	домашнее задание
16.	Тема 16. Расчет сжатых стержней на прочность и жесткость.	8	13-14	выполнение домашнего задания	2	домашнее задание
17.	Тема 17. Динамический анализ устойчивости.	8	15-16	выполнение домашнего задания	1	домашнее задание
				подготовка к контрольной работе	1	контрольная работа
18.	Тема 18. Колебания упругих систем.	8	17-18	выполнение домашнего задания	2	домашнее задание
Итого					36	

## 5. Образовательные технологии, включая интерактивные формы обучения

Активные и интерактивные формы, лекции, практические занятия, зачеты и экзамены. В течение учебного года студенты решают задачи, указанные преподавателем, к каждому семинару.

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

### **Тема 1. Основные виды напряженно-деформированного состояния.**

домашнее задание , примерные вопросы:

Влияние основных конструктивных и технологических факторов на сопротивление усталости. Расчет на прочность при переменных нагрузках. Паяные соединения.

### **Тема 2. Механические характеристики конструкционных материалов и оценка прочности деталей.**

домашнее задание , примерные вопросы:

Подшипники качения. Основные конструкции и характеристики. Геометрические, кинематические и динамические зависимости в подшипниках качения. Грузоподъемность и расчет подшипников.

### **Тема 3. Малоцикловая и термическая прочность.**

домашнее задание , примерные вопросы:

Пружины. Общие сведения. Витые пружины. Расчет витых цилиндрических пружин. Расчет на статическую прочность. Расчет на сопротивление усталости.

тестирование , примерные вопросы:

Примерные тесты. 1. Основные виды напряженно-деформированного состояния. 1. плоское деформированное состояние 2. плоское напряженное состояние 3. полуплоское деформированное состояние 4. обобщенное плоское напряженное состояние 5. экстраординарное плоское деформированное состояние 2. К упругим константам материала относят: 1. модуль Юнга 2. модуль сдвига 3. модуль вектора 4. коэффициент Пуассона 5. коэффициент Султанова 6. модуль Саченкова 3. Как влияет сжимающее осевое напряжение в балке на первую критическую нагрузку 1. повышает 2. снижает 3. никак не влияет 4. Если - прогиб балки, - модуль Юнга материала балки, то угол поворота нормали к оси балки вычисляется по формуле (приводится ряд формул для определения перемещений и напряжений в балках, в том числе и формула для прогиба). 5. Центр изгиба балки постоянного поперечного сечения - это 1. центр тяжести поперечного сечения 2. точка приложения перерезывающей силы 3. центр тяжести балки при изгибе 4. точка торцевого поперечного сечения, при приложении к которой перерезывающей силы реализуется изгиб без кручения

### **Тема 4. Запасы прочности при переменных напряжениях.**

домашнее задание , примерные вопросы:

Зубчатые передачи Основные обозначения. Упрощенный расчет на прочность прямых зубьев. Структура расчетных формул по ГОСТ 21354-87. Нагрузки, действующие на зуб.

Неравномерность распределения нагрузки по ширине зуба.

контрольная точка , примерные вопросы:

Задачи на контрольную работу. 1. Задана функция напряжений ; выяснить, может ли она быть функцией напряжений при кручении, и если да, то какому поперечному сечению стержня и каким напряжениям она отвечает. 2. Для предыдущей задачи показать, что обнаруженные в сечении напряжения имеют равнодействующую, равную нулю, и сводятся к крутящей паре определить относительный угол закручивания стержня и вычислить наибольшие напряжения в сечении. 3. При кручении эллиптического сечения происходит его деформация, т.е. первоначально плоское поперечное сечение в процессе закручивания искривляется. Составить выражение для деформации (смещения точек поперечного сечения из плоскости), полагая, что центр сечения закреплен от деформации. Дать эскиз деформации сечения. 4. Доказать, что при закручивании любого поперечного сечения так называемый объем деформации сечения (т.е. алгебраическая сумма объемов фигуры, заключенной между искривленной поверхностью сечения и его первоначальной позицией) равен нулю. 5. Вычислить предел упругого сопротивления при свободном кручении эллиптического сечения.

### **Тема 5. Резьбовые соединения.**

домашнее задание , примерные вопросы:

Расчет зубьев на прочность при изгибе. Расчет на контактную выносливость активных поверхностей зубьев. Работа передач при различных режимах.

### **Тема 6. Выбор предварительной затяжки.**

домашнее задание , примерные вопросы:

Шариковинтовые передачи. Конструкции передач и материалы. Расчет передач.

### **Тема 7. Фланцевые соединения.**

домашнее задание , примерные вопросы:

Цепные передачи. Конструкции цепей и материалы. Силы в передаче. Выбор основных параметров передачи. Несущая способность передачи. Особенности проектирования и эксплуатации передач. Порядок расчета передачи.

### **Тема 8. Шпоночные и шлицевые соединения.**

домашнее задание , примерные вопросы:

Расчет деталей турбомашин. Расчет лопаток на растяжение от центробежных сил. Расчет лопаток на изгиб. Запас прочности профилей части лопатки.

контрольная работа , примерные вопросы:

1. Провести расчет на прочность длинной стальной трехслойной цилиндрической трубы, температура меняется по линейному закону. 2. Для тонкой пластинки (случай плоского напряженного состояния) известна следующая система деформаций (приводится), где  $A, B, C, D$  ? постоянные. Проверьте, отвечает ли заданная система деформаций условиям совместности. 3. Заданы функции (приводятся). Выяснить, могут ли они быть приняты за функции напряжений при решении плоской задачи теории упругости условиям сплошности тела в процессе деформаций. 4. Показать, что функция (приводится) может быть принята за функцию напряжений и что такой функции соответствует во всех точках тела равенство нулю касательных напряжений. 5. Стальной цилиндр подвергается снаружи и изнутри одинаковым давлениям. Построить эпюры окружных и радиальных напряжений по толщине цилиндра.

### **Тема 9. Соединения деталей с гарантированным натягом.**

домашнее задание , примерные вопросы:

Расчет дисков. Напряжения на контуре. Запасы прочности диска. Профилирование равнопрочных дисков. Основные уравнения при расчете дисков.

### **Тема 10. Напряжения и деформации в диске постоянной толщины.**

домашнее задание , примерные вопросы:

Критические частоты вращения валов. Вал с одним диском. Вал с несколькими дисками. Вал с непрерывно распределенными массами.

### **Тема 11. Изгиб стержней.**

домашнее задание , примерные вопросы:

Устойчивость пластинок, колец и оболочек. Устойчивость пластинок. Устойчивость колец. Устойчивость цилиндрических оболочек. Устойчивость конических оболочек. Устойчивость сферических и эллипсоидальных оболочек.

## **Тема 12. Прогибы и углы поворота в стержне переменного сечения.**

домашнее задание , примерные вопросы:

Численные методы расчета конструкций. Вариационные уравнения. Вариационно-разностный метод. Метод конечных элементов. Динамические расчеты.

тестирование , примерные вопросы:

Примерные вопросы к тестам. 1. Как влияет температура на вязкие свойства материалов: 1. усиливает их; 2. ослабляет их; 3. не влияет. 2. Равнопрочная лопатка ? это лопатка, в которой: 1. напряжения в любой точке одинаковы; 2. перемещения в любой точке одинаковы; 3. интенсивность напряжений в любой точке одинакова. 3. Расчет на прочность крыла самолета проводится с учетом: 1. только аэродинамических нагрузок; 2. только с учетом инерционных нагрузок; 3. с учетом аэродинамических и инерционных нагрузок. 4. При расчете лопаток турбомашин на изгиб максимальные напряжения возникают: 1. в зоне крепления лопатки; 2. в центральной части лопатки; 3. по свободному краю лопатки.

## **Тема 13. Кручение стержней.**

домашнее задание , примерные вопросы:

Концентрация напряжений и деформаций в деталях машин. Основные понятия. Концентрация напряжений около отверстий. Концентрация напряжений в плоских и осесимметричных вы-точках и галтелях.

контрольная точка , примерные вопросы:

Задачи на контрольную работу. 1. Для заданных геометрических параметров паянного соединения провести его расчет на прочность при переменных нагрузках. 2. Для заданных геометрических параметров сварного соединения провести его расчет на прочность при постоянных нагрузках. 3. Для заданных геометрических параметров ступенчатого вала провести расчет его статической прочности, жесткости и устойчивости. 4. Для заданных параметров подшипника качения провести расчет его грузоподъемности.

## **Тема 14. Расчет колец.**

домашнее задание , примерные вопросы:

Контактные задачи. Контакт деталей простой формы. Конструкционные контактные задачи. Общий метод решения конструкционных контактных задач. Оценка прочности и надежности.

## **Тема 15. Устойчивость стержней.**

домашнее задание , примерные вопросы:

Расчет на усталость. Основные закономерности сопротивления усталости. Определение пределов выносливости деталей. Условия сопротивления усталости. Определение запасов прочности при усталости. Статистические модели усталости.

## **Тема 16. Расчет сжатых стержней на прочность и жесткость.**

домашнее задание , примерные вопросы:

Элементы теории надежности. Основные понятия. Правила надежности. Вероятность безотказной работы, плотность распределения и интенсивность отказов. Основное уравнение теории надежности.

## **Тема 17. Динамический анализ устойчивости.**

домашнее задание , примерные вопросы:

Распределение Вейбулла для времени безотказной работы. Надежность системы последовательных элементов. Надежность системы параллельных элементов.

контрольная работа , примерные вопросы:

Задачи на контрольную работу. 1. Для заданных геометрических параметров пружины провести расчет на статическую прочность. 2. Для заданных геометрических параметров зубчатой передачи провести упрощенный расчет на прочность прямых зубьев. 3. Провести расчет зуба (зубчатой передачи) на прочность при изгибе. 4. Определить геометрические параметры диска равного сопротивления при вращении.

## **Тема 18. Колебания упругих систем.**

домашнее задание , примерные вопросы:

Технологические методы повышения долговечности деталей машин. Остаточные напряжения. Упрочнение деталей машин поверхностным пластическим деформированием. Термическая и химико-термическая обработка. Определение остаточных напряжений.

**Тема . Итоговая форма контроля**

**Тема . Итоговая форма контроля**

Примерные вопросы к зачету и экзамену:

Примерные вопросы к зачету.

1. Сварные и паяные соединения. Основные виды соединений. Контроль качества сварных соединений. Расчет сварных соединений при постоянных нагрузках.
2. Влияние основных конструктивных и технологических факторов на сопротивление усталости. Расчет на прочность при переменных нагрузках. Паяные соединения.
3. Валы. Конструктивные формы материалы валов. Основные технические требования. Нагрузки на валы и расчетные схемы. Расчет статической прочности, жесткости и устойчивости валов. Расчет на сопротивление усталости. Расчет на колебания. Критические частоты вращения валов.
4. Подшипники качения. Основные конструкции и характеристики. Геометрические, кинематические и динамические зависимости в подшипниках качения. Грузоподъемность и расчет подшипников.
5. Эквивалентная нагрузка и расчет долговечности подшипников. Смазывание подшипников. Некоторые причины преждевременного выхода из строя подшипников качения и методы их предотвращения.
6. Пружины. Общие сведения. Витые пружины. Расчет витых цилиндрических пружин. Расчет на статическую прочность. Расчет на сопротивление усталости.
7. Расчет на ударную нагрузку Тарельчатые пружины. Прорезные пружины. Кольцевые пружины. Кольцевые волнистые пружины. Резиновые упругие элементы.
8. Зубчатые передачи Основные обозначения. Упрощенный расчет на прочность прямых зубьев. Структура расчетных формул по ГОСТ 21354-87. Нагрузки, действующие на зуб. Неравномерность распределения нагрузки по ширине зуба.
9. Статическое распределение усилий между зубьями. Динамические усилия на зубьях при крутильных колебаниях и резонансные режимы. Динамические усилия на зубьях при пересопрежении.
10. Расчет зубьев на прочность при изгибе. Расчет на контактную выносливость активных поверхностей зубьев. Работа передач при различных режимах.
11. Особенности расчета передач с косыми, шевронными, коническими зубьями и передач М.Л. Новикова. Косозубые и шевронные передачи. Конические передачи. Передача М.Л. Новикова.
12. Шариковинтовые передачи. Конструкции передач и материалы. Расчет передач.
13. Ременные передачи. Материалы и конструкции приводных клиновых ремней. Механика ременной передачи. Расчет ременных передач. Передачи с зубчатыми ремнями. Порядок расчета и проектирования ременных передач.
14. Цепные передачи. Конструкции цепей и материалы. Силы в передаче. Выбор основных параметров передачи. Несущая способность передачи. Особенности проектирования и эксплуатации передач. Порядок расчета передачи.
15. Расчет деталей поршневых двигателей. Расчет коленчатых валов. Расчет шатунов. Расчет поршневого пальца. Расчет поршневых колец. Расчет днища поршня. Прочность элементов корпуса. Расчет клапанных пружин.
16. Расчет деталей турбомашин. Расчет лопаток на растяжение от центробежных сил. Расчет лопаток на изгиб. Запас прочности профильной части лопатки.
17. Равнопрочные лопатки. Охлаждаемые лопатки. Изгибные колебания лопаток. Закрученные лопатки. Шарнирные лопатки. Бандажированные лопатки. Расчет замков лопаток. Вибрация лопаток.

18. Расчет дисков. Напряжения на контуре. Запасы прочности диска. Профилирование равнопрочных дисков. Основные уравнения при расчете дисков.

Примерные вопросы к экзамену.

1. Основные виды напряженно-деформированного состояния. Напряжение и деформация. Растяжение и сжатие. Изгиб. Срез и смятие. Кручение. Концентрация напряжений. Температурные напряжения. Напряженно-деформированные состояния.
2. Механические характеристики конструкционных материалов и оценка прочности деталей. Свойства при статических напряжениях. Свойства при высоких и низких температурах. Свойства при переменных напряжениях.
3. Малоцикловая и термическая прочность. Прочность при наличии трещин. Разрушения и изломы. Оценка прочности. Запасы прочности при статических напряжениях. Запасы прочности по несущей способности.
4. Запасы прочности при переменных напряжениях. Запасы длительной прочности при работе на различных режимах. Запасы выносливости при работе на различных режимах.
5. Резьбовые соединения. Материалы, покрытия и контроль крепежных деталей. Упрощенный расчет соединений. Уточненный расчет соединений. Расчет напряжений кручения.
6. Выбор предварительной затяжки. Распределение нагрузки по виткам резьбы и концентрация напряжений в соединениях. Прочность при постоянных нагрузках. Прочность при переменных нагрузках.
7. Фланцевые соединения. Типы фланцевых соединений. Упрощенный расчет. Уточненный расчет соединений с не контактирующими фланцами. Напряженное состояние фланца и трубы.
8. Шпоночные и шлицевые соединения. Шпоночные соединения. Шлицевые соединения. Расчет шлицевых соединений на прочность. Изнашивание соединений.
9. Соединения деталей с гарантированным натягом. Условия неподвижности и контактные давления в соединениях. Расчетный и потребный натяги. Прочность при переменных нагрузках.

### 7.1. Основная литература:

Практические занятия по механике сплошной среды : учебно-методическое пособие / Казан. (Приволж.) федер. ун-т ; [сост. к.ф.-м.н. К. А. Поташев] .- Казань : [Казанский университет], 2010 .- 43 с.

Николаенко В.Л. Механика - М: Новое знание, 2011. - 636 с.,  
<http://e.lanbook.com/view/book/2911/>

Покровский В.В. Механика. Методы решения задач: учебное пособие. - М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012. - 253 с. <http://e.lanbook.com/view/book/8713/>

### 7.2. Дополнительная литература:

Нигматулин, Роберт Искандерович. Механика сплошной среды, Кинематика. Динамика. Термодинамика. Статистическая динамика: учебник для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальности 010701 "Фундаментальная механика и механика" и направлению подготовки 010800 "Механика и математическое моделирование" / Р. И. Нигматулин. - Москва: ГЭОТАР-Медиа, 2014. - 639 с.

Темам Р., Миранвиль А., Математическое моделирование в механике сплошных сред. - 2-е изд. - М.: Бинوم. Лаборатория знаний, 2014. - 319 с.

<http://e.lanbook.com/view/book/50538/>

Семенов, В. П. Основы механики жидкости [Электронный ресурс] : учеб. пособие / В. П. Семенов. - М. : ФЛИНТА, 2013. - 375 с. - <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=462982>

### 7.3. Интернет-ресурсы:

А.Ю.Чеботарев ВВЕДЕНИЕ В МЕХАНИКУ СПЛОШНЫХ СРЕД -

[imcs.dvgu.ru/struc/kmf/download/mss.pdf](http://imcs.dvgu.ru/struc/kmf/download/mss.pdf)

Курс механики сплошных сред - <http://www.studfiles.ru/dir/cat41/subj1523.html>

Лекции по механике сплошных сред - <http://www.studfiles.ru/dir/cat41/subj1523.html>

Седов Л.И. Механика сплошной среды. Том 1 - <http://www.studfiles.ru/dir/cat41/subj1523.html>

Седов Л.И. Механика сплошной среды. Том 2 - <http://www.studfiles.ru/dir/cat41/subj1523.html>

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

Освоение дисциплины "Основы прочности конструкций" 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.

Лабораторные установки для изучения свойств деформируемых твердых тел.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВПО и учебным планом по направлению 15.03.03 "Прикладная механика" и профилю подготовки Динамика, прочность машин, приборов и аппаратуры .



Автор(ы):

Бережной Д.В. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.

Рецензент(ы):

Кузнецов С.А. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.