



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования

«Дальневосточный федеральный университет»  
(ДВФУ)

**ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (ШКОЛА)**

«СОГЛАСОВАНО»

Руководитель ОП

Бочарова А.А.  
(подпись) (Ф.И.О. рук. ОП)

«29» января 2021 г.



Директор департамента компьютерно-интегрированных производственных систем

Змеу К.В.  
(подпись) (Ф.И.О. дир. деп.)

января 2021 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Механика оболочек**

**Направление подготовки: 15.04.03 Прикладная механика**

**Магистерская программа Вычислительная механика и компьютерный инжиниринг**

**Форма подготовки (очная)**

курс   1   семестр   2    
лекции  18  час.  
практические занятия  18  час.  
лабораторные работы  18  час.  
в том числе с использованием МАО лек.  4  /пр.  6  /лаб.  6  час.  
всего часов аудиторной нагрузки  54  час.  
в том числе с использованием МАО  16  час.  
самостоятельная работа  54  час.  
в том числе на подготовку к экзамену -  36  час.  
контрольные работы (количество)  
курсовая работа / курсовой проект не предусмотрены  
зачет    семестр  
экзамен  2  семестр

Рабочая программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта по направлению подготовки 15.04.03 Прикладная механика утвержденного приказом Министерства образования и науки РФ от 07.07.2015 №12-13-1282

Рабочая программа обсуждена на заседании отделения Машиностроения, морской техники и транспорта протокол № 5 от «29» января 2021г.

Директор отделения: к.т.н., доцент Грибиниченко М.В.

Составитель: к.ф.-м.н., доцент А.А.Бочарова, к.т.н., старший преподаватель А.В. Морковин

**I. Рабочая программа пересмотрена на заседании отделения:**

Протокол от «\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_\_

Директор отделения \_\_\_\_\_  
(подпись) (И.О. Фамилия)

**II. Рабочая программа пересмотрена на заседании отделения:**

Протокол от «\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_\_

Директор отделения \_\_\_\_\_  
(подпись) (И.О. Фамилия)

## **Цели и задачи освоения дисциплины**

Учебная дисциплина «Механика оболочек» предназначена для студентов 1 курса, обучающихся по направлению 15.04.03 «Прикладная механика», магистерская программа «Вычислительная механика и компьютерный инжиниринг». Дисциплина входит в вариативную часть блока «Дисциплины (модули)», является дисциплиной выбора (Б1.В.ДВ.05.02).

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 144 часа. Учебным планом предусмотрены лекционные занятия (18 часов), практические занятия (18 часов), лабораторные работы (18 часов), самостоятельная работа студента (90 часов, из них 36 часов на подготовку к экзамену). Дисциплина реализуется на 1 курсе во 2-м семестре. Форма контроля – экзамен.

**Цель:** ознакомление студентов с теоретическими основами и практическими методами решения инженерных и научно-исследовательских задач расчёта и проектирования сложных инженерных сооружений.

### **Задачи:**

- Формирование и развитие представлений о соотношениях между реальными объектами (инженерными сооружениями), их физическими и математическими моделями.

- Формирование и развитие представлений о погрешностях решения математической задачи на компьютере и погрешностях расчёта реальной конструкции.

- Изучение методов расчёта пластин.

- Изучение теории и методов расчёта оболочек.

- Овладение навыками решения задач статики пластин и оболочек и анализа получаемых результатов.

Для успешного изучения дисциплины «Механика оболочек» у обучающихся должны быть сформированы следующие предварительные компетенции:

- Знание основ механики и статистики;
- владение навыками работы с вычислительной техникой;
- способность производить вычисления с использованием программных средств.

В результате изучения данной дисциплины у обучающихся формируются следующие профессиональные компетенции (элементы компетенций):

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции	
ПК-5 способностью самостоятельно выполнять научные исследования в области прикладной механики для различных отраслей промышленности, топливно-энергетического комплекса, транспорта и строительства, решать сложные научно-технические задачи, которые для своего изучения требуют разработки и применения математических и компьютерных моделей, применения программных систем мультимедийного анализа (CAE-систем мирового уровня)	Знает	методы математического и компьютерного моделирования для решения задач расчёта прочности и устойчивости инженерных сооружений; имеет представление о методах экспериментальных исследований прочности конструкций
	Умеет	выполнять типовые расчёты механики пластин и оболочек
	Владеет	навыками решения типовых задач в области прочности и устойчивости объектов техники

## **I. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА**

### **Лекционные занятия (18 часов)**

#### **МОДУЛЬ 1. Статика пластинчатых конструкций (8 часов)**

##### **Раздел I. Введение (1 час)**

##### **Тема 1.1. Общие положения (1 час)**

Основные термины и определения; классификация пластин и оболочек. Срединная поверхность. Тонкие пластины и оболочки. Оболочки в природе, технике и в быту. Основные достоинства и недостатки оболочечных

конструкций. Краткие исторические сведения о развитии теории пластин и оболочек.

Проблемы моделирования в науке. Объект (явление) и его модель. Многозначность моделей объекта в зависимости от поставленной задачи (профессиональный подход). Физическая и математическая модель. Аналитические и численные решения, их преимущества и недостатки, области применения. Численная реализация математической модели и анализ результатов.

Три проблемы прочности: 1) проблема внешних сил; 2) проблема внутренних сил; 3) проблема оценки прочности; взаимосвязь между ними.

## **Раздел II. Изгиб прямоугольных пластин (5 часов)**

### **Тема 2.1. Изгиб длинной прямоугольной пластины по цилиндрической поверхности (1 час)**

Длинные и короткие пластины. Изгиб пластины по цилиндрической поверхности. Понятие о балке-полоске единичной ширины; цилиндрическая жёсткость пластины. Дифференциальное уравнение цилиндрического изгиба пластины. Аналогия между пластинами и балками.

### **Тема 2.2. Цилиндрический изгиб пластин при различных условиях закрепления вдоль длинных кромок (2 часа)**

Жёсткие и гибкие пластины. Усилия распора при изгибе гибких пластин. Случай свободного опирания пластины. Аналогия между гибкой пластиной и балкой на сплошном упругом основании; безразмерный параметр жёсткости. Случай жёсткой заделки пластины. Случай упругой заделки. Численные примеры и их анализ. Влияние малых смещений продольных краёв в плоскости пластины на напряжения и прогибы. Длинная равномерно нагруженная прямоугольная пластина, имеющая малую начальную цилиндрическую кривизну. Цилиндрический изгиб пластины на упругом основании.

### **Тема 2.3. Чистый изгиб пластин (1 час)**

Чистый изгиб пластины, основные понятия. Углы наклона и кривизна слабо изогнутой пластины. Направления нулевого и максимального наклона. Кривизны и относительное кручение поверхности. Главные кривизны, главные плоскости кривизны.

Изгиб прямоугольной пластины моментами, равномерно распределёнными вдоль кромок. Изгиб элемента пластины. Напряжения в элементарном слое пластины. Связь между кривизнами и изгибающими моментами в пластине. Определение крутящего момента. Частные случаи чистого изгиба.

### **Тема 2.4. Изгиб жёстких изотропных прямоугольных пластин (1 час)**

Пластина, нагруженная произвольным поперечным давлением. Решение Л. Навье для свободно опёртой пластины. Изгиб пластины сосредоточенной силой. Решение Мориса Леви. Форма общего решения задачи об изгибе жёстких прямоугольных пластин.

## **Раздел III. Устойчивость прямоугольных пластин (2 часа)**

### **Тема 3.1. Устойчивость пластин при различных условиях опирания (1 час)**

Уравнения равновесия пластины в отклонённом положении при действии нормальных сжимающих и касательных напряжений. Устойчивость свободно опёртой пластины, сжатой нормальными равномерно распределёнными усилиями. Устойчивость пластины, свободно опёртой двумя противоположными кромками. Устойчивость пластины при линейном распределении сжимающих напряжений. Устойчивость пластины при чистом сдвиге. Влияние отступлений от закона Гука на устойчивость пластин. Устойчивость сжатых пластин, подкреплённых рёбрами жёсткости. Влияние жёсткости кручения рёбер на устойчивость пластин.

### **Тема 3.2. Работа пластин после потери устойчивости (1 час)**

Изгиб пластин большого прогиба. Участие пластин, теряющих устойчивость, в восприятии сжимающей нагрузки. Особенности работы пластин в составе перекрытия, образованного балками двух взаимно перпендикулярных направлений. Распределение напряжений по длине кромок пластины, потерявшей устойчивость. Понятие приведённой ширины пластины. Редукционный коэффициент. Решение П.А. Соколова – П.Ф. Папковича для определения жёстких поясков пластин. Общая схема расчёта тонкостенных конструкций типа судовых корпусов.

## **МОДУЛЬ 2. Статика и динамика оболочек (10 часов)**

### **Раздел IV. Основы геометрии оболочек (2 часа)**

#### **Тема 4.1. Основные определения и положения теории оболочек (1 час)**

Срединная поверхность оболочки, толщина оболочки. Замкнутые и незамкнутые оболочки. Нормальное сечение оболочки. Основная задача теории оболочек. Понятие о точной и инженерной теории оболочек. Роль гипотез в инженерной теории оболочек. Толстые и тонкие оболочки. Пологие и непологие оболочки.

#### **Тема 4.2. Элементы геометрии оболочек (1 час)**

Способы аналитического задания поверхности: явная, неявная, параметрическая формы. Касательная плоскость, нормаль к поверхности. Кривизна нормального сечения. Главные кривизны, их определение. Криволинейная ортогональная система координат, координатные линии, криволинейные координаты. Линейный элемент поверхности. Коэффициенты первой квадратичной формы поверхности. Средняя кривизна поверхности. Гауссова кривизна, её связь со свойствами поверхности. Параметры Ламе.

### **Раздел V. Физические основы теории оболочек (1 час)**

### **Тема 5.1. Основные гипотезы теории оболочек (0,5 часа)**

Энергетические соотношения в теории оболочек. Влияние поперечных деформаций на работу внутренних и внешних сил в оболочке. Решения Ламе для изотропной сферической и цилиндрической оболочки. Результаты численного анализа. Краевые эффекты при расчётах оболочек. Влияние стеснения поперечных деформаций на напряжённо-деформированное состояние.

Первая и вторая гипотезы Кирхгофа, их недостаток. Гипотезы Кирхгофа-Тимошенко, их особенности. Пределы применимости гипотез Кирхгофа-Тимошенко.

### **Тема 5.2. Фундаментальные уравнения механики деформируемого твёрдого тела (0,5 часа)**

Уравнения движения (равновесия). Уравнения геометрии сплошных сред. Уравнение баланса механической энергии. Используемые обозначения и вспомогательные функции.

Общие свойства упругости материала оболочки. Изотропные и анизотропные материалы. Однородные и неоднородные материалы (оболочки). Коэффициенты упругой податливости, технические постоянные, связь между ними. Уравнения расчётной модели для различных степеней анизотропии материала упругих оболочек.

## **Раздел VI. Линейная теория тонких упругих оболочек (4 часа)**

### **Тема 6.1. Перемещения и деформации тонких оболочек (1 час)**

Принципы построения физически состоятельной линейной теории тонких упругих оболочек. Допущения теории; координатные линии. Запись уравнений линейной теории. Уравнения движения (равновесия). Уравнения геометрии сплошной среды. Уравнение баланса работы внешних и внутренних поверхностных сил на перемещениях краевых поверхностей оболочки. Переход от уравнений движения к уравнениям равновесия.



Дополнительные внутренние связи, налагаемые на материал оболочки гипотезами Кирхгофа-Тимошенко. Определение радиальных и тангенциальных перемещений оболочки, их связь с перемещениями точек срединной поверхности. Определение деформаций оболочки. Вспомогательные параметры деформации оболочки и её срединной поверхности.

### **Тема 6.2. Уравнения неразрывности деформаций срединной поверхности оболочки (1 час)**

Условия, налагаемые сплошностью срединной поверхности и оболочки в целом. Нормали к деформированной срединной поверхности. Уравнения неразрывности деформаций срединной поверхности. Совпадение уравнений для случаев использования гипотез Кирхгофа и Кирхгофа-Тимошенко.

Пространственный элемент оболочки и напряжения, действующие по его граням. Определение внутренних усилий (тангенциальных и сдвигающих сил, изгибающих и крутящих моментов) в координатных плоскостях. Принятое правило знаков. Механическое взаимодействие оболочки с окружающей средой. Проблема краевых условий на торцевых поверхностях.

### **Тема 6.3. Уравнения равновесия оболочки (1 час)**

Условия равновесия. Уравнения равновесия пространственного элемента оболочки. Неизвестные силовые факторы в уравнениях; статическая неопределимость задачи о равновесии оболочки.

### **Тема 6.4. Уравнения состояния оболочки (1 час)**

Связь внутренних силовых факторов с параметрами деформации срединной поверхности, параметрами изгиба и кручения оболочки и осреднёнными деформациями поперечного сдвига. Уравнения состояния для различных степеней анизотропии материала. Формулы для определения напряжений в тонкой оболочке.

Сводка уравнений механики оболочек. Количество, тип уравнений, количество неизвестных в системе уравнений статики оболочек. Три пути

решения уравнений статики оболочек. Определение порядка дифференциальных уравнений механики оболочек (на примере пластины). Статико-геометрическая аналогия.

## **Раздел VII. Динамика оболочек (1 час)**

### **Тема 7.1. Уравнения динамики тонких упругих оболочек (0,5 часа)**

Основные задачи динамики оболочек. Особенности решения задачи определения собственных частот колебаний оболочки. Уравнения динамики оболочки. Порядок системы дифференциальных уравнений динамики оболочки.

### **Тема 7.2. Дополнительные вопросы теории оболочек (0,5 часа)**

Краевые условия на торцевых поверхностях оболочки. Особенности краевых условий для замкнутых оболочек (условия периодичности). Типовые примеры краевых условий. Условия сопряжения оболочки со смежными конструкциями. Начальные условия в задачах динамики оболочек. Потенциальная и кинетическая энергия оболочки. Погрешности линейной теории тонких упругих оболочек.

## **Раздел VIII. Устойчивость оболочек (2 часа)**

### **Тема 8.1. Современное состояние теории устойчивости оболочек (0,5 часа)**

Актуальность проблемы устойчивости конструкций. Проблемы теории устойчивости оболочек. Основные этапы развития теории устойчивости оболочек. Традиционные представления теории устойчивости оболочек. Влияние начальных несовершенств оболочки на критическую нагрузку. Развитие экспериментальных исследований устойчивости оболочек. Новое направление в согласовании теории с экспериментом. Высвобождение потенциальной энергии растянутых круговых элементов оболочки при потере устойчивости.

## **Тема 8.2. Высвобождение потенциальной энергии деформированных элементов оболочки в процессе потери устойчивости (0,5 часа)**

Механизм высвобождения и воздействия на оболочку высвобождаемой потенциальной энергии её деформированных элементов. Особенности поведения замкнутой (сферической – с положительной гауссовой кривизной) оболочки по сравнению с цилиндрической (с нулевой гауссовой кривизной). Определение внутренних сил упругости при статическом высвобождении потенциальной энергии. Определение внутренних сил упругости при динамическом высвобождении потенциальной энергии.

## **Тема 8.3. Уравнения теории устойчивости оболочек и их решение (1 час)**

Принципы построения уравнений устойчивости. Составление системы уравнений. Уравнения прикладной теории устойчивости оболочек. Уравнения устойчивости пологих оболочек. Краевые условия в задачах устойчивости оболочек. Пределы применимости уравнений устойчивости оболочек. Методы решения уравнений устойчивости оболочек. Некоторые примеры.

Заключение. Перспективы развития теории оболочек для решения мультидисциплинарных задач взаимодействия оболочечных конструкций и жидких сред при различных условиях нагружения, например, прочные корпуса подводных аппаратов.

## **II. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА**

### **Практические занятия (18 часов)**

#### **Занятие 1. Расчёт цилиндрической и сферической оболочки по формулам теории упругости (Ламе) (2 часа)**

Расчёт напряжений и деформаций в толстой цилиндрической и сферической оболочке при действии наружного и внутреннего давления по

точным формулам теории упругости при различных относительных толщинах; обсуждение результатов.

### **Занятие 2. Цилиндрический изгиб пластины (2 часа)**

Расчёт цилиндрического изгиба тонкой пластины, нагруженной равномерно распределённой поперечной нагрузкой, при шарнирном опирании вдоль продольных кромок. То же при жёсткой заделке кромок.

### **Занятие 3. Устойчивость пластин (2 часа)**

Расчёт эйлеровых напряжений для пластины, свободно опертой по контуру и нагруженной сжимающими усилиями вдоль короткой стороны. То же вдоль длинной стороны. То же при сдвиге.

### **Занятие 4. Расчёт круговой цилиндрической оболочки, нагруженной погонными моментами и поперечными силами по торцу (2 часа)**

Расчёт круговой цилиндрической оболочки неограниченной длины, нагруженной погонными моментами и поперечными силами по торцу. Из общего решения для радиального перемещения вдоль образующей определяются производные по координате, через которые получаются выражения для изгибающего момента и перерезывающей силы. После подстановки граничных условий находится уравнение упругой линии оболочки. Полученное решение используется в следующих задачах.

### **Занятие 5. Расчёт длинной цилиндрической оболочки, подкреплённой кольцами (2 часа)**

Расчёт напряжений и деформаций в цилиндрической оболочке неограниченной длины, подкреплённой абсолютно жёсткими / деформируемыми кольцами, расположенными на значительном удалении друг от друга, при действии наружного равномерного давления. Усилие взаимодействия сжимает кольцо и вызывает изгиб оболочки. Для определения этого усилия используется решение, полученное в предыдущей задаче.

### **Занятие 6. Расчёт длинной цилиндрической оболочки, подкреплённой кольцами (2 часа)**

Условия задачи прежние. Но, в отличие от предыдущей задачи, расстояние между кольцами сравнительно невелико, в результате чего существует взаимное влияние между кольцами. Рассчитываются напряжения в кольцах и в сечениях оболочки по кольцу и между ними.

#### **Занятие 7. Расчёт узла сопряжения цилиндрической оболочки с полусферическим днищем (2 часа)**

При решении используется результат, полученный в первой задаче (занятие 4). Усилия взаимодействия определяются из условия совместности деформаций цилиндрической и сферической частей оболочки.

#### **Занятие 8. Расчёт узла сопряжения цилиндрической оболочки с плоским днищем (2 часа)**

Задача подобна предыдущей, но отличается тем, что торцевая поверхность является плоской пластиной. Результат показателен тем, что позволяет выявить преимущество оболочки по сравнению с пластиной в сосудах, нагруженных внешним (или внутренним) равномерным давлением.

#### **Занятие 9. Заключительное занятие (2 часа)**

Рассмотрение и обсуждение результатов индивидуальных заданий.

### **Лабораторные работы (18 часов)**

#### **Лабораторная работа 1. Расчёт полусферического сосуда на гидростатическую нагрузку (4 час)**

Тонкостенный сосуд в виде полусферы, открытый сверху, частично заполнен жидкостью (водой). Результатом расчёта является построение эпюр главных напряжений в оболочке (по параллели и меридиану).

#### **Лабораторная работа 2. Устойчивость круглого кольца под действием равномерного давления (4 час)**

Расчёт цилиндрической оболочки, подкреплённой одинаковыми равноотстоящими круговыми кольцами (рёбрами жёсткости) и подвергающейся равномерному внешнему давлению. Определяется эйлерова

нагрузка, соответствующая наложению волн на исходную круговую форму оболочки.

**Лабораторная работа 3. Устойчивость замкнутой цилиндрической оболочки, подкреплённой круговыми рёбрами жёсткости, под действием равномерного давления (2 час)**

В отличие от предыдущей задачи, сжимающие усилия действуют не только в радиальном, но и в осевом направлении. Это приводит к появлению других форм потери устойчивости. Возможны искривление оси оболочки или изгиб оболочки между рёбрами.

**Лабораторная работа 4. Расчёт сферического купола под действием сил собственного веса (2 час)**

Оболочка в виде сферического сегмента подвергается действию собственного веса, величина которого на единицу площади постоянная. Подлежат определению главные напряжения в оболочке.

**Лабораторная работа 5. Расчёт сферического купола под действием ветровой нагрузки (2 час)**

Оболочка в виде сферического сегмента подвергается действию сил давления ветра. Распределение этих сил по поверхности оболочки задано. Требуется рассчитать распределение напряжений в различных сечениях оболочки.

**Лабораторная работа 6. Расчёт температурных напряжений в цилиндрической оболочке (2 час)**

Рассматриваются два варианта температурного воздействия на оболочку: градиент температуры в радиальном и осевом направлении.

**Лабораторная работа 7. Расчёт крышки на наружное давление (2 час)**

Рассматриваются два варианта крышки: в виде плоской пластины, свободно опёртой по контуру и подкреплённой высоким кольцевым ребром,

и в виде ступенчатой крышки, у которой внутренняя часть опирается на внешнюю кромку ребра.

### Самостоятельная работа (90 часов)

#### План-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине:

№ п/п	Дата/сроки выполнения	Вид самостоятельной работы	Примерные нормы времени на выполнение	Форма контроля
1	1-5 неделя	Собеседование по разделу «Статика пластинчатых конструкций»	1 час.	УО-1
2	6-9 неделя	доклад по разделу «Статика пластинчатых конструкций»	5 час.	УО-3
3	1-2 неделя	Расчёт цилиндрической и сферической оболочек по безмоментной теории	5 час.	ПР-12
4	3-4 неделя	Расчёт цилиндрической и сферической оболочек по формулам теории упругости	5 час.	ПР-12
5	5-6 неделя	Расчёт цилиндрического изгиба тонкой пластины при шарнирном опирании и жёсткой заделке по кромкам	5 час.	ПР-12
6	7-8 неделя	Расчёт цилиндрического изгиба тонкой пластины при различных граничных условиях	5 час.	ПР-12
7	9-10 неделя	Расчёт жёстких пластин	5 час.	ПР-12
8	11-14 неделя	коллоквиум по разделу «Статика и динамика оболочек»	1 час.	УО-2
9	13-16 неделя	доклад по разделу «Статика и динамика оболочек»	2 час.	УО-3
10	12 неделя	Расчёты эйлеровых напряжений для пластин	5 час.	ПР-12
11	14 неделя	Расчёт пластин после потери устойчивости	5 час.	ПР-12
12	16 неделя	Расчёт конической оболочки	5 час.	ПР-12
13	18 неделя	Анализ результатов решения задач	5 час.	ПР-12
14	10 неделя -экз. сессия	Подготовка и сдача экзамена	36 ч.	Экзамен
		Итого	90	

### III. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

## **САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ**

### **Характеристика заданий для самостоятельной работы обучающихся и методические рекомендации по их выполнению**

#### **Индивидуальные домашние задания**

Индивидуальные домашние задания выдаются на базе задач, рассматриваемых во время практических занятий. Условия задач для всех студентов одинаковые, исходные данные для расчётов различны.

#### **Коллоквиум**

Коллоквиум осуществляется преподавателем по завершению изучения каждого раздела. Вопросы приведены в фондах оценочных средств. Для подготовки используется основная и дополнительная литература по дисциплине «Механика оболочек».

Вопросы, возникающие в процессе подготовки, студент может задать преподавателю на консультациях.

#### **Требования к представлению и оформлению результатов самостоятельной работы**

Результатом самостоятельной работы студентов являются:

**Индивидуальные домашние задания** выполняются в виде письменного отчета, содержащего пояснительную записку.

Изложение в пояснительной записке должно быть сжатым, ясным и сопровождаться формулами, цифровыми данными, схемами. Цифровой материал необходимо оформлять в виде таблиц.

Материал представляется в следующей последовательности:

- титульный лист;
- задание на ИДЗ;
- материал по теме индивидуального задания;
- заключение;



- список использованных источников;
- приложения.

Материалы пояснительной записки должны быть изложены последовательно, лаконично, логически связаны. Пояснительная записка выполняется на компьютере на одной стороне листа формата А4. Таблицы и схемы могут быть выполнены на листах иного формата, но должны быть аккуратно сложены по формату А4. Объем отчета составляет не более 6-8 страниц.

Титульный лист не нумеруется. На следующем листе ставится номер «2». Номер проставляется арабскими цифрами в нижнем правом углу страницы.

Текст оформляется в соответствии с требованиями делопроизводства, печатается через 1,5 интервала. Сверху страницы делается отступ 20 мм, слева – 25 мм, справа – 15 мм, снизу – 20 мм. Абзацные отступы должны быть равны 5 знакам.

Текст должен быть разделен на разделы и подразделы (заголовки 1-го и 2-го уровней), в случае необходимости – пункты, подпункты (заголовки 3-го и 4-го уровней). Заголовки должны быть сформулированы кратко. Все заголовки иерархически нумеруются.

Основной текст следует набирать шрифтом Times New Roman с обычным начертанием. Заголовки 1-го и 2-го уровней следует набирать с полужирным начертанием, заголовки 3-го и 4-го уровней – обычным. Названия рисунков и таблиц рекомендуется набирать 12 шрифтом с полужирным начертанием.

**Коллоквиум** проводится в формате устного опроса или собеседования преподавателя со студентами на темы изучаемых разделов. При подготовке к коллоквиуму студенты изучают тему текущего раздела с составлением тезисного конспекта.

## Критерии оценки выполнения самостоятельной работы

Самостоятельная работа студентов включает индивидуальные задания, подготовку к коллоквиуму и доклады по разделам дисциплины. Примеры и критерии оценки каждого вида работы приведены в фондах оценочных средств.

### IV. КОНТРОЛЬ ДОСТИЖЕНИЯ ЦЕЛЕЙ КУРСА

№ п/п	Контролируемые разделы / темы дисциплины	Коды и этапы формирования компетенций	Оценочные средства		
			текущий контроль	промежуточная аттестация	
1	МОДУЛЬ 1. Статика пластинчатых конструкций	ПК-7	знает	Собеседование (УО-1)	Вопросы 1-15 перечня типовых экзаменационных вопросов, задачи 1 - 4
			умеет	Доклад (УО-3))	
			владеет	ИДЗ (ПР-12)	
2	Модуль 2. Статика и динамика оболочек	ПК-7 ПК-9	знает	Собеседование, коллоквиум (УО-1)	Экзамен Вопросы 16 —30 перечня типовых экзаменационных вопросов, задачи 5 - 9
			умеет	Доклад (УО-3)	
			владеет	ИДЗ (ПР-12)	

### V. СПИСОК УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ И ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

#### Основная литература

1. В. В. Пикуль Устойчивость оболочек / В. В. Пикуль ; Дальневосточный федеральный университет, Инженерная школа Владивосток : Изд-во Дальневосточного федерального университета, 2016. – 339с.

<http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=chamo:8258398&theme=FEFU>

2. Юдин А.С. Устойчивость и колебания конструктивно-анизотропных и артифицированных оболочек вращения: монография / Юдин А.С. - Ростов-на-Дону: Издательство ЮФУ, 2011. - 362 с.

<http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=551119>

3. В. В. Пикуль Механика оболочек [Электронный ресурс] : учебное пособие : в 2 ч. Ч. 2 / В. В. Пикуль ; Дальневосточный федеральный университет, Инженерная школа – Владивосток: Издат. дом Дальневосточного федерального университета, - 2013. – 113 с.

<https://elib.dvfu.ru/vital/access/manager/Repository/vtls:000814358>

4. Трушин С.И. Строительная механика. Метод конечных элементов: учебное пособие/ТрушинС.И. - М.: НИЦ ИНФРА-М, 2016. - 305 с.

<http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=524311>

5. Васильков Г.В. Строительная механика. Динамика и устойчивость сооружений : учебное пособие для вузов / Г. В. Васильков, З. В. Буйко. - Санкт-Петербург : Лань , 2013. – 255 с.

[http://lib.dvfu.ru:8080/search/query?match\\_1 =FEFU](http://lib.dvfu.ru:8080/search/query?match_1 =FEFU)

### **Дополнительная литература**

1. Еремеев В.А., Зубов Л.М. Механика упругих оболочек. М.: Наука, 2008. – 288 с. [http://www.cataloxy.ru/books/5040079\\_mehanika-uprugih-obolochek.htm](http://www.cataloxy.ru/books/5040079_mehanika-uprugih-obolochek.htm).

### **Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»**

1. MechMath. Механика и прикладная математика. Учебно-образовательная физико-математическая библиотека. Механика деформируемого твёрдого тела. <http://mechmath.ipmnet.ru/lib/?s=solid> .  
Содержит библиотеку из 229 книг в формате djvu.

2. Теория пластин и оболочек.  
<http://www.twirpx.com/files/mechanics/building/plates/> Содержит краткие описания литературных источников на английском и русском языках. Возможно скачивание.

2. Тимошенко С.П. Пластинки и оболочки: Учебник.  
[http://mehanika.3dn.ru/load/drugaja\\_mekhanika/uchebnik\\_plastinki\\_i\\_obolochki\\_timoshenko\\_sp\\_strojmekh\\_stroitelnaia\\_mekh.](http://mehanika.3dn.ru/load/drugaja_mekhanika/uchebnik_plastinki_i_obolochki_timoshenko_sp_strojmekh_stroitelnaia_mekh.)

1. Антоненко С.В. Конспект лекций по механике оболочек.
2. Антоненко С.В. Методические указания по решению задач.
3. Примеры решения задач в Excel.
4. Презентации по лекционному курсу и практическим занятиям в формате PowerPoint.

1. Указанные материалы находятся в распоряжении кафедры.

## **VI. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ**

На изучение дисциплины отводится 54 часов аудиторных занятий и 90 часа самостоятельной работы.

На лекционных, практических и лабораторных занятиях преподаватель контролирует работу студентов, отвечает на возникающие вопросы, подсказывает ход и метод решения. Если полученных в аудитории знаний окажется недостаточно, студент может самостоятельно повторно прочесть лекцию или соответствующую литературу, просмотреть практикум с разобранными примерами. После выполнения задания, студент защищает его преподавателю в назначенное время.

**Рекомендации по работе с литературой.** Теоретический и практический материал курса разъяснён в материалах рабочей учебной программы дисциплины, предлагаемого преподавателем на занятиях, также в учебниках и учебных пособиях из списка основной и дополнительной литературы.

**Рекомендации по подготовке к экзамену.** Успешная подготовка к экзамену включает работу на практических и лабораторных занятиях в течение семестра, выполнение и успешная защита индивидуальных заданий у преподавателя. При подготовке к экзамену необходимо освоить теорию: разобрать основные темы, постановки задач и используемые методы. К экзамену допускается студент, защитивший выданные индивидуальные задания.

## **VII. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

Оборудование, размещенное в аудиториях для проведения лекционных занятий по дисциплине:

Акустическая система для потолочного монтажа с низким профилем, Extron SI 3CT LP (пара)

Врезной интерфейс с системой автоматического втягивания кабелей TLS TAM 201 Standart III

Документ-камера AVervision CP355AF

Комплект удлинителей DVI по витой паре (передатчик/приёмник), Extron DVI 201 Tx/Rx

Матричный коммутатор DVI 4x4. Extron DXP 44 DVI PRO

Микрофонная петличная радиосистема УВЧ диапазона Sennheiser EW 122 G3 в составе речевого приёмника EM 100 G3, передатчика SK 100 G3, петличного микрофон ME 4 с ветрозащитой и антенн (2 шт.)

Мультимедийный проектор, Mitsubishi EW330U, 3000 ANSI Lumen, 1280x800

Расширение для контроллера управления Extron IPL T CR48

Сетевая видеочамера Multipix MP-HD718

Сетевой контроллер управления Extron IPL T S4

Усилитель мощности, Extron XPA 2001-100V

Цифровой аудиопроцессор, Extron DMP 44 LC

Шкаф настенный 19" 7U, Abacom VSP-W960SG60

Экран проекционный ScreenLine Trim White Ice, 50 см черная кайма сверху, размер рабочей области 236x147 см

Оборудование, размещенное в аудиториях для проведения практических и лабораторных занятий по дисциплине:

Моноблоки Lenovo C360G-i34164G500UDK – 20 шт;

Мультимедийный проектор, Mitsubishi EW330U, 3000 ANSI Lumen, 1280x800 – 1 шт;

Экран проекционный ScreenLine Trim White Ice, 50 см, размер рабочей области 236x147 см – 1 шт;

Акустическая система для потолочного монтажа с низким профилем, Extron SI 3CT LP (пара) – 3 шт;

Документ-камера Aevervision CP355AF – 1 шт;

ЖК-панель 47", Full HD, LG M4716CCBA – 1 шт;

Сетевая видеочкамера Multipix MP-HD718 – 1 шт.

В целях обеспечения специальных условий обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в ДВФУ все здания оборудованы пандусами, лифтами, подъемниками, специализированными местами, оснащенными туалетными комнатами, табличками информационно-навигационной поддержки.

## **VIII. ФОНДЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**

### **ПАСПОРТ ФОС**

<b>Код и формулировка компетенции</b>	<b>Этапы формирования компетенции</b>	
ПК-5 способностью самостоятельно выполнять научные исследования в области прикладной механики для различных отраслей промышленности,	Знает	методы математического и компьютерного моделирования для решения задач расчёта прочности и устойчивости инженерных сооружений; имеет представление о методах экспериментальных исследований прочности конструкций

топливно-энергетического комплекса, транспорта и строительства, решать сложные научно-технические задачи, которые для своего изучения требуют разработки и применения математических и компьютерных моделей, применения программных систем мультидисциплинарного анализа (CAE-систем мирового уровня)	Умеет	выполнять типовые расчёты механики пластин и оболочек
	Владеет	навыками решения типовых задач в области прочности и устойчивости объектов техники

### Контроль достижений целей курса

№ п/п	Контролируемые разделы / темы дисциплины	Коды и этапы формирования компетенций	Оценочные средства		
			текущий контроль	промежуточная аттестация	
1	МОДУЛЬ 1. Статика пластинчатых конструкций	ПК-7	знает	Собеседование (УО-1)	Вопросы 1-15 перечня типовых экзаменационных вопросов, задачи 1 - 4
			умеет	Доклад (УО-3))	
			владеет	ИДЗ (ПР-12)	
2	Модуль 2. Статика и динамика оболочек	ПК-7 ПК-9	знает	Собеседование, коллоквиум (УО-1)	Экзамен Вопросы 16 —30 перечня типовых экзаменационных вопросов, задачи 5 - 9
			умеет	Доклад (УО-3)	
			владеет	ИДЗ (ПР-12)	

### Шкала оценивания уровня сформированности компетенций

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции		критерии	показатели
ПК-5 способностью самостоятельно выполнять научные исследования в области прикладной механики для различных отраслей	Знает	методы математического и компьютерного моделирования для решения задач расчёта прочности и устойчивости инженерных сооружений; имеет представление о методах экспериментальных исследований прочности конструкций	Знает современное состояние теории оболочек структуру и принципы составления системы уравнений механики оболочек	знание методов расчёта напряжённо-деформированного состояния оболочек; принципов расчёта устойчивости оболочек

промышленности, топливно-энергетического комплекса, транспорта и строительства, решать сложные научно-технические задачи, которые для своего изучения требуют разработки и применения математических и компьютерных моделей, применения программных систем мультидисциплинарного анализа (CAE-систем мирового уровня)	Умеет	выполнять типовые расчёты механики пластин и оболочек	Умение использовать законы теоретической механики и механики деформируемого тела при составлении уравнений теории оболочек	Умение свободно использовать вариационные постановки задач теории оболочек.
	Владеет	навыками построения типовых моделей в области прочности и устойчивости оболочек	Владение навыками работы с новыми системами компьютерной математики, автоматизированного проектирования и компьютерного инжиниринга применительно к механике оболочек	Способность эффективно применять высокопроизводительные вычислительные системы, с использованием CAD/CAE технологий для решения задач механики оболочек

**Методические материалы, определяющие процедуры оценивания  
результатов освоения дисциплины**

**Оценочные средства для текущей аттестации**

**Вопросы к устным опросам (коллоквиуму)**

1. Исходные положения линейной теории тонких упругих оболочек.
2. Состав и структура системы уравнений линейной теории оболочек.
3. Принципы и порядок определения перемещений и деформаций тонких оболочек.
4. Параметры деформации срединной поверхности оболочки.
5. Построение уравнений неразрывности деформаций срединной поверхности оболочки.
6. Определение внутренних усилий и моментов в тонкой оболочке.
7. Понятие о механическом взаимодействии оболочки с окружающей средой.
8. Принципы построения уравнений равновесия оболочки.
9. Принципы построения уравнений состояния оболочки.



10. Определение напряжений в оболочке.
11. Структура системы уравнений статики тонких упругих оболочек.
12. Пути решения задач статики оболочек.
13. Порядок дифференциальных уравнений механики оболочек.
14. Статико-геометрическая аналогия.
15. Понятие о динамике упругих оболочек.
16. Формулировка краевых и начальных условий в задачах расчёта оболочек.
17. Определение потенциальной и кинетической энергии оболочки.
18. Явление потери устойчивости в инженерных сооружениях.
19. Основные этапы развития теории устойчивости оболочек.
20. Современные представления о механизме потери устойчивости оболочки. Особенности поведения цилиндрической и сферической оболочки при потере устойчивости.
21. Принципы определения внутренних сил упругости при потере устойчивости оболочки.
22. Построение уравнений теории устойчивости оболочек.
23. Краевые условия в задачах устойчивости оболочек.
24. Перспективы развития теории оболочек.

**Критерии оценки:**

✓ 100-85 баллов выставляется студенту, если его ответ показывает прочные знания основных положений изучаемого раздела динамики сред и конструкций, отличается глубиной и полнотой раскрытия темы; владение терминологическим аппаратом; делать выводы и обобщения, давать аргументированные ответы; свободное владение монологической речью, логичность и последовательность ответа; умение алгоритмически описывать проблему из выбранной предметной области.

✓ 85-76 баллов выставляется студенту, если его ответ, обнаруживающий прочные знания основных положений изучаемого раздела

динамики сред и конструкций, отличается глубиной и полнотой раскрытия темы; владение терминологическим аппаратом; делать выводы и обобщения, давать аргументированные ответы; свободное владение монологической речью, логичность и последовательность ответа; умение алгоритмически описывать проблему из выбранной предметной области. Однако допускается одна - две неточности в ответе.

✓ 75-61 балл выставляется студенту, если его ответ, свидетельствующий в основном о знании основных положений изучаемого раздела динамики сред и конструкций, отличающийся недостаточной глубиной и полнотой раскрытия темы; знанием основных вопросов теории; недостаточным умением давать аргументированные ответы и приводить примеры; недостаточно свободным владением монологической речью, логичностью и последовательностью ответа. Допускается несколько ошибок в содержании ответа; неумение алгоритмически описывать проблему из выбранной предметной области.

✓ 60-50 баллов выставляется студенту, если его ответ, обнаруживающий незнание процессов основных положений изучаемого раздела динамики сред и конструкций, отличающийся неглубоким раскрытием темы; незнанием основных вопросов теории; неумением давать аргументированные ответы, слабым владением монологической речью, отсутствием логичности и последовательности. Допускаются серьезные ошибки в содержании ответа; неумение алгоритмически описывать проблему из выбранной предметной области

### **Темы докладов по дисциплине**

1. Ранний период становления механики сплошной среды
2. Построение теории упругости и рождение теории оболочек
3. Развитие классической теории оболочек
4. Прикладные теории оболочек

5. Неклассические теории оболочек
6. Теории типа Лява
7. Теории типа Тимошенко
8. Кинематика простых оболочек
9. Виды оболочек
10. Роль оболочек и пластин в промышленном и гражданском строительстве
11. Роль оболочек и пластин в машиностроении
12. Роль оболочек и пластин в авиа- и ракетостроении
13. Геометрия и деформации оболочки
14. Оболочки вращения
15. Перспективы развития теории оболочек для решения мультидисциплинарных задач взаимодействия оболочечных конструкций и жидких сред при различных условиях нагружения, например, прочные корпуса подводных аппаратов.

### **Критерии оценки доклада**

✓ 100 – 85 баллов выставляется студенту, если его ответ показывает прочные знания основных положений изучаемого раздела, отличается глубиной и полнотой раскрытия темы; владение терминологическим аппаратом; умение делать выводы и обобщения, давать аргументированные ответы, приводить примеры; свободное владение монологической речью, логичность и последовательность ответа; умение алгоритмически описывать проблему из выбранной предметной области.

✓ 85-76 баллов выставляется студенту, если его ответ, обнаруживающий прочные знания основных положений изучаемого раздела, отличается глубиной и полнотой раскрытия темы; владение терминологическим аппаратом; умение делать выводы и обобщения, давать аргументированные ответы; свободное владение монологической речью,

логичность и последовательность ответа; умение алгоритмически описывать проблему из выбранной предметной области. Однако допускается одна - две неточности в ответе.

✓ 75-61 балл выставляется студенту, если его ответ, свидетельствующий в основном о знании основных положений изучаемого раздела, отличающийся недостаточной глубиной и полнотой раскрытия темы; знанием основных вопросов теории; недостаточным умением давать аргументированные ответы и приводить примеры; недостаточно свободным владением монологической речью, логичностью и последовательностью ответа. Допускается несколько ошибок в содержании ответа; неумение алгоритмически описывать проблему из выбранной предметной области.

✓ 60-50 баллов выставляется студенту, если его ответ, обнаруживающий незнание процессов основных положений изучаемого раздела, отличающийся неглубоким раскрытием темы; незнанием основных вопросов теории; неумением давать аргументированные ответы, слабым владением монологической речью, отсутствием логичности и последовательности. Допускаются серьезные ошибки в содержании ответа; неумение описывать проблему из выбранной предметной области.

### **Индивидуальные задания**

#### **Задача 1. Расчёт цилиндрической оболочки по безмоментной теории**

Определение предельной глубины погружения неподкреплённой цилиндрической оболочки типа корпуса подводной лодки, выполненной из трёх материалов: высокопрочной конструкционной стали, свариваемого алюминиево-магниевого сплава и титанового сплава при заданном соотношении массы оболочки и силы её плавучести; обсуждение результатов. Считать, что оболочка работает только на сжатие, устойчивость не оценивается.

## **Задача 2. Расчёт сферической оболочки по безмоментной теории**

Расчёт напряжений и деформаций в стальной сферической оболочке заданных размеров при заданной глубине погружения; обсуждение результатов. Считать, что оболочка работает только на сжатие, устойчивость не оценивается.

## **Задача 3. Расчёт цилиндрической оболочки по формулам теории упругости (Ламе)**

Расчёт напряжений и деформаций в толстой цилиндрической оболочке при действии наружного и внутреннего давления по точным формулам теории упругости; обсуждение результатов. Задаются величины наружного и внутреннего давления, наружный и внутренний радиусы.

## **Задача 4. Расчёт сферической оболочки по формулам теории упругости (Ламе)**

Расчёт напряжений и деформаций в толстой сферической оболочке при действии наружного и внутреннего давления по точным формулам теории упругости; обсуждение результатов. Задаются величины наружного и внутреннего давления, наружный и внутренний радиусы.

## **Задача 5. Цилиндрический изгиб пластины**

Расчёт цилиндрического изгиба тонкой пластины, загруженной равномерно распределённой поперечной нагрузкой, при шарнирном опирании вдоль продольных кромок. То же при жёсткой заделке кромок.

Расчёт цилиндрического изгиба тонкой пластины, загруженной равномерно распределённой поперечной нагрузкой, при упругой заделке кромок. То же при малом смещении кромки. Расчёт пластины, имеющей малую начальную кривизну.

### **Задача 6. Расчёт жёстких пластин**

Расчёт напряжений в короткой жёсткой пластине, загруженной поперечной нагрузкой, с использованием известных решений.

### **Задача 7. Устойчивость пластин**

Расчёт эйлеровых напряжений для пластины, свободно опертой по контуру и загруженной сжимающими усилиями вдоль короткой стороны. То же вдоль длинной стороны. То же при сдвиге.

### **Задача 8. Расчёт пластин после потери устойчивости**

Расчёт предельного изгибающего момента для тонкостенной балки, подкреплённой набором (типа поперечного сечения корпуса судна) с учётом редуцирования пластин, теряющих устойчивость.

### **Задача 9. Расчёт конической оболочки на действие распределённой нагрузки и сосредоточенной силы**

Расчёт конической оболочки на внутреннее давление, на действие силы, направленной вдоль оси, перпендикулярно оси, вдоль образующей и произвольно направленной.

### **Критерии оценки решения задач ИДЗ**

В каждой задаче приводятся её условия, краткое теоретическое описание, даются все необходимые расчётные формулы, производятся соответствующие подстановки и даётся результат с указанием размерностей всех величин.

Задача принимается, если получен верный результат, а оформление соответствует предъявляемым требованиям.

Текущий контроль осуществляется по результатам сдачи задач и устного опроса.

✓ 10-8 баллов выставляется студенту, если студент выполнил все пункты задания. Фактических ошибок, связанных с пониманием проблемы, нет; семантических и синтаксических ошибок нет. При защите студент отвечает на все вопросы преподавателя.

✓ 7-6 баллов – ИДЗ выполнена полностью; работа оформлена не в соответствии со стандартами. При защите студент отвечает на все вопросы преподавателя.

✓ 5-4 балла – ИДЗ выполнена полностью. Работа оформлена не в соответствии со стандартами. При защите студент не отвечает на 1-2 вопроса преподавателя.

✓ 1-3 балла – ИДЗ выполнена не полностью. Работа оформлена не в соответствии со стандартами. При защите студент не отвечает на более, чем на 2 вопроса преподавателя.

### **Оценочные средства для промежуточной аттестации**

Согласно учебному плану ОС ВО ДВФУ, видом промежуточной аттестации по дисциплине «Механика оболочек» предусмотрен экзамен, который проводится в устной форме.

Экзаменационный билет содержит три вопроса теоретического характера, охватывающих оба модуля курса.

### **Перечень типовых экзаменационных вопросов**

1. Три проблемы, решаемые при расчётах прочности, и взаимосвязь между ними.
2. Объект, его физическая и математическая модель.
3. Идеализация конструкции и расчётной схемы, установление граничных условий.
4. От постановки задачи к анализу результатов – шаги решения задачи.

5. Пластины, определения, элементы классификации, различие в подходах к расчёту.

6. Линейные и нелинейные задачи в расчётах прочности. Физическая и геометрическая нелинейность.

7. Гипотезы в теории пластин.

8. Балка-полоска, цилиндрическая жёсткость пластины.

9. Влияние соотношения размеров сторон и вида граничных условий на подход к расчёту прямоугольной пластины.

10. Устойчивость прямоугольных пластин. Влияние соотношения сторон пластины и направления приложения сжимающей нагрузки.

11. Влияние отступлений от закона Гука на устойчивость пластин. Эйлеровы и критические напряжения.

12. Особенности работы пластин после потери устойчивости.

13. Роль подкрепляющего набора на устойчивость пластин, подкреплённых рёбрами.

14. Возникновение усилий распора при изгибе гибких пластин. Влияние условий закрепления на величину усилий распора и максимальные напряжения в пластине, загруженной поперечной нагрузкой.

15. Работа пластин в составе сложной конструкции (на примере корпуса судна).

16. Оболочки, основные определения.

17. Необходимость технической теории оболочек. Принципиальное отличие технической теории от точных решений теории упругости. Ограничения применимости технической теории.

18. Элементы классификации оболочек.

19. Явное, неявное, параметрическое задание поверхности.

20. Общие понятия о геометрии оболочек. Касательная поверхность, нормальное сечение, кривизны. Гауссова кривизна.



21. Криволинейная ортогональная система координат. Координатные линии.
22. Линейный элемент поверхности, первая квадратичная форма.
23. Переход от срединной поверхности оболочки к произвольной её точке; параметры Ламе.
24. Гипотезы теории оболочек, связь с теорией изгиба балок и пластин, различие между первой гипотезой Кирхгофа и Тимошенко.
25. Общая структура (состав) уравнений теории оболочек.
26. Анизотропные, ортотропные, трансверсально-изотропные, изотропные материалы (оболочки).
27. Механическое взаимодействие оболочки с окружающей средой. Граничные (краевые) условия. Условия сопряжения.
28. Общий порядок дифференциальных уравнений механики оболочек.
29. Понятие о задачах динамики оболочек. Начальные условия.
30. Понятие об устойчивости оболочек.

**Критерии выставления оценки студенту на экзамене по дисциплине  
«Механика оболочек»**

<b>Баллы (рейтингово й оценки)</b>	<b>Оценка экзамена (стандартная)</b>	<b>Требования к сформированным компетенциям</b>
86-100	«отлично»	Оценка «отлично» выставляется студенту, если он глубоко и прочно усвоил программный материал по основам динамики, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет составлять алгоритм решения задач, а затем выполнять их документирование, свободно справляется с задачами, вопросами и другими видами применения знаний, причем не затрудняется с ответом при видоизменении заданий, правильно обосновывает принятое решение, владеет разносторонними навыками и приемами выполнения практических задач, связанных с проектированием и реализацией программ в области профессиональной деятельности.
76-85	«хорошо»	Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он твердо знает материал по основам динамики, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос, правильно применяет

		теоретические положения при решении практических вопросов и задач, связанных с проектированием и реализацией программ в области профессиональной деятельности, владеет необходимыми навыками и приемами их выполнения.
61-75	<i>«удовлетворительно»</i>	Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если он имеет знания только основного материала в области динамики, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении материала, испытывает затруднения при выполнении практических работ связанных с областью своей профессиональной деятельности.
0-60	<i>«неудовлетворительно»</i>	Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, который не знает значительной части материала по основам динамики, допускает существенные ошибки, неуверенно, с большими затруднениями выполняет практические работы. Оценка «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине