

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«ИРКУТСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Структурное подразделение «Строительного производства»

УТВЕРЖДЕНА:
на заседании кафедры
Протокол №8 от 07 марта 2025 г.

Рабочая программа дисциплины

«ТЕОРИЯ РАСЧЕТА ПЛАСТИН И ОБОЛОЧЕК»

Специальность: 08.05.01 Строительство уникальных зданий и сооружений

Строительство высотных и большепролетных зданий и сооружений

Квалификация: Инженер-строитель

Форма обучения: очная

Документ подписан простой
электронной подписью
Составитель программы:
Соболев Владимир Иванович
Дата подписания: 17.06.2025

Документ подписан простой
электронной подписью
Утвердил: Комаров
Константин Андреевич
Дата подписания: 17.06.2025

Документ подписан простой
электронной подписью
Согласовал: Комаров Андрей
Константинович
Дата подписания: 17.06.2025

Год набора – 2025

Иркутск, 2025 г.

1 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесённых с планируемыми результатами освоения образовательной программы

1.1 Дисциплина «Теория расчета пластин и оболочек» обеспечивает формирование следующих компетенций с учётом индикаторов их достижения

Код, наименование компетенции	Код индикатора компетенции
ПК-1 Способен осуществлять регулирование, организацию и планирование в сфере инженерно-технического проектирования для градостроительной деятельности, осуществлять самостоятельное проектирование уникальных зданий и сооружений	ПК-1.7

1.2 В результате освоения дисциплины у обучающихся должны быть сформированы

Код индикатора	Содержание индикатора	Результат обучения
ПК-1.7	Знает основные сведения из теории поверхностей: уравнения теории упругих пластин и оболочек, изгиб пластин, безмоментная и моментная теории, устойчивость форм равновесия пластин и оболочек, свободные и вынужденные колебания, свободное и стесненное кручение. Демонстрирует расчет пластин и оболочек методом конечных элементов	Знать основные принципы и методы формирования уравнений напряженно – деформированного состояния пластин и оболочек при численных реализациях и расчетах конструктивных элементов. Уметь использовать законы физики, математики и механики и методы сопротивления материалов, результаты испытаний механических характеристик материалов, для расчета напряжений, деформаций, прочности, жесткости и устойчивости элементов зданий и сооружений, анализировать результаты испытаний и расчетов. Владеть методами и способами расчета напряженно=деформированного состояния зданий и сооружений, навыками принятия рациональных инженерных решений

2 Место дисциплины в структуре ООП

Изучение дисциплины «Теория расчета пластин и оболочек» базируется на результатах освоения следующих дисциплин/практик: «Математика», «Сопротивление материалов», «Строительная механика», «Теоретическая механика», «Информационные технологии», «Материаловедение в строительстве»

Дисциплина является предшествующей для дисциплин/практик: «Реконструкция и реставрация каменных зданий и сооружений культурного наследия»

3 Объем дисциплины

Объем дисциплины составляет – 4 ЗЕТ

Вид учебной работы	Трудоемкость в академических часах (Один академический час соответствует 45 минутам астрономического часа)	
	Всего	Семестр № 9
Общая трудоемкость дисциплины	144	144
Аудиторные занятия, в том числе:	64	64
лекции	32	32
лабораторные работы	0	0
практические/семинарские занятия	32	32
Самостоятельная работа (в т.ч. курсовое проектирование)	44	44
Трудоемкость промежуточной аттестации	36	36
Вид промежуточной аттестации (итогового контроля по дисциплине)	Экзамен	Экзамен

4 Структура и содержание дисциплины

4.1 Сводные данные по содержанию дисциплины

Семестр № 9

№ п/п	Наименование раздела и темы дисциплины	Виды контактной работы						СРС		Форма текущего контроля
		Лекции		ЛР		ПЗ(СЕМ)		№	Кол. Час.	
		№	Кол. Час.	№	Кол. Час.	№	Кол. Час.			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Введение в дисциплину, основные понятия, роль и специфика курса	1	1			1	2	1	6	Устный опрос
2	Виды двумерных элементов строительных конструкций. Их геометрические и механические особенности и функциональные назначения в различных сооружениях.	2	1			2	2	1, 2	6	Устный опрос
3	Деформации и напряжения оболочек без изгиба. Плосконапряженное состояние элементов конструкций. Диафрагмы.	3	2			3	2	1, 2	6	Устный опрос
4	Основные понятия теории	4	2			4	4	1, 2	6	Устный опрос

	матриц и линейной алгебры, их смысловые реализации в методах численного анализа пластин и оболочек.									
5	Метод конечного элемента в решении задач строительной механики и теории упругости	5	2					1, 2	8	Устный опрос
6	Системы координат в методе конечного элемента, формирование системы разрешающих уравнений	6	2					1, 2	4	Устный опрос
7	Аппроксимация и интерполяция в расчетах пластин и оболочек.	7	2					1	2	Устный опрос
8	Узловые перемещения, обобщенные координаты, интерполирующие полиномы поля перемещений в прямоугольном КЭ плосконапряженного состояния.	8	2					1, 2	4	Устный опрос
9	Формирование вектора деформаций в прямоугольном КЭ плосконапряженного состояния.	9	2			5	2	2	2	Устный опрос
10	Выражение компонент вектора напряжений через узловые перемещения в прямоугольном КЭ плосконапряженного состояния.	10	2			6	2			Устный опрос
11	Формирование разрешающих уравнений для определения коэффициентов матриц	11	2			7	6			Устный опрос

	жесткостей на основе метода возможных работ.									
12	Граничные условия для элементов плосконапряженного состояния. Построение матриц жесткостей прямоугольного КЭ плосконапряженного состояния с учетом граничных условий.	12	2							Устный опрос
13	Треугольный КЭ плосконапряженного состояния.	13	2							Устный опрос
14	Построение матриц ансамбля конечных элементов плосконапряженного состояния	14	2							Устный опрос
15	Основные соотношения теории изгиба тонкостенных пластин	15	2							Устный опрос
16	Простые деформации пластин. Изгиб длинной прямоугольной пластины по цилиндрической поверхности	16	1							Устный опрос
17	Компьютерная реализация методов конечного элемента	17	1			8	6			Устный опрос
18	Современные специализированные программные средства расчета зданий и сооружений на примере программного комплекса (ПК) "SCAD	18	2			9	6			Устный опрос
	Промежуточная аттестация								36	Экзамен
	Всего		32				32		80	

4.2 Краткое содержание разделов и тем занятий

Семестр № 9

№	Тема	Краткое содержание
1	Введение в дисциплину, основные понятия, роль и специфика курса	Цель курса, роль и значение курса ТЕОРИИ РАСЧЕТОВ ПЛАСТИН И ОБОЛОЧЕК среди других дисциплин и в профессиональной деятельности специалиста. Краткий исторический обзор и развитие методов расчетного анализа пластин и оболочек. Основные определения и классификация задач расчета пластин и оболочек. Основные теоретические положения, гипотезы и допущения. Основные особенности, преимущества и недостатки численных и аналитических методов расчета двумерных элементов. Современные достижения и возможности компьютерных методов анализа и моделирования зданий и инженерных сооружений, сконструированных на основе пластин и оболочек.
2	Виды двумерных элементов строительных конструкций. Их геометрические и механические особенности и функциональные назначения в различных сооружениях.	Основные понятия, исходные гипотезы, принимаемые в расчетах двумерных элементов. Особенности напряженно-деформируемого состояния, свойственные различным видам элементов строительных конструкций. Теоретические основы расчетов. Основные понятия теории упругости, используемые в расчетах диафрагм. Векторы деформаций и напряжений Расчетные схемы элементов. Отличительные особенности от расчета стержневых конструкций.
3	Деформации и напряжения оболочек без изгиба. Плосконапряженное состояние элементов конструкций. Диафрагмы.	Основные понятия теории упругости, используемые в расчетах диафрагм. Векторы деформаций и напряжений. Граничные условия для элементов плосконапряженного состояния (диафрагм). Отображение граничных условий в расчетных схемах. Роль и назначение диафрагм в работе высотных зданий. Актуальность использования диафрагм в строительстве высотных зданий. Преимущества исключения деформаций изгиба. Особенность диафрагм с проемами. Эпюры напряжений и деформаций в элементах плосконапряженного состояния. Поле перемещений.
4	Основные понятия теории матриц и линейной алгебры, их смысловые реализации в методах численного анализа пластин и оболочек.	Преимущества численных методов расчета пластин и оболочек. Основные предпосылки и варианты численных методов расчета. Дискретизация параметров континуального элемента, ее возможности. Формирование систем линейных уравнений в дискретных методах расчета. Основные понятия теории матриц и линейной алгебры, их смысловые реализации в методах численного анализа пластин и оболочек.

		Операции с матрицами, используемые в методах численного анализа пластин и оболочек.
5	Метод конечного элемента в решении задач строительной механики и теории упругости	Метод конечного элемента (МКЭ). Формирование матрицы жесткости для стержневого элемента в изопараметрической форме. Существующие подходы к формированию конечных элементов (КЭ) задач теории упругости. Получение матрицы жесткости для конечного элемента плоского напряженного состояния на основе принципа возможных перемещений. МКЭ в задачах изгиба пластин. Практические замечания по применению изопараметрических КЭ.
6	Системы координат в методе конечного элемента, формирование системы разрешающих уравнений	Матрицы жесткостей КЭ в локальных системах координат. Глобальная система координат. Преобразование координат. Формирование ансамбля конечных элементов в глобальной системе координат. Формирование системы разрешающих линейных уравнений ансамбля элементов.
7	Аппроксимация и интерполяция в расчетах пластин и оболочек.	Метод прямой интерполяции. Определение коэффициентов интерполирующего степенного полинома. Построение матрицы разрешающих уравнений в методе прямой интерполяции. Решение системы линейных уравнений в методе прямой интерполяции. Обобщенные координаты при узловом задании функции.
8	Узловые перемещения, обобщенные координаты, интерполирующие полиномы поля перемещений в прямоугольном КЭ плосконапряженного состояния.	Узлы конечного элемента. Прямой метод построения КЭ, его связь с методом перемещений. Выбор интерполирующего полинома. при построении прямоугольного конечного элемента. Определение вектора обобщенных координат. Формирование вектора узловых перемещений и вектор-функции поля перемещений. Выражение вектор-функции поля перемещений через вектор узловых перемещений.
9	Формирование вектора деформаций в прямоугольном КЭ плосконапряженного состояния.	Деформации плоского напряженного состояния. Вектор деформаций. Выражение вектора деформаций через перемещения. Выражение компонент вектора деформаций через узловые перемещения в прямоугольном КЭ плосконапряженного состояния. Построение матрицы выражения вектора деформаций.
10	Выражение компонент вектора напряжений через узловые перемещения в прямоугольном КЭ плосконапряженного состояния.	Модуль Юнга и коэффициент Пуассона в плосконапряженном состоянии. Зависимость напряжений от деформаций в плосконапряженном состоянии. Вектор напряжений в выражении через узловые перемещения. Работа напряжений в теле прямоугольного элемента.
11	Формирование разрешающих	Задание единичных узловых перемещений Формирование интегральных соотношений на

	уравнений для определения коэффициентов матриц жесткостей на основе метода возможных работ.	основе теоремы о взаимности работ. Преобразование интеграла по поверхности к двойному интегралу. Разрешение интегральных выражений. Определение коэффициентов матрицы жесткости КЭ.
12	Граничные условия для элементов плосконапряженного состояния. Построение матриц жесткостей прямоугольного КЭ плосконапряженного состояния с учетом граничных условий.	Наложение связей на перемещения узлов КЭ. Потеря вырожденности матрицы жесткости КЭ. Редуцирование матрицы жесткости КЭ. Граничные условия для элементов плосконапряженного состояния. Построение матриц жесткостей КЭ плосконапряженного состояния с учетом граничных условий.
13	Треугольный КЭ плосконапряженного состояния.	Узлы конечного элемента. Прямой метод построения КЭ, его связь с методом перемещений. Выбор интерполирующего полинома. при построении треугольного конечного элемента. Определение вектора обобщенных координат. Формирование вектора узловых перемещений и вектор-функции поля перемещений. Выражение вектор-функции поля перемещений через вектор узловых перемещений. Определение коэффициентов матрицы жесткости КЭ.
14	Построение матриц ансамбля конечных элементов плосконапряженного состояния	Глобальные и локальные системы координат в построении КЭ плосконапряженного состояния. Ансамбль конечных элементов. Матрицы направляющих косинусов.
15	Основные соотношения теории изгиба тонкостенных пластин	Определение деформаций, напряжений и внутренних моментов в изгибе тонкостенного элемента. Бигармоническое уравнение изгиба тонкостенной пластины. (уравнение Софи Жармен). Аналог с плосконапряженным состоянием.
16	Простые деформации пластин. Изгиб длинной прямоугольной пластины по цилиндрической поверхности	Дифференциальное уравнение цилиндрического изгиба пластинки Цилиндрический изгиб равномерно нагруженной прямоугольной свободно опертой по краям пластинки Цилиндрический изгиб равномерно нагруженной прямоугольной, защемленной по краям, пластинки. Приближенный метод вычисления параметра μ
17	Компьютерная реализация методов конечного элемента	Этапы алгоритмов решения задач методом КЭ. Ввод информации об узлах и КЭ. Построение матриц жесткости и эквивалентных узловых сил. Специфика организации программных модулей построения матриц ансамбля конечных элементов. Формирование и решение систем разрешающих линейных уравнений. Вычисление напряжений в элементах.

18	Современные специализированные программные средства расчета зданий и сооружений на примере программного комплекса (ПК) "SCAD	Идеология, возможности и алгоритмические особенности ПК "SCAD". Интерфейс ПК, Структура исходных данных. Возможности препроцессора. Постпроцессор и анализ результатов. Представление напряженно-деформированного состояния. Блок конструктивного расчета
----	--	---

4.3 Перечень лабораторных работ

Лабораторных работ не предусмотрено

4.4 Перечень практических занятий

Семестр № 9

№	Темы практических (семинарских) занятий	Кол-во академических часов
1	Аппроксимация и интерполяция в расчетах пластин и оболочек.	2
2	Формирование вектора деформаций в прямоугольном КЭ плосконапряженного состояния.	2
3	Формирование разрешающих уравнений для определения коэффициентов матриц жесткостей на основе метода возможных работ.	2
4	Компьютерная реализация прямоугольного КЭ	4
5	Формирование матриц жесткостей КЭ плосконапряженного состояния в локальных системах координат.	2
6	Подготовка данных для расчета стеновых конструкций здания.	2
7	Расчет диафрагм при помощи программного комплекса SCAD	6
8	Расчет пластин при помощи ПК СКАД	6
9	Расчет пластин на примере программного комплекса (ПК) "SCAD	6

4.5 Самостоятельная работа

Семестр № 9

№	Вид СРС	Кол-во академических часов
1	Подготовка к практическим занятиям (лабораторным работам)	30
2	Решение специальных задач	14

В ходе проведения занятий по дисциплине используются следующие интерактивные методы обучения: дискуссия, лекция-провокатор

5 Перечень учебно-методического обеспечения дисциплины

5.1 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

5.1.1 Методические указания для обучающихся по практическим занятиям

Дмитриева Т.Л. Расчет пластины на изгиб. Метод. указания по дисциплине «Теория упругости с основами теории пластичности и ползучести». Иркутск : Изд-во ИрГТУ, 2012
8 с. (Эл. в.)

5.1.2 Методические указания для обучающихся по самостоятельной работе:

Программный комплекс “ Mathcad ” в расчетах статически неопределимых систем
Методические указания по курсу «Строительная механика» для студентов строительных специальностей очного обучения. Составители: В.И.Соболев, Т.Я.Дружинина – Иркутск, 2011.

Дмитриева Т.Л. Решение плоской задачи теории. Методические указания по дисциплине «Теория упругости с основами теории пластичности и ползучести». с примером расчета. Иркутск : Изд-во ИрГТУ, 2011 14 с. (Эл. в)

6 Фонд оценочных средств для контроля текущей успеваемости и проведения промежуточной аттестации по дисциплине

6.1 Оценочные средства для проведения текущего контроля

6.1.1 семестр 9 | Устный опрос

Описание процедуры.

Ответ на вопрос по одной из тем семестра и решение задачи

Критерии оценивания.

Не допускает существенных неточностей в ответах и задачах, правильно применяет теоретические положения при решении практических вопросов и задач, владеет необходимыми навыками и приемами их выполнения.

6.2 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

6.2.1 Критерии и средства (методы) оценивания индикаторов достижения компетенции в рамках промежуточной аттестации

Индикатор достижения компетенции	Критерии оценивания	Средства (методы) оценивания промежуточной аттестации
ПК-1.7	Отработаны требования технического задания. Знания проектных документов, в соответствии с заданием и в соответствии с действующими нормативными документами.	Устное собеседование по результатам освоения теоретического материала дисциплин (зачеты, экзамены),

		приемка отчетов по практике
--	--	-----------------------------

6.2.2 Типовые оценочные средства промежуточной аттестации

6.2.2.1 Семестр 9, Типовые оценочные средства для проведения экзамена по дисциплине

6.2.2.1.1 Описание процедуры

Ответ на вопрос по одной из тем семестра и решение задачи

6.2.2.1.2 Критерии оценивания

Отлично	Хорошо	Удовлетворительно	Неудовлетворительно
Демонстрирует знания в области теории расчета пластин и оболочек на статические воздействия, а также варианты программных реализаций методов расчета конструкций, содержащих двухмерные элементы.	Не допускает существенных неточностей в ответах и задачах, правильно применяет теоретические положения при решении практических вопросов и задач, владеет необходимыми навыками и приемами их выполнения.	Допускает неточности в формулировках, нарушения логической последовательности в изложении материала по дисциплине и решению задач, испытывает затруднения при выполнении практических работ.	Не знает значительной части материала по дисциплине, допускает существенные ошибки, неуверенно, с большими затруднениями выполняет практические работы.

7 Основная учебная литература

1. Бабенко Константин Иванович. Основы численного анализа / К. И. Бабенко, 2002. - 847.
2. Тимошенко С. П. Колебания в инженерном деле / С. П. Тимошенко, 1967. - 444.

8 Дополнительная учебная литература и справочная

1. Аналитические и численные методы расчета прямоугольных пластинок : учеб. пособие / Н. Н. Леонтьев [и др.], 1986. - 86.
2. Безухов Николай Иванович. Устойчивость и динамика сооружений в примерах и задачах : учеб. пособие для строит. спец. вузов / Николай Иванович Безухов, Ольгерд Владимирович Лужин, Николай Вячеславович Колкунов, 1987. - 263.
3. Бахвалов Н. С. Численные методы : учеб. пособие для вузов / Н. С. Бахвалов, Н. П. Жидков, Г. М. Кобельков, 1987. - 598.
4. Динамический расчет сооружений на специальные воздействия / М. Ф. Барштейн [и др.]; под ред.: Б. Г. Коренева, И. М. Рабиновича, 1981. - 215.

9 Ресурсы сети Интернет

1. <http://library.istu.edu/>
2. <https://e.lanbook.com/>

10 Профессиональные базы данных

1. <http://new.fips.ru/>
2. <http://www1.fips.ru/>

11 Перечень информационных технологий, лицензионных и свободно распространяемых специализированных программных средств, информационных справочных систем

1. Microsoft Office 2007 Standard - 2003 Suites и 2007 Suites - поставка 2010
2. SCAD OFFICE 21
3. PTC_MathCAD14

12 Материально-техническое обеспечение дисциплины

1. компьютер 51857, компьютерный зал Г-102