

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего 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**  
Теория пластин и оболочек Б1.В.ДВ.5

Направление подготовки: 01.03.03 - Механика и математическое моделирование

Профиль подготовки: Общий профиль

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очное

Язык обучения: русский

**Автор(ы):**

Великанов П.Г. , Саченков А.А.

**Рецензент(ы):**

Коноплев Ю.Г.

**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

Казань  
2018

## 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) Великанов П.Г. Кафедра теоретической механики отделение механики , Petr.Velikanov@kpfu.ru ; доцент, к.н. (доцент) Саченков А.А. Кафедра теоретической механики отделение механики , Andrei.Sachenkov@kpfu.ru

### 1. Цели освоения дисциплины

Усвоение специфических особенностей постановки и решения задач теории упругости применительно к тонкостенным элементам конструкций, умение классифицировать пластины и оболочки в соответствии с их геометрией и характером деформирования; понимание смысла гипотез Кирхгофа - Лява ; знание основных разрешающих уравнений изгиба пластины и оболочки при малых и больших прогибах, линеаризованных уравнений Кармана для пластины и оболочки; понимание различий в поведении пластины и оболочки при нагружении ; знание основных методов решения задач изгиба пластин и оболочек , получение и последующее применение студентами ключевых представлений постановки краевых задач теории оболочек, получающих большие прогибы при упругом соотношении между напряжениями и деформациями

В курсе систематически излагаются основы нелинейной теории тонких упругих оболочек. Основное внимание уделено изложению теории, основанной на гипотезах Кирхгофа.

Изложение теории иллюстрируется примерами вывода основных соотношений для тонких оболочек простой геометрии. Из общих соотношений нелинейной теории путем их линеаризации выводятся соотношения линейной теории оболочек

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

Данная учебная дисциплина включена в раздел "Б1.В.ДВ.5 Дисциплины (модули)" основной образовательной программы 01.03.03 Механика и математическое моделирование и относится к дисциплинам по выбору. Осваивается на 4 курсе, 7, 8 семестры.

Дисциплина "Теория пластин и оболочек", с одной стороны, подкрепляет на практических примерах теоретические сведения из цикла профессиональных дисциплин; с другой стороны, даёт навыки практического использования и проверки механических гипотез и следствий из них и сопоставления теоретических решений краевых задач с экспериментальными данными.

Дисциплина основывается на знаниях, полученных при освоении дисциплин: Математический анализ; Дифференциальные уравнения; Дифференциальная геометрия; Уравнения математической физики; Общая физика; Теоретическая и прикладная механика; Основы МСС.

Знания и навыки, полученные при выполнении задач "Теория пластин и оболочек", используются студентами при выполнении курсовых , выпускных работ бакалавра, магистерских диссертаций.

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

В результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции:

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ПК-1 (профессиональные компетенции)	способностью к определению общих форм, закономерностей, инструментальных средств отдельной предметной области.
ПК-10 (профессиональные компетенции)	понимание корректности постановок задач .

Шифр компетенции	Расшифровка приобретаемой компетенции
ПК-12 (профессиональные компетенции)	глубокое понимание сути точности фундаментального знания.
ПК-18 (профессиональные компетенции)	умением публично представить собственные и известные научные результаты .
ПК-20 (профессиональные компетенции)	владением методами математического и алгоритмического моделирования при решении прикладных и инженерно-технических задач .
ПК-7 (профессиональные компетенции)	умением грамотно пользоваться языком предметной области .

В результате освоения дисциплины студент:

1. должен знать:

разбираться в классификации пластин в соответствии с их геометрией и характером деформирования;

понимать смысл гипотез Кирхгофа-Лява;

понимать специфику решения задачи теории упругости в напряжениях применительно к изучаемому объекту;

основные методы решения задачи изгиба пластины и оболочки.

Студенты, завершившие изучение данной дисциплины должны: 1.понимать сущность постановок задач нелинейной теории оболочек,2.обладать теоретическими знаниями по нелинейной теории оболочек.

2. должен уметь:

Студенты, завершившие изучение данной дисциплины должны: проводить параметризацию поверхности, для практических задач из общих соотношений получать основные соотношения, определяющие компоненты тензоров деформаций и напряжений; уравнения равновесия и граничные условия.

3. должен владеть:

Студенты, завершившие изучение данной дисциплины должны: проводить линеаризацию уравнений равновесия и граничных условий, знать основные методы решения нелинейных уравнений..

4. должен продемонстрировать способность и готовность:

владеть основными компетенциями.

Классифицировать конструкционные материалы по их физическим, механическим и химическим свойствам. Ориентироваться во всем многообразии современных конструкционных материалов и уметь учитывать их свойства в рамках предполагаемого назначения проектируемой конструкции. Владеть современными методами анализа свойств материалов. знать специфику соответствующих лабораторных исследований. Уметь применять полученные знания для расчета конкретных конструкционных элементов и конструкций в целом.

#### 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; 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. Некоторые сведения из теории упругости. Уравнения равновесия. Физические и геометрические соотношения. Статические граничные условия. Решение задачи теории упругости в напряжениях. Уравнения Бельтрами-Митчела. Решение в перемещениях. Уравнения равновесия в форме Ляме. Уравнения смешанного типа.	7	1-2	2	2	0	Устный опрос

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
2.	Тема 2. Классификация пластин по геометрии и характеру нагружения. Гипотезы Кирхгофа-Лява. Слабый изгиб пластины без деформации срединного слоя. Напряжения в пластине. Эпюры напряжений. Противоречия гипотез Кирхгофа-Лява. Изгибная жесткость пластины. Обобщенные усилия и моменты. Изменения кривизн и кручение срединного слоя. Уравнение слабого изгиба пластины при поперечной нагрузке в форме Софии Жермен.	7	3-5	3	3	0	Устный опрос
3.	Тема 3. Формулировка граничных условий. Граничные условия Кирхгофа для пластины в случае жесткой заделки, шарнирного опирания и свободного края. Решение задачи изгиба пластины под синусоидальной нагрузкой. Изгиб круглой пластины. Методы Навье и Леви решения задачи изгиба пластины при произвольной поперечной нагрузке.	7	5-8	3	3	0	Письменное 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. Слабый изгиб пластины с деформацией срединного слоя. Искривления и деформации срединного слоя. Мембранные усилия. Разделение напряжений на мембранные и изгибные. Функция усилий. Примеры решения плоской задачи теории упругости применительно к пластине.	7	9-10	2	2	0	Устный опрос
5.	Тема 5. Большие прогибы пластины. Уточнение геометрических соотношений. Уравнения Кармана. Граничные условия. Постановка задачи устойчивости пластины. Линеаризованные уравнения Кармана. Безмоментное докритическое состояние пластины. Уравнение нейтрального равновесия.	7	11-13	3	3	0	Письменное домашнее задание
6.	Тема 6. Частные случаи решения задачи устойчивости пластины. Устойчивость пластины при одностороннем сжатии, всестороннем сжатии и сдвиге. Поправки к элементарной теории симметричного изгиба круглой пластины. Теорема Папковича.	7	14-15	2	2	0	Устный опрос

N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
7.	Тема 7. Большие прогибы круговой цилиндрической оболочки. Обобщенные усилия и моменты. Уравнения равновесия. Введение функции усилий. Понятие пологости. Уравнения равновесия пологих оболочек. Безмоментные уравнения цилиндрической оболочки. Цилиндрическая оболочка при всестороннем сжатии. Моментные уравнения при малых прогибах. Цилиндрическая оболочка под действием кольцевой нагрузки.	7	16-18	3	3	0	Контрольная работа
8.	Тема 8. Теория поверхностей. Сведения из дифференциальной геометрии и тензорного анализа.	8	1-4	8	8	0	Письменное домашнее задание
9.	Тема 9. Основные дифференциальные зависимости теории поверхностей.	8	5-7	6	6	0	Письменное домашнее задание
10.	Тема 10. Теория деформации оболочки. (Геометрические соотношения).	8	7-9	6	6	0	Письменное домашнее задание
11.	Тема 11. Статическое исследование работы оболочки.	8	10-14	8	8	0	Письменное домашнее задание
12.	Тема 12. Физические соотношения теории оболочек. Пути решения проблемы теории оболочек.	8	15-18	8	8	0	Письменное домашнее задание
.	Тема . Итоговая форма контроля	7		0	0	0	Зачет



N	Раздел Дисциплины/ Модуля	Семестр	Неделя семестра	Виды и часы аудиторной работы, их трудоемкость (в часах)			Текущие формы контроля
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	
	Тема . Итоговая форма контроля	8		0	0	0	Зачет
	Итого			54	54	0	

#### 4.2 Содержание дисциплины

**Тема 1. Некоторые сведения из теории упругости. Уравнения равновесия. Физические и геометрические соотношения. Статические граничные условия. Решение задачи теории упругости в напряжениях. Уравнения Бельтрами-Митчела. Решение в перемещениях. Уравнения равновесия в форме Ляме. Уравнения смешанного типа.**

**лекционное занятие (2 часа(ов)):**

Некоторые сведения из теории упругости. Уравнения равновесия. Физические и геометрические соотношения. Статические граничные условия. Решение задачи теории упругости в напряжениях. Уравнения Бельтрами-Митчела. Решение в перемещениях. Уравнения равновесия в форме Ляме. Уравнения смешанного типа.

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

Статические граничные условия. Решение задачи теории упругости в напряжениях. Уравнения Бельтрами-Митчела. Решение в перемещениях.

**Тема 2. Классификация пластин по геометрии и характеру нагружения. Гипотезы Кирхгофа-Лява. Слабый изгиб пластины без деформации срединного слоя. Напряжения в пластине. Эпюры напряжений. Противоречия гипотез Кирхгофа-Лява. Изгибная жесткость пластины. Обобщенные усилия и моменты. Изменения кривизн и кручение срединного слоя. Уравнение слабого изгиба пластины при поперечной нагрузке в форме Софии Жермен.**

**лекционное занятие (3 часа(ов)):**

Классификация пластин по геометрии и характеру нагружения. Гипотезы Кирхгофа-Лява. Слабый изгиб пластины без деформации срединного слоя. Напряжения в пластине. Эпюры напряжений. Противоречия гипотез Кирхгофа-Лява. Изгибная жесткость пластины. Обобщенные усилия и моменты. Изменения кривизн и кручение срединного слоя. Уравнение слабого изгиба пластины при поперечной нагрузке в форме Софии Жермен.

**практическое занятие (3 часа(ов)):**

Уравнение слабого изгиба пластины при поперечной нагрузке в форме Софии Жермен.

**Тема 3. Формулировка граничных условий. Граничные условия Кирхгофа для пластины в случае жесткой заделки, шарнирного опирания и свободного края. Решение задачи изгиба пластины под синусоидальной нагрузкой. Изгиб круглой пластины. Методы Навье и Леви решения задачи изгиба пластины при произвольной поперечной нагрузке.**

**лекционное занятие (3 часа(ов)):**

Формулировка граничных условий. Граничные условия Кирхгофа для пластины в случае жесткой заделки, шарнирного опирания и свободного края. Решение задачи изгиба пластины под синусоидальной нагрузкой. Изгиб круглой пластины. Методы Навье и Леви решения задачи изгиба пластины при произвольной поперечной нагрузке.

**практическое занятие (3 часа(ов)):**

Решение задачи изгиба пластины под синусоидальной нагрузкой. Изгиб круглой пластины. Методы Навье и Леви решения задачи изгиба пластины при произвольной поперечной нагрузке.

**Тема 4. Слабый изгиб пластины с деформацией срединного слоя. Искривления и деформации срединного слоя. Мембранные усилия. Разделение напряжений на мембранные и изгибные. Функция усилий. Примеры решения плоской задачи теории упругости применительно к пластине.**

**лекционное занятие (2 часа(ов)):**

Слабый изгиб пластины с деформацией срединного слоя. Искривления и деформации срединного слоя. Мембранные усилия. Разделение напряжений на мембранные и изгибные. Функция усилий. Примеры решения плоской задачи теории упругости применительно к пластине.

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

Функция усилий. Примеры решения плоской задачи теории упругости применительно к пластине.

**Тема 5. Большие прогибы пластины. Уточнение геометрических соотношений. Уравнения Кармана. Граничные условия. Постановка задачи устойчивости пластины. Линеаризованные уравнения Кармана. Безмоментное докритическое состояние пластины. Уравнение нейтрального равновесия.**

**лекционное занятие (3 часа(ов)):**

Большие прогибы пластины. Уточнение геометрических соотношений. Уравнения Кармана. Граничные условия. Постановка задачи устойчивости пластины. Линеаризованные уравнения Кармана. Безмоментное докритическое состояние пластины. Уравнение нейтрального равновесия.

**практическое занятие (3 часа(ов)):**

Безмоментное докритическое состояние пластины. Уравнение нейтрального равновесия.

**Тема 6. Частные случаи решения задачи устойчивости пластины. Устойчивость пластины при одностороннем сжатии, всестороннем сжатии и сдвиге. Поправки к элементарной теории симметричного изгиба круглой пластины. Теорема Папковича.**

**лекционное занятие (2 часа(ов)):**

Частные случаи решения задачи устойчивости пластины. Устойчивость пластины при одностороннем сжатии, всестороннем сжатии и сдвиге. Поправки к элементарной теории симметричного изгиба круглой пластины. Теорема Папковича.

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

Устойчивость пластины при одностороннем сжатии, всестороннем сжатии и сдвиге.

**Тема 7. Большие прогибы круговой цилиндрической оболочки. Обобщенные усилия и моменты. Уравнения равновесия. Введение функции усилий. Понятие пологости. Уравнения равновесия пологих оболочек. Безмоментные уравнения цилиндрической оболочки. Цилиндрическая оболочка при всестороннем сжатии. Моментные уравнения при малых прогибах. Цилиндрическая оболочка под действием кольцевой нагрузки.**

**лекционное занятие (3 часа(ов)):**

Большие прогибы круговой цилиндрической оболочки. Обобщенные усилия и моменты. Уравнения равновесия. Введение функции усилий. Понятие пологости. Уравнения равновесия пологих оболочек. Безмоментные уравнения цилиндрической оболочки. Цилиндрическая оболочка при всестороннем сжатии. Моментные уравнения при малых прогибах. Цилиндрическая оболочка под действием кольцевой нагрузки.

**практическое занятие (3 часа(ов)):**

Цилиндрическая оболочка при всестороннем сжатии. Моментные уравнения при малых прогибах. Цилиндрическая оболочка под действием кольцевой нагрузки.

**Тема 8. Теория поверхностей. Сведения из дифференциальной геометрии и тензорного анализа.**

**лекционное занятие (8 часа(ов)):**

Параметрическое уравнение поверхности. Векторы, касательные к координатным линиям. Первая квадратичная форма поверхности. Первый метрический тензор поверхности. Основной и взаимный базисы. Дискриминантный тензор поверхности. Расстояние вдоль линии между двумя точками линии, заданной на поверхности. Элемент площади поверхности. Определение угла между линиями на поверхности. Зависимости между ковариантными и контравариантными компонентами метрического тензора поверхности. Вторая квадратичная форма поверхности. Сопровождающий трехгранник. Формула Френе. Нормальная кривизна поверхности. Второй метрический тензор поверхности. Главные направления и главные кривизны поверхности. Средняя и Гауссова кривизны поверхности. Эллиптические, гиперболические и параболические точки поверхности. Поверхности положительной, нулевой и отрицательной Гауссовой кривизны

**практическое занятие (8 часа(ов)):**

Из уравнений поверхности найти первую и вторую квадратичную форму, среднюю и гауссову кривизны для конкретных оболочек.

**Тема 9. Основные дифференциальные зависимости теории поверхностей.**

**лекционное занятие (6 часа(ов)):**

Деривационные формулы Гаусса-Вейнгартена. Символы Кристоффеля первого и второго рода. Ковариантные производные векторов. Ковариантные производные тензоров второй валентности. Третья квадратичная форма поверхности. Соотношения Гаусса-Кодации для поверхности. Основные дифференциальные зависимости теории поверхностей.

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

Получить зависимости между тензорами поверхности.

**Тема 10. Теория деформации оболочки.(Геометрические соотношения).**

**лекционное занятие (6 часа(ов)):**

Способ задания координат материальных частиц тонкой оболочки. Пространственный фундаментальный метрический тензор. Геометрическая теория деформации оболочки. Построение модели деформирования оболочки на основе гипотез Кирхгофа-Лява. Тензор тангенциальных деформаций. Тензор изгибных деформаций. Компоненты второго метрического тензора деформированной поверхности. Физические компоненты тензора. Геометрический смысл ковариантных компонент тензоров тангенциальных и изгибных деформаций. Геометрические соотношения теории оболочек в ортогональной системе координат.

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

Получить тензора деформаций для гипотезы С.П.Тимошенко.

**Тема 11. Статическое исследование работы оболочки.**

**лекционное занятие (8 часа(ов)):**

Определение символов Кристоффеля второго рода в ортогональной системе координат. Формулы дифференцирования векторов базиса поверхности в ортогональной системе координат. Соотношения Гаусса-Кодации в линиях кривизны. Определение компонент тензоров тангенциальных и изгибных деформаций в линиях кривизны. Соотношения, определяющие компоненты тензора деформации для тонкой пластины. Определение компонент тензора деформации для линейной задачи деформирования цилиндрической оболочки

**практическое занятие (8 часа(ов)):**

Деформация срединного слоя. Определение определяющих тензоров для конкретных поверхностей.

**Тема 12. Физические соотношения теории оболочек. Пути решения проблемы теории оболочек.**

**лекционное занятие (8 часа(ов)):**

Уравнения неразрывности деформаций в теории оболочек. Тензор напряжений. Формула Вейля. Векторные уравнения равновесия тонкой оболочки. Преобразование векторных уравнений равновесия с помощью формул Остроградского-Гаусса. Векторы внутренних усилий и внутренних моментов. Тензор тангенциальных усилий. Тензор внутренних моментов. Уравнения равновесия тонкой оболочки в скалярной форме. Уравнения равновесия для линейной теории. Закон Гука для тонкой оболочки. Потенциальная энергия деформации для тонкой оболочки. Граничные условия в теории оболочек. Граничные условия в линейной теории оболочек. Теория пологих оболочек.

**практическое занятие (8 часа(ов)):**

Составить нелинейное уравнение равновесия балки и решить его для разных видов нагрузок. Зная общие уравнения равновесия записать их для конкретной оболочки.

**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. Некоторые сведения из теории упругости. Уравнения равновесия. Физические и геометрические соотношения. Статические граничные условия. Решение задачи теории упругости в напряжениях. Уравнения Бельтрами-Митчела. Решение в перемещениях. Уравнения равновесия в форме Ляме. Уравнения смешанного типа.	7	1-2	подготовка к устному опросу	3	устный опрос

N	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
2.	<p>Тема 2. Классификация пластин по геометрии и характеру нагружения. Гипотезы Кирхгофа-Лява. Слабый изгиб пластины без деформации срединного слоя. Напряжения в пластине. Эпюры напряжений. Противоречия гипотез Кирхгофа-Лява. Изгибная жесткость пластины. Обобщенные усилия и моменты. Изменения кривизн и кручение срединного слоя. Уравнение слабого изгиба пластины при поперечной нагрузке в форме Софии Жермен.</p>	7	3-5	подготовка к устному опросу	3	устный опрос
3.	<p>Тема 3. Формулировка граничных условий. Граничные условия Кирхгофа для пластины в случае жесткой заделки, шарнирного опирания и свободного края. Решение задачи изгиба пластины под синусоидальной нагрузкой. Изгиб круглой пластины. Методы Навье и Леви решения задачи изгиба пластины при произвольной поперечной нагрузке.</p>	7	5-8	подготовка домашнего задания	3	домашнее задание

N	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
4.	Тема 4. Слабый изгиб пластины с деформацией срединного слоя. Искривления и деформации срединного слоя. Мембранные усилия. Разделение напряжений на мембранные и изгибные. Функция усилий. Примеры решения плоской задачи теории упругости применительно к пластине.	7	9-10	подготовка к устному опросу	3	устный опрос
5.	Тема 5. Большие прогибы пластины. Уточнение геометрических соотношений. Уравнения Кармана. Граничные условия. Постановка задачи устойчивости пластины. Линеаризованные уравнения Кармана. Безмоментное докритическое состояние пластины. Уравнение нейтрального равновесия.	7	11-13	подготовка домашнего задания	4	домашнее задание
6.	Тема 6. Частные случаи решения задачи устойчивости пластины. Устойчивость пластины при одностороннем сжатии, всестороннем сжатии и сдвиге. Поправки к элементарной теории симметричного изгиба круглой пластины. Теорема Папковича.	7	14-15	подготовка к устному опросу	4	устный опрос

N	Раздел Дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды самостоятельной работы студентов	Трудоемкость (в часах)	Формы контроля самостоятельной работы
7.	Тема 7. Большие прогибы круговой цилиндрической оболочки. Обобщенные усилия и моменты. Уравнения равновесия. Введение функции усилий. Понятие пологости. Уравнения равновесия пологих оболочек. Безмоментные уравнения цилиндрической оболочки. Цилиндрическая оболочка при всестороннем сжатии. Моментные уравнения при малых прогибах. Цилиндрическая оболочка под действием кольцевой нагрузки.	7	16-18	подготовка к контрольной работе	4	контрольная работа
8.	Тема 8. Теория поверхностей. Сведения из дифференциальной геометрии и тензорного анализа.	8	1-4	подготовка домашнего задания	10	домашнее задание
9.	Тема 9. Основные дифференциальные зависимости теории поверхностей.	8	5-7	подготовка домашнего задания	9	домашнее задание
10.	Тема 10. Теория деформации оболочки. (Геометрические соотношения).	8	7-9	подготовка домашнего задания	9	домашнее задание
11.	Тема 11. Статическое исследование работы оболочки.	8	10-14	подготовка домашнего задания	10	домашнее задание
12.	Тема 12. Физические соотношения теории оболочек. Пути решения проблемы теории оболочек.	8	15-18	подготовка домашнего задания	10	домашнее задание
	Итого				72	

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

Активные и интерактивные формы, лекции, семинары, коллоквиумы, работа на компьютере, зачеты .

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

**Тема 1. Некоторые сведения из теории упругости. Уравнения равновесия. Физические и геометрические соотношения. Статические граничные условия. Решение задачи теории упругости в напряжениях. Уравнения Бельтрами-Митчела. Решение в перемещениях. Уравнения равновесия в форме Ляме. Уравнения смешанного типа.**

устный опрос, примерные вопросы:

Уравнения равновесия. Физические и геометрические соотношения. Статические граничные условия. Решение задачи теории упругости в напряжениях. Уравнения Бельтрами-Митчела. Решение в перемещениях. Уравнения равновесия в форме Ляме. Уравнения смешанного типа.

**Тема 2. Классификация пластин по геометрии и характеру нагружения. Гипотезы Кирхгофа-Лява. Слабый изгиб пластины без деформации срединного слоя. Напряжения в пластине. Эпюры напряжений. Противоречия гипотез Кирхгофа-Лява. Изгибная жесткость пластины. Обобщенные усилия и моменты. Изменения кривизн и кручение срединного слоя. Уравнение слабого изгиба пластины при поперечной нагрузке в форме Софии Жермен.**

устный опрос, примерные вопросы:

Гипотезы Кирхгофа-Лява. Слабый изгиб пластины без деформации срединного слоя. Напряжения в пластине. Эпюры напряжений. Противоречия гипотез Кирхгофа-Лява. Изгибная жесткость пластины. Обобщенные усилия и моменты. Изменения кривизн и кручение срединного слоя. Уравнение слабого изгиба пластины при поперечной нагрузке в форме Софии Жермен.

**Тема 3. Формулировка граничных условий. Граничные условия Кирхгофа для пластины в случае жесткой заделки, шарнирного опирания и свободного края. Решение задачи изгиба пластины под синусоидальной нагрузкой. Изгиб круглой пластины. Методы Навье и Леви решения задачи изгиба пластины при произвольной поперечной нагрузке.**

домашнее задание, примерные вопросы:

Граничные условия Кирхгофа для пластины в случае жесткой заделки, шарнирного опирания и свободного края. Решение задачи изгиба пластины под синусоидальной нагрузкой. Изгиб круглой пластины. Методы Навье и Леви решения задачи изгиба пластины при произвольной поперечной нагрузке.

**Тема 4. Слабый изгиб пластины с деформацией срединного слоя. Искривления и деформации срединного слоя. Мембранные усилия. Разделение напряжений на мембранные и изгибные. Функция усилий. Примеры решения плоской задачи теории упругости применительно к пластине.**

устный опрос, примерные вопросы:

Примеры решения плоской задачи теории упругости применительно к пластине.

**Тема 5. Большие прогибы пластины. Уточнение геометрических соотношений. Уравнения Кармана. Граничные условия. Постановка задачи устойчивости пластины. Линеаризованные уравнения Кармана. Безмоментное докритическое состояние пластины. Уравнение нейтрального равновесия.**

домашнее задание, примерные вопросы:

Уточнение геометрических соотношений. Уравнения Кармана. Граничные условия. Постановка задачи устойчивости пластины. Линеаризованные уравнения Кармана. Безмоментное докритическое состояние пластины. Уравнение нейтрального равновесия.

**Тема 6. Частные случаи решения задачи устойчивости пластины. Устойчивость пластины при одностороннем сжатии, всестороннем сжатии и сдвиге. Поправки к элементарной теории симметричного изгиба круглой пластины. Теорема Папковича.**

устный опрос, примерные вопросы:

Частные случаи решения задачи устойчивости пластины.



**Тема 7. Большие прогибы круговой цилиндрической оболочки. Обобщенные усилия и моменты. Уравнения равновесия. Введение функции усилий. Понятие пологости. Уравнения равновесия пологих оболочек. Безмоментные уравнения цилиндрической оболочки. Цилиндрическая оболочка при всестороннем сжатии. Моментные уравнения при малых прогибах. Цилиндрическая оболочка под действием кольцевой нагрузки.**

контрольная работа , примерные вопросы:

Большие прогибы круговой цилиндрической оболочки. Обобщенные усилия и моменты. Уравнения равновесия. Введение функции усилий. Понятие пологости. Уравнения равновесия пологих оболочек. Безмоментные уравнения цилиндрической оболочки. Цилиндрическая оболочка при всестороннем сжатии. Моментные уравнения при малых прогибах. Цилиндрическая оболочка под действием кольцевой нагрузки.

**Тема 8. Теория поверхностей.Сведения из дифференциальной геометрии и тензорного анализа.**

домашнее задание , примерные вопросы:

Из уравнения поверхности в параметрической форме определить коэффициенты первой и второй квадратичных форм,определить главные кривизны и символы Кристоффеля.

**Тема 9. Основные дифференциальные зависимости теории поверхностей.**

домашнее задание , примерные вопросы:

Доказать связь между средней и гауссовой кривизной поверхности и первой и и второй квадратичных форм.

**Тема 10. Теория деформации оболочки.(Геометрические соотношения).**

домашнее задание , примерные вопросы:

Темы рефератов:1.Способ задания координат материальных частиц тонкой оболочки. 2.Пространственный фундаментальный метрический тензор. 3. еометрическая теория деформации оболочки. 4.Построение модели деформирования оболочки на основе гипотез Кирхгофа-Лява. 5.Тензор тангенциальных деформаций. Тензор изгибных деформаций. Компоненты второго метрического тензора деформированной поверхности.6. Физические компоненты тензора. Геометрический смысл ковариантных компонент тензоров тангенциальных и изгибных деформаций. 7.Геометрические соотношения теории оболочек в ортогональной системе

**Тема 11. Статическое исследование работы оболочки.**

домашнее задание , примерные вопросы:

Темы рефератов: Определение символов Кристоффеля второго рода в ортогональной системе координат. Формулы дифференцирования векторов базиса поверхности в ортогональной системе координат. Соотношения Гаусса-Кодации в линиях кривизны. Определение компонент тензоров тангенциальных и изгибных деформаций в линиях кривизны. Соотношения, определяющие компоненты тензора деформации для тонкой пластины. Определение компонент тензора деформации для линейной задачи деформирования цилиндрической оболочки.

**Тема 12. Физические соотношения теории оболочек.Пути решения проблемы теории оболочек.**

домашнее задание , примерные вопросы:

Зная уравнения равновесия в общей форме получить уравнения равновесия для конкретных пластин и оболочек.Темы рефератов: Уравнения равновесия тонкой оболочки в скалярной форме. Уравнения равновесия для линейной теории. Закон Гука для тонкой оболочки. Потенциальная энергия деформации для тонкой оболочки. Граничные условия в теории оболочек. Граничные условия в линейной теории оболочек. Теория пологих оболочек домашнее задание Зная уравнения равновесия в общей форме получить уравнения равновесия для конкретных пластин и оболочек. Итоговая форма контроля

**Итоговая форма контроля**

зачет (в 7 семестре)

**Итоговая форма контроля**

зачет (в 8 семестре)

### Примерные вопросы к зачету:

Все виды текущего контроля успеваемости и аттестации по итогам освоения дисциплины оцениваются по 100-балльной рейтинговой системе, принятой к КФУ. Контрольные вопросы для проведения текущего контроля:

1. Параметрическое уравнение поверхности. Векторы, касательные к координатным линиям.
2. Тензор напряжений.
3. Первая квадратичная форма поверхности. Первый метрический тензор поверхности.
4. Векторы внутренних усилий и внутренних моментов.
5. Основной и взаимный базисы. Дискриминантный тензор поверхности.
6. Тензор тангенциальных усилий.
7. Расстояние вдоль линии между двумя точками линии, заданной на поверхности. Элемент площади поверхности. Определение угла между линиями на поверхности.
8. Геометрический смысл ковариантных компонент тензора тангенциальных деформаций.
9. Зависимости между ковариантными и контравариантными компонентами метрического тензора поверхности.
10. Геометрический смысл ковариантных компонент тензора изгибных деформаций.
11. Вторая квадратичная форма поверхности. Сопровождающий трехгранник. Формула Френе.
12. Уравнения равновесия тонкой оболочки в скалярной форме.
13. Деривационные формулы Гаусса- Вейнгартена. Символы Кристоффеля первого и второго рода.
14. Ковариантные производные векторов. Ковариантные производные тензоров второй валентности.
15. Уравнения равновесия для линейной теории.
16. Нормальная кривизна поверхности. Второй метрический тензор поверхности. Главные направления и главные кривизны поверхности.
17. Теория пологих оболочек.
18. Средняя и Гауссова кривизны поверхности. Эллиптические, гиперболические и параболические точки поверхности. Поверхности положительной, нулевой и отрицательной Гауссовой кривизны.
19. Граничные условия в линейной теории оболочек.
20. Третья квадратичная форма поверхности.
21. Граничные условия в теории оболочек.
22. Пространственный фундаментальный метрический тензор.
23. Геометрическая теория деформации оболочки.
24. Способ задания координат материальных частиц тонкой оболочки.
25. Закон Гука для тонкой оболочки.
26. Соотношения Гаусса-Кодации для поверхности.
27. Геометрические соотношения теории оболочек в ортогональной системе координат.
28. Определение символов Кристоффеля второго рода в ортогональной системе координат.
29. Векторные уравнения равновесия тонкой оболочки.
30. Преобразование векторных уравнений равновесия с помощью формул Остроградского-Гаусса.
31. Деривационные формулы Гаусса- Вейнгартена. Символы Кристоффеля первого и второго рода.
32. Построение модели деформирования оболочки на основе гипотез Кирхгофа-Лява.
33. Тензор деформаций Грина.
34. Тензор тангенциальных деформаций.

35. Потенциальная энергия деформации для тонкой оболочки.
36. Тензор изгибных деформаций.
37. Геометрические соотношения теории оболочек в ортогональной системе координат.
38. Соотношения, определяющие компоненты тензора деформации для тонкой пластины.
39. Определение компонент тензора деформации для линейной задачи деформирования цилиндрической оболочки.
40. Уравнения неразрывности деформаций в теории оболочек
41. Определение символов Кристоффеля второго рода в ортогональной системе координат.

### 7.1. Основная литература:

Динамическая устойчивость упругих пластин и оболочек: учебное пособие / [Ю. Г. Коноплев и др.]. - Казань: Казанский университет, 2012. - 79 с.

Филиппов В.А. Основы геометрии поверхностей оболочек пространственных конструкций. - М.: Физматлит, 2009. - 192 с. <http://e.lanbook.com/view/book/2153/>

Михасев Г.И., Товстик П.Е. Локализованные колебания и волны в тонких оболочках. Асимптотические методы. - М.: Физматлит, 2009. - 292 с. <http://e.lanbook.com/view/book/2264/>

Сопrotивление материалов в примерах и задачах: Учебное пособие / Н.М. Атаров. - М.: ИНФРА-М, 2010. - 407 с

<http://znanium.com/bookread.php?book=191566>

### 7.2. Дополнительная литература:

Артюхин, Юрий Павлович. Расчет ортотропных оболочек в рядах Навье-Карасева: учебное пособие-монография / Ю. П. Артюхин; Казан. федер. ун-т, Ин-т математики и механики им. Н. И. Лобачевского. - Казань: [Казанский университет], 2012. - 65 с.

Сопrotивление материалов с осн. теории упругости и пластич.: Учеб. / Г.С.Варданян, В.И.Андреев и др.; Под ред. Г.С.Варданяна, Н.М.Атарова - 2 изд., испр. и доп. - М.: ИНФРА-М, 2011. - 638 с

<http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=256769>

Шатохина, Л. П. Сопrotивление материалов. Расчёты при сложном сопротивлении [Электронный ресурс] : учеб. пособие / Л. П. Шатохина, Е. М. Сигова, Я. Ю. Белозёрова ; под общ. ред. Л. П. Шатохиной. - Красноярск : Сиб. федер. ун-т, 2012. - 140 с.

<http://znanium.com/bookread.php?book=440876>

### 7.3. Интернет-ресурсы:

Электронная библиотека - <http://crydee.sai.msu.ru/>

Электронная библиотека - <http://cnfnbrf.convex.ru/>

Электронная библиотека - <http://www.plib.ru/library/subcategory/56.html>

Электронная библиотека - <http://bookfi.org/>

Электронная библиотека - <http://vuz.exponenta.ru/>

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

Освоение дисциплины "Теория пластин и оболочек" предполагает использование следующего материально-технического обеспечения:

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 01.03.03 "Механика и математическое моделирование" и профилю подготовки Общий профиль .

Автор(ы):

Саченков А.А. \_\_\_\_\_

Великанов П.Г. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.

Рецензент(ы):

Коноплев Ю.Г. \_\_\_\_\_

"\_\_" \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.