



**1. Цели и задачи дисциплины**

Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО, утвержденным «11» августа 2016 г., приказ № 1030 по специальности 08.05.01 «Строительство уникальных зданий и сооружений», по дисциплине Б1.Б.29«Теория расчета пластин и оболочек».

Целью изучения дисциплины «Теория расчета пластин и оболочек» является получение необходимых знаний в области расчета тонкостенных пространственных конструкций на прочность, устойчивость и колебания с использованием аналитических и численных методов.

Для достижения поставленной цели решаются следующие задачи:

* дать необходимые знания о работе тонкостенных пространственных конструкций и их отдельных элементов;
* изучить особенности построения расчетных схем и методов расчета пластин и оболочек при действии статических и динамических нагрузок.

**2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения основной профессиональной образовательной программы**

Планируемыми результатами обучения по дисциплине являются: приобретение знаний, умений, навыков.

В результате освоения дисциплины обучающийся должен:

**ЗНАТЬ**:

* теоретические основы и методы расчета тонкостенных пространственных систем типа пластин и оболочек на прочность, устойчивость и колебания;

**УМЕТЬ**:

* грамотно создавать расчетную схему сооружения при расчетах на статические и динамические воздействия;
* проводить расчеты тонкостенных пространственных конструкций с определением напряженно-деформированного состояния, собственных частот и форм колебаний, критических нагрузок, потери устойчивости исходной формы равновесия;
* выбирать наиболее рациональные методы решения, используя как аналитические методы расчета, так и компьютерные программы, обеспечивая при этом необходимую прочность и жесткость конструкции.

**ВЛАДЕТЬ**:

* навыками составления расчетной схемы тонкостенной пространственной конструкции для расчета на статические, динамические, температурные и другие виды воздействий;
* навыками расчета пластин и оболочек с использованием аналитических методов и современных программных комплексов для определения напряженно-деформированного состояния;
* умением грамотно оценивать получаемые результаты.

Приобретенные знания, умения, навыки, характеризующие формирование компетенций, осваиваемые в данной дисциплине, позволяют решать профессиональные задачи, приведенные в соответствующем перечне по видам профессиональной деятельности в п. 2.4 общей характеристики основной профессиональной образовательной программы (ОПОП).

Изучение дисциплины направлено на формирование следующих **общепрофессиональных компетенций (ОПК)**:

* использованием основных законов естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применением методов математического анализа и математического (компьютерного) моделирования, теоретического и экспериментального исследования (ОПК-6);
* способностью выявить естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлечь их для решения соответствующий физико-математический аппарат (ОПК-7);

Изучение дисциплины направлено на формирование следующих **профессиональных компетенций (ПК)**, соответствующих видам профессиональной деятельности, на которые ориентирована программа специалитета:

**Экспериментально-исследовательская деятельность:**

* владением методами математического (компьютерного) моделирования на базе универсальных и специализированных программно-вычислительных комплексов и систем автоматизированного проектирования, методами постановки и проведения экспериментов по заданным методикам (ПК-11);

Область профессиональной деятельности обучающихся, освоивших данную дисциплину, приведена в п. 2.1 общей характеристики ОПОП.

Объекты профессиональной деятельности обучающихся, освоивших данную дисциплину, приведены в п. 2.2 общей характеристики ОПОП.

**3. Место дисциплины в структуре основной профессиональной образовательной программы**

Дисциплина «Теория расчета пластин и оболочек» (Б1.Б.29) относится к базовой части и является обязательной дисциплиной для обучающихся.

**4. Объем дисциплины и виды учебной работы**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Вид учебной работы** | **Всего часов** | **Семестр** | |
| **7** | **8** |
| Контактная работа (по видам учебных занятий)  В том числе:   * лекции (Л) * практические занятия (ПЗ) * лабораторные работы (ЛР) | 128  32  96  - | 64  16  48  - | 64  16  48  **-** |
| Самостоятельная работа (СРС) | 79 | 35 | 44 |
| Контроль | 45 | 9 | 36 |
| Форма контроля знаний | З, Э | З | Э |
| Общая трудоемкость: час / з.е. | 252/7 | 108/3 | 144/4 |

*Примечания: «Форма контроля знаний» – экзамен (Э), зачет (З)*

**5 Содержание и структура дисциплины**

5.1 Содержание дисциплины

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **№ п/п** | **Наименование раздела дисциплины** | **Содержание раздела** |
| **Часть 1** | | |
|  | Цилиндрический изгиб прямоугольной пластины | Предмет, объект, цели и задачи дисциплины. Основные гипотезы и допущения теории пластин. Дифференциальное уравнение цилиндрического изгиба пластины. Равномерно нагруженная прямоугольная шарнирно опертая по краям пластина. Равномерно нагруженная прямоугольная защемленная по краям пластина. Равномерно нагруженная прямоугольная пластина с упруго защемленными краям. |
|  | Чистый изгиб пластины | Наклон и кривизна слабо изогнутой пластины. Соотношения между изгибающими моментами и кривизнами при чистом изгибе пластины. Частные случаи чистого изгиба. Энергия деформации при чистом изгибе пластины |
|  | Симметричный изгиб круглой пластины | Дифференциальное уравнение симметричного изгиба поперечно нагруженной круглой пластины. Равномерно нагруженная круглая пластина. Круглая пластина с круглым отверстием в центре. Круглая пластина, нагруженная концентрически. Круглая пластина, нагруженная в центре. |
|  | Малые прогибы поперечно нагруженной пластины | Дифференциальное уравнение изогнутой поверхности. Граничные условия. Приведение задачи об изгибе пластины к исследованию перемещений мембраны. Влияние упругих постоянных на величину изгибающих моментов. |
|  | Шарнирно опертая прямоугольная пластина | Шарнирно опертая прямоугольная пластина под синусоидальной нагрузкой. Решение Навье для шарнирно опертой прямоугольной пластины. Решение Леви для пластины, два противоположных края которой шарнирно оперты. Частично загруженная шарнирно опертая прямоугольная пластина. |
|  | Прямоугольная пластина при различных условиях опирания по краям | Изгиб прямоугольной пластины моментами, распределенными по краям. Прямоугольная пластина, два противоположных края которой свободно оперты, два других защемлены. Прямоугольная пластина, защемленная по всему контуру. |
|  | Неразрезная прямоугольная пластина | Шарнирно опертая неразрезная пластина. Приближенный расчет неразрезной равнопролетной пластины. Изгиб пластины, опирающейся на несколько рядов равноотстоящих колонн (безбалочное перекрытие). Безбалочное перекрытие из девяти панелей и перекрытия с двумя свободными краями. Влияние жесткого соединения с колонной на момент в безбалочном перекрытии. |
|  | Изгиб круглой пластины с переменными грузовыми и жесткостными характеристиками | Изотропная пластина переменной толщины. Ортотропная пластина переменной толщины.  Круглые пластины, подкрепленные окружными ребрами. Температурные деформации круглой пластины со ступенчато меняющейся толщиной |
| **Часть 2** | | |
|  | Введение в теорию оболочек. Внутренняя геометрия поверхности | Основные определения, гипотезы и допущения. Краткие сведения из теории поверхностей. Задание поверхности. Касательная плоскость. Нормальные сечения. Кривизна нормальных сечений поверхности. Формула Менье.  Системакоординат. Векторное уравнение поверхности. Первая и вторая квадратичные формы.  Сети координатных линий. Теорема Родрига. Правило дифференцирования ортов. Условия Кодацци-Гаусса. |
|  | Теория деформации оболочек.  Статические уравнения равновесия оболочек.  Физические соотношения теории оболочек | Гипотеза прямых нормалей. Перемещения точек срединной поверхности оболочки. Деформация срединного слоя. Связь между деформациями оболочки и перемещениями точек ее срединной  поверхности. Условия совместности деформаций.  Внутренние усилия и моменты. Дифференциальные уравнения равновесия. Уменьшение числа искомых функций усилий и моментов. Преобразование системы уравнений равновесия.  Статическая гипотеза. Физические уравнения теории оболочек. Потенциальная энергия деформации. |
|  | Методы решения основных уравнений теории оболочек.  Безмоментная теория оболочек | Метод непосредственного определения усилий и моментов. Разрешающие уравнения в методе непосредственного определения перемещений. Граничные условия. Статико-геометрическая аналогия. Типы напряженного состояния оболочек.  Уравнения безмоментной теории. Граничные условия. Условия существования безмоментного напряженного состояния. Область применимости безмоментной теории. Уравнение простого краевого эффекта и анализ его решения. |
|  | Линейная теория пологих оболочек.  Общая моментная теория оболочек вращения. | Основные определения. Уравнения равновесия. Разрешающая система уравнений. Переход к пластине. Аналогия с уравнением изгиба круглой пластины на упругом основании.  Уравнения равновесия. Геометрические соотношения. Уравнения совместности деформаций.  Применение рядов Фурье к расчету оболочек вращения. Кручение оболочек вращения. Осесимметричная деформация оболочек вращения. |
|  | Расчет пластин методом конечных элементов | Формулировка задачи об изгибе пластин в перемещениях. Условие непрерывности функции формы. Прямоугольный элемент с узлами в угловых точках. Функции формы. Матрицы жесткости и нагрузок. Четырехугольные элементы.  Треугольный элемент с узлами в углах. Функции формы. Сходимость при использовании несогласованных элементов. Примеры расчета: квадратная изотропная пластина, Консольная пластина, опертая по углам пластина, пластина с центральным круглым отверстием. |
|  | Расчет оболочек методом  конечных элементов | Особенности применения метода конечных элементов к решению задач теории оболочек. Жесткость плоского элемента в локальных координатах. Переход к глобальным координатам и составление ансамбля элементов. Практические примеры: расчет оболочки арочной плотины, градирня, цилиндрический свод, складчатая конструкция из пластин, оболочка двойной кривизны. Сходимость метода конечных элементов в задачах теории оболочек |
|  | Осесимметричные оболочки | Характеристики элемента. Осесимметричные нагрузки. Прямолинейные элементы. Расчет цилиндрической оболочки. Расчет полусферической оболочки. Криволинейные элементы и их функции формы. Выражения для деформаций и свойства криволинейных элементов. |
| 16. | Расчет толстостенных оболочек | Геометрические характеристики элемента. Поле перемещений. Деформации и напряжения. Характеристики элемента и некоторые необходимые преобразования. Аппроксимация напряжений.  Частный случай осесимметричных толстых оболочек. Частный случай толстых пластин. Сходимость. Практические примеры: сферический купол под действием равномерно распределенного давления, цилиндр, нагруженный по торцам, цилиндрический свод. |

5.2 Разделы дисциплины и виды занятий

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **№ п/п** | **Наименование раздела дисциплины** | **Л** | **ПЗ** | **ЛР** | **СРС** |
| 1 | Цилиндрический изгиб прямоугольной пластины | 2 | 6 | - | 4 |
| 2 | Чистый изгиб пластины | 2 | 6 | - | 4 |
| 3 | Симметричный изгиб круглой пластины | 2 | 6 | - | 4 |
| 4 | Малые прогибы поперечно нагруженной пластины | 2 | 6 | - | 4 |
| 5 | Шарнирно опертая прямоугольная пластина | 2 | 6 | - | 4 |
| 6 | Прямоугольная пластина при различных условиях опирания по краям | 2 | 6 | - | 4 |
| 7 | Неразрезная прямоугольная пластина | 2 | 6 | - | 5 |
| 8 | Изгиб круглой пластины с переменными грузовыми и жесткостными характеристиками | 2 | 6 | - | 6 |
|  | **Итого** | **16** | **48** | **-** | **35** |
| 9 | Введение в теорию оболочек. Внутренняя геометрия поверхности | 2 | 6 | - | 4 |
| 10 | Теория деформации оболочек.  Статические уравнения равновесия оболочек.Физические соотношения теории оболочек | 2 | 6 | - | 4 |
| 11 | Методы решения основных уравнений теории оболочек.  Безмоментная теория оболочек | 2 | 6 | - | 4 |
| 12 | Линейная теория пологих оболочек.  Общая моментная теория оболочек вращения. | 2 | 6 | - | 4 |
| 13 | Расчет пластин методом конечных элементов | 2 | 6 | - | 7 |
| 14 | Расчет оболочек методом  конечных элементов | 2 | 6 | - | 7 |
| 15 | Осесимметричные оболочки | 2 | 6 | - | 7 |
| 16 | Расчет толстостенных оболочек | 2 | 6 | - | 7 |
|  | **Итого** | **16** | **48** | **-** | **44** |
|  | **Итого** | **32** | **96** | **-** | **79** |

**6. Перечень учебно-методического обеспечения для**

**самостоятельной работы обучающихся по дисциплине**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **№**  **п/п** | **Наименование раздела** | **Перечень учебно-методического обеспечения** |
| 1 | Цилиндрический изгиб прямоугольной пластины | 1. Александров А.В. Сопротивление материалов: Основы теории упругости и пластичности: учеб.для строит. спец. вузов / А.В. Александров, В.Д. Потапов. – Изд. 2-е, испр. -М.: Высшая школа, 2002. – 399 с. : ил. 2. Смирнов В.И. Изгиб пластинок [Текст] : учебное пособие / В.И. Смирнов, С.А. Видюшенков. - СПб, ПГУПС, 2012. - 53 с. : ил. 3. Подскребко, М.Д. Сопротивление материалов. Основы теории упругости, пластичности, ползучести и механики разрушения [Электронный ресурс] : учеб. пособие — Электрон. дан. — Минск : "Вышэйшая школа", 2009. — 672 с. — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/65601. — Загл. с экрана. |
| 2 | Чистый изгиб пластины |
| 3 | Симметричный изгиб круглой пластины |
| 4 | Малые прогибы поперечно нагруженной пластины |
| 5 | Шарнирно опертая прямоугольная пластина |
| 6 | Прямоугольная пластина при различных условиях опирания по краям |
| 7 | Неразрезная прямоугольная пластина |
| 8 | Изгиб круглой пластины с переменными грузовыми и жесткостными характеристиками |
| 9 | Введение в теорию оболочек. Внутренняя геометрия поверхности |
| 10 | Теория деформации оболочек.  Статические уравнения равновесия оболочек.  Физические соотношения теории оболочек |
| 11 | Методы решения основных уравнений теории оболочек.  Безмоментная теория оболочек |
| 12 | Линейная теория пологих оболочек.  Общая моментная теория оболочек вращения. |
| 13 | Расчет пластин методом конечных элементов |
| 14 | Расчет оболочек методом  конечных элементов |
| 15 | Осесимметричные оболочки |
| 16 | Расчет толстостенных оболочек |

**7. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине**

Фонд оценочных средств по дисциплине «Теория расчета пластин и оболочек» является неотъемлемой частью рабочей программы и представлен отдельным документом, рассмотренным на заседании кафедры и утвержденным заведующим кафедрой.

**8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, нормативно-правовой документации и других изданий, необходимых для освоения дисциплины**

8.1 Перечень основной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

1. Подскребко М.Д. Сопротивление материалов. Основы теории упругости, пластичности, ползучести и механики разрушения [Электронный ресурс] : учеб. пособие — Электрон. дан. — Минск : "Вышэйшая школа", 2009. — 672 с. — Режим доступа: https://e.lanbook.com/book/65601. — Загл. с экрана.

8.2 Перечень дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

1. Смирнов В.И. Изгиб пластинок [Текст] : учебное пособие / В.И. Смирнов, С.А. Видюшенков. - СПб, ПГУПС, 2012. - 53 с.: ил.
2. Перельмутер, А.В. Расчетные модели сооружений и возможность их анализа [Электронный ресурс] :рук. / А.В. Перельмутер, В.И. Сливкер. – Электрон.дан. – Москва :ДМк Пресс, 2009. – 596 с. – Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/1296/> – Загл. с экрана
3. Александров А.В. Сопротивление материалов: Основы теории упругости и пластичности: учеб.для строит. спец. вузов / А.В. Александров, В.Д. Потапов. – Изд. 2-е, испр. -М.: Высшаяшкола, 2002. – 399 с. : ил.

8.3 Перечень нормативно-правовой документации, необходимой для освоения дисциплины.

При освоении данной дисциплины нормативно-правовая документация не используется.

* 1. Другие издания, необходимые для освоения дисциплины

При освоении данной дисциплины другие издания не используется.

**9. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети**

**«Интернет», необходимых для освоения дисциплины**

1. Личный кабинет обучающегося и электронная информационно-образовательная среда. [Электронный ресурс]. – Режим доступа:

