

**Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
"Ивановский государственный политехнический университет"**

УТВЕРЖДАЮ

Директор института _____

_____ 2026 г.

Теория расчета пластин и оболочек

рабочая программа дисциплины (модуля)

Закреплена за кафедрой	СиИС (Строительства и инженерных систем)		
Учебный план	08.05.01 Строительство уникальных зданий и сооружений		
Специализация	Строительство сооружений тепловой и атомной энергетики		
Квалификация	инженер-строитель		
Форма обучения	очная		
Общая трудоемкость	6 ЗЕТ		
Часов по учебному плану	192	Виды контроля в семестрах: экзамен, 10 семестр зачет, 9 семестр	
в том числе:			
аудиторные занятия	90		
самостоятельная работа	70		
часов на контроль	32		

Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр	9		10		Итого	
Вид занятий	УП	РП	УП	РП	УП	РП
Лекции	24	24	24	24	48	48
Практические	22	22	20	20	42	42
Итого ауд.	46	46	44	44	90	90
Контактная работа	46	46	44	44	90	90
Сам. работа	50	50	20	20	70	70
Часы на контроль			32	32	32	32
Итого	96	96	96	96	192	192

Программу составил(и):

Огурцов В.А., профессор, _____

Рецензент(ы):

Алешина А.П., доцент, _____

Рабочая программа дисциплины

Теория расчета пластин и оболочек

Разработана в соответствии с ФГОС ВО

Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования – специалитет по специальности 08.05.01 Строительство уникальных зданий и сооружений. Утвержден приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 31 мая 2017 г. № 483

составлена на основании учебного плана

08.05.01 Строительство уникальных зданий и сооружений

утвержденного ученым советом вуза от 07.05.2026 протокол №7

Рабочая программа одобрена на заседании кафедры

СиИС (Строительства и инженерных систем)

Зав. кафедрой Крупнов Е.И. _____

Согласовано

Зав. выпускающей кафедрой СиИС Крупнов Е.И. _____

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)	
Цели:	Сформировать у студентов теоретические основы и практические навыки расчета тонких пластин и оболочек, используемых в уникальных зданиях и сооружениях тепловой и атомной энергетики. Научить применять методы строительной механики и математического моделирования для оценки напряженно-деформированного состояния (НДС) пространственных конструкций.
Задачи:	Изучить классификацию пластин и оболочек по геометрии, толщине, условиям опирания. Освоить вывод основных дифференциальных уравнений изгиба (Лагранжа, Софи Жермен) и безмоментной теории оболочек. Развить навыки аналитического и численного решения инженерных задач с использованием математического аппарата. Сформировать способность к постановке и решению научно-технических задач в области расчета конструкций.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ	
Цикл (раздел) ОП:	Б1.О.03.15
2.1	Требования к предварительной подготовке обучающегося:
	Основы теории упругости, Основы архитектуры и строительных конструкций, Теоретическая механика, Сопротивление материалов, Строительная механика
2.2	Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:
	Производственная практика (преддипломная), Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы

3. ФОРМИРУЕМЫЕ КОМПЕТЕНЦИИ И ИНДИКАТОРЫ ИХ ДОСТИЖЕНИЯ	
ОПК-1:Способен решать прикладные задачи строительной отрасли, используя теорию и методы фундаментальных наук	
ОПК-1.1. Выявление и классификация физических и химических процессов, протекающих на объекте профессиональной деятельности	
ОПК-1.2. Определение характеристик физического процесса (явления), характерного для объектов профессиональной деятельности,на основе теоретического (экспериментального) исследования	
ОПК-1.4. Представление базовых для профессиональной сферы физических процессов и явлений в виде математического(их) уравнения(й)	
ОПК-1.5. Выбор фундаментальных законов, описывающих изучаемый процесс или явление для решения задач профессиональной деятельности	
ОПК-1.6. Решение инженерных задач с помощью математического аппарата	
ОПК-6:Способен осуществлять и организовывать разработку проектов зданий и сооружений с учетом экономических, экологических и социальных требований и требований безопасности, способен выполнять технико-экономическое обоснование проектных решений зданий и сооружений, осуществлять техническую экспертизу проектов и авторский надзор за их соблюдением	
ОПК-6.9. Определение основных нагрузок и воздействий, действующих на строительные конструкции здания (сооружения)	
ОПК-6.11. Составление расчётной схемы здания (сооружения), определение условий работы элемента строительных конструкций под действием внешних нагрузок	
ОПК-6.12. Оценка прочности, жёсткости и устойчивости элемента строительных конструкций, в т.ч.с использованием прикладного программного обеспечения	
В результате освоения дисциплины (модуля) обучающийся должен:	
Знать:	- Основные понятия, определения и классификацию пластин и оболочек как элементов строительных конструкций. - Базовые гипотезы теории упругости и строительной механики, применяемые при выводе расчетных зависимостей для пластин и оболочек. - Методы решения краевых задач теории пластин и оболочек: аналитические (метод Навье, Леви, вариационные методы) и численные (метод конечных разностей, метод конечных элементов). - Виды нагрузок и воздействий, характерных для эксплуатации пластинчатых и оболочечных конструкций в зданиях и сооружениях, и способы их учета в расчетных моделях - Критерии прочности, жесткости и устойчивости пластин и оболочек, нормативные требования к их расчету. - Принципы построения расчетных схем пластин и оболочек с учетом условий закрепления и характера нагружения . - Основы математического моделирования работы пластин и оболочек, включая возможности применения специализированного программного обеспечения

Уметь:	- Выявлять и классифицировать физические процессы, происходящие в пластинах и оболочках под действием внешних нагрузок (изгиб, кручение, мембранное напряженное состояние, потеря устойчивости) - Определять характеристики физического процесса деформирования пластин и оболочек на основе теоретического анализа. - Составлять расчетные схемы пластин и оболочек, определять граничные условия и условия работы элементов конструкций под действием внешних нагрузок. - Применять фундаментальные законы механики деформируемого твердого тела для описания поведения пластин и оболочек и выбора соответствующих математических моделей - Решать инженерные задачи по определению внутренних усилий, напряжений, перемещений и критических нагрузок для пластин и оболочек простейших форм с использованием аналитических методов и математического аппарата (дифференциальное исчисление, линейная алгебра. - Оценивать прочность, жесткость и устойчивость элементов пластинчатых и оболочечных конструкций, сравнивая полученные результаты с предельно допустимыми значениями - Использовать прикладное программное обеспечение для численного расчета пластин и оболочек сложной геометрии и граничных условий, интерпретировать результаты расчета - Формулировать цели и задачи научно-технического исследования, связанного с расчетом или экспериментальным изучением пластин и оболочек, выбирать методики выполнения - Составлять план проведения эмпирического или численного исследования, определять потребность в ресурсах (вычислительных, временных)
Владеть:	- Навыками представления базовых физических процессов работы пластин и оболочек в виде математических уравнений и их решения - Методикой определения основных нагрузок и воздействий, действующих на пластинчатые и оболочечные конструкции, и включения их в расчетную модель - Навыками оценки прочности, жесткости и устойчивости пластин и оболочек ручным счетом и с использованием прикладного программного обеспечения - Навыками постановки и решения научно-технических задач, связанных с анализом напряженно-деформированного состояния пластин и оболочек - Методами обработки, документирования и представления результатов теоретических и численных исследований пластин и оболочек - Навыками контроля соблюдения требований охраны труда при выполнении расчетных и исследовательских работ, в том числе при работе с вычислительной техникой и специализированным ПО - Способностью осуществлять техническую экспертизу проектных решений, содержащих пластинчатые и оболочечные конструкции, с точки зрения правильности выбранной расчетной схемы и достоверности результатов расчета

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)			
Наименование разделов и тем /вид занятия/	Семестр / Курс	Часов	Примечание
Раздел 1. Основы теории изгиба тонких пластин Тема 1.1. Гипотезы Кирхгофа. Вывод уравнения Софи Жермен – Лагранжа Тема 1.2. Граничные условия. Цилиндрический изгиб Тема 1.3. Прямоугольные пластины. Метод Навье (двойные ряды)			
/Лек/	9	10	
/Пр/	9	8	
/СР/	9	20	
Раздел 2. Энергетические методы Тема 2.1. Полная потенциальная энергия. Метод Ритца Тема 2.2. Метод Бубнова – Галеркина. Применение к пластинам Тема 2.3. Вариационные принципы в теории оболочек			
/Лек/	9	8	
/Пр/	9	8	
/СР/	9	18	
Раздел 3. Безмоментная теория оболочек Тема 3.1. Геометрия поверхностей. Уравнения равновесия Тема 3.2. Цилиндрические, сферические, конические оболочки Тема 3.3. Краевые эффекты в оболочках			
/Лек/	9	6	
/Пр/	9	6	
/СР/	9	12	
/За/	9	0	
Раздел 4. Моментная теория оболочек Тема 4.1. Общие уравнения моментной теории В.З. Власова Тема 4.2. Осесимметричный изгиб цилиндрических оболочек Тема 4.3. Температурные напряжения в оболочках энергосооружений			
/Лек/	10	12	
/Пр/	10	10	
/СР/	10	10	
Раздел 5. Численные методы расчета пластин и оболочек Тема 5.1. Основы метода конечных элементов (МКЭ) для пластин Тема 5.2. Расчет оболочек в программных комплексах (ANSYS, SCAD) Тема 5.3. Верификация численных результатов. Сравнение с аналитикой			
/Лек/	10	12	
/Пр/	10	10	
/СР/	10	10	
/Эк/	10	32	

5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ
В рамках внутренней системы оценки качества подготовки для текущего контроля и промежуточной аттестации в университете применяется балльно-рейтинговая система оценки знаний обучающихся (очной формы обучения). Образовательная деятельность по образовательной программе проводится в форме контактной работы, самостоятельной работы обучающихся, в иных формах. Контактная работа может быть аудиторной, внеаудиторной, а также проводиться в электронной информационно-образовательной среде. Контактная работа при проведении учебных занятий по дисциплине включает в себя: занятия лекционного типа, занятия семинарского типа (практические занятия), групповые консультации, индивидуальную работу обучающихся с педагогическими работниками (в том числе индивидуальные консультации); иную контактную работу (при необходимости), предусматривающую групповую или индивидуальную работу обучающихся с педагогическими работниками. При проведении занятий и организации самостоятельной работы обучающихся используются следующие: Лекции. Информационная лекция в классическом варианте предполагает одностороннее изложение больших объемов информационного материала. Она побуждает к дополнительному изучению книг, разъясняя их ключевые пункты. Лекция-визуализация учит обучающегося преобразовывать устную и письменную информацию в визуальную форму, выделяя при этом наиболее значимые и существенные элементы. На лекции используются схемы, рисунки, чертежи и т.п. Проведение лекции сводится к связанному развернутому комментированию преподавателем подготовленных наглядных пособий. В некоторых случаях к работе по созданию визуальных материалов возможно привлечение и обучающихся (например, поручить некоторым из них подготовить наглядные материалы по разделам темы занятий, которые потом совместно с преподавателем прокомментировать на лекции). В таком случае у обучающихся будут формироваться соответствующие умения, развиваться высокий уровень активности, воспитываться личностное отношение к содержанию обучения. Практические занятия В основе практических занятий лежит упражнение, в рамках которого решаются познавательные задачи и большое

внимание уделяется овладению навыками решения практических задач, умению устанавливать связи между теоретическими основами и практической деятельностью.

6. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА

6. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА

ВОПРОСЫ К ЗАЧЕТУ

1. Ориентированы на индикаторы ОПК-1.1, ОПК-1.4, ОПК-1.5, ОПК-6.9, ОПК-6.11, ОПК-11.1, ОПК-11.4
2. Понятие о пластине и оболочке. Основные геометрические характеристики и классификация тонкостенных пространственных систем.
3. Основные гипотезы теории тонких пластин (гипотезы Кирхгофа-Лява) и их физический смысл.
4. Основные гипотезы теории тонких оболочек и их отличия от гипотез теории пластин.
5. Классификация нагрузок и воздействий, действующих на пластинчатые и оболочечные конструкции зданий и сооружений.
6. Понятие расчетной схемы пластины и оболочки. Как определяются условия работы элемента конструкции?
7. Основные типы граничных условий (закреплений) по контуру прямоугольной пластины.
8. Физическая сущность процесса изгиба тонкой пластины. Изгибающие и крутящие моменты.
9. Дифференциальное уравнение изогнутой поверхности тонкой прямоугольной пластины. Цилиндрическая жесткость пластины.
10. Понятие мембранного напряженного состояния в оболочках. Условия его возникновения.
11. Безмоментная теория оболочек вращения: основные допущения и область применимости.
12. Критерии обеспечения прочности и жесткости при расчете пластин и оболочек.
13. Понятие устойчивости тонкостенных конструкций. Физический смысл критической нагрузки для сжатой пластины.
14. Основные аналитические методы расчета прямоугольных пластин (методы Навье и Леви): суть и особенности применения.
15. Геометрические формы оболочек положительной и отрицательной гауссовой кривизны. Примеры их применения в строительстве.
16. Постановка целей и задач расчетно-теоретического исследования пластинчатой конструкции.
17. Выбор фундаментальных законов механики деформируемого твердого тела для описания работы оболочки.
18. Требования к документированию и оформлению результатов теоретического расчета пластин и оболочек.
19. Методы определения потребности в ресурсах (вычислительных, временных) при проведении эмпирического или численного исследования.
20. Особенности соблюдения требований охраны труда при выполнении расчетных работ с использованием ПЭВМ.

ВОПРОСЫ К ЭКЗАМЕНУ (30 вопросов)

1. Основы технической экспертизы проектных решений: на что обращается внимание при проверке расчетов пластин и оболочек?
2. Вывод и анализ разрешающего дифференциального уравнения изгиба пластины. Граничные условия на контуре.
3. Расчет круглых пластин при осесимметричном изгибе: дифференциальные уравнения, граничные условия и методы решения.
4. Вариационные методы в теории пластин и оболочек (методы Лагранжа, Кастильяно, Бубнова-Галиркина): постановка и применение.
5. Расчет пластин на упругом основании: модели Винклера и Филоненко-Бородича, их математическое описание.
6. Напряженно-деформированное состояние цилиндрической оболочки под действием нормального внутреннего давления.
7. Краевой эффект в оболочках вращения: физическая природа возникновения, длина затухания и методы расчета.
8. Расчет оболочек вращения при несимметричном нагружении: разложение нагрузки и усилий в тригонометрические ряды.
9. Теоретические основы и сложные расчетные модели:
10. Вывод и анализ разрешающего дифференциального уравнения изгиба пластины. Граничные условия на контуре.
11. Расчет круглых пластин при осесимметричном изгибе: дифференциальные уравнения, граничные условия и методы решения.
12. Вариационные методы в теории пластин и оболочек (методы Лагранжа, Кастильяно, Бубнова-Галиркина): постановка и применение.
13. Расчет пластин на упругом основании: модели Винклера и Филоненко-Бородича, их математическое описание.
14. Напряженно-деформированное состояние цилиндрической оболочки под действием нормального внутреннего давления.
15. Краевой эффект в оболочках вращения: физическая природа возникновения, длина затухания и методы расчета.
16. Расчет оболочек вращения при несимметричном нагружении: разложение нагрузки и усилий в тригонометрические ряды.
17. Физическая и геометрическая нелинейность в расчете пластин и оболочек. Учет прогибов в уравнениях равновесия.
18. Особенности расчета ортотропных и анизотропных пластин: уравнения и критерии прочности.
19. Тепловые напряжения в пластинах и оболочках: постановка задачи и методы определения.
20. Устойчивость и динамические расчеты:
21. Устойчивость прямоугольных пластин при сложном напряженном состоянии (сжатие, сдвиг, совместное действие).
22. Потеря устойчивости тонких цилиндрических и сферических оболочек при внешнем равномерном давлении. Теоретические и экспериментальные критические нагрузки.
23. Динамический расчет пластин и оболочек: определение собственных частот и форм колебаний.
24. Численные методы и прикладное ПО: Метод конечных разностей (МКЭ) в теории пластин: аппроксимация производных, учет граничных условий.
25. Метод конечных элементов (МКЭ) в расчете оболочек: классификация оболочечных конечных элементов и критерии их выбора.
26. Алгоритм конечно-элементного моделирования пластинчатых конструкций в ППП (ANSYS, SCAD или ЛИРА-САПР).
27. Интерпретация результатов расчета оболочек в ППП: анализ эпюр усилий, полей напряжений и перемещений.
28. Оценка сходимости и точности численного решения задачи расчета пластины методом конечных элементов.

29. Моделирование контакта и взаимодействия оболочки с другими элементами здания в среде прикладного ПО.
30. Использование современных технологий информационного моделирования (ТИМ) для интеграции аналитических моделей оболочек в общую BIM/ТИМ-модель здания.

ФОС по дисциплине представлен в ПРИЛОЖЕНИИ к РПД.

7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

7.1. Рекомендуемая литература

7.1.1 Основная литература

	Авторы, составители	Заглавие, назначение, ссылка	Издательство, год
Л1.1	Видюшенков С. А.	Теория расчета пластин и оболочек : учебное пособие — Часть 1 , ,	Санкт-Петербург : ПГУПС, 2022,

7.1.2 Дополнительная литература

	Авторы, составители	Заглавие, назначение, ссылка	Издательство, год
Л2.1	Видюшенков С. А.	Теория расчета пластин и оболочек : учебное пособие. Часть 2, ,	Санкт-Петербург : ПГУПС, 2022 ,

7.2. Электронные учебные издания и электронные образовательные ресурсы

E-learning Портал электронного образования ИВГПУ: <https://moodle.ivgpu.ru/>

7.3. Информационное обеспечение дисциплины

7.3.1 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение, в том числе отечественного производства

	Операционная система Windows или отечественная операционная система, офисный пакет Microsoft Office, LibreOffice или Р7-Офис, браузеры для работы с электронными образовательными ресурсами, средства просмотра PDF-документов, табличный редактор для выполнения расчётов, программные средства для подготовки презентаций и схем, доступ к справочно-правовым системам и электронным библиотечным системам.
--	---

7.3.2 Перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем

7.3.2.1	ЭБС издательства "Лань", https://e.lanbook.com/
7.3.2.2	Электронная библиотека ИВГПУ, https://lib.ivgpu.ru/
7.3.2.3	ЭБС "Университетская Библиотека Онлайн", https://biblioclub.ru

8. МТО (ОБОРУДОВАНИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ОБУЧЕНИЯ)

Помещения, оборудование, технические средства обучения.

Помещения для лекционных и практических занятий представляют собой учебные аудитории, оснащенные оборудованием (столы, стулья, меловая доска, наглядные пособия, лабораторные установки), и техническими средствами обучения (компьютер, проектор и экран).

Помещение для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду Университета.

9. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

При освоении дисциплины обучающимся рекомендуется систематически изучать лекционный материал, выполнять практические задания в установленные сроки, работать с нормативно-правовыми и нормативно-техническими документами, анализировать примеры проектной и организационно-технологической документации, вести конспект основных терминов и алгоритмов расчётов. При подготовке к практическим занятиям необходимо предварительно изучать соответствующие разделы нормативных документов и методических материалов, готовить исходные данные для расчётов, оформлять результаты в виде таблиц, схем, пояснительных записок и выводов. Самостоятельная работа должна быть направлена на закрепление навыков постановки задач строительного проекта, календарного и ресурсного планирования, разработки локальных документов, анализа требований безопасности и оценки управленческих решений. При подготовке к зачёту следует повторить формируемые компетенции, основные понятия, нормативную базу, методы планирования, контроля и управления производственными подразделениями.

10. УСЛОВИЯ РЕАЛИЗАЦИИ ООП ВО ДЛЯ ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ И ИНВАЛИДОВ

Преподавание дисциплины должно учитывать особенности познавательной деятельности и личностной особенности обучающихся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья (ОВЗ) и инвалидов (по возможности на лекциях, семинарах, лабораторных работах и т.д.). Учет особенностей обучающихся с инвалидностью в полной мере проявляется на предусмотренных для таких обучающихся индивидуальных консультациях по дисциплине.

Необходимо во время преподавания в общей группе учитывать реальные возможности лиц с ОВЗ и инвалидов. Коррекция методики преподавания для данной группы лиц возможна на индивидуальных занятиях. Преподаватель должен учитывать физиологические особенности обучаемого и разработать рекомендации и приемы выполнения поставленной задачи индивидуально. Возможен подбор индивидуального задания с коррекцией уровня сложности выполняемого задания.

Специальные условия для получения образования обучающимися с ограниченными возможностями здоровья условия обучения, воспитания и развития таких обучающихся, включающие в себя использование специальных образовательных программ и методов обучения и воспитания, специальных учебников, учебных пособий и дидактических материалов, специальных технических средств обучения коллективного и индивидуального пользования, предоставление услуг ассистента (помощника), оказывающего обучающимся необходимую техническую помощь, проведение групповых и индивидуальных коррекционных занятий, обеспечение доступа в здания организаций, осуществляющих образовательную деятельность, и другие условия, без которых невозможно или затруднено освоение образовательных программ обучающимися с ограниченными возможностями здоровья.

При обучении лиц с ограниченными возможностями здоровья электронное обучение и дистанционные образовательные технологии должны предусматривать возможность приема-передачи информации в доступных для них формах.

Необходимо учитывать тот факт, что обучающиеся не всегда имеют физическую возможность посещать занятия. Поэтому целесообразно разрабатывать дистанционную информационную поддержку процесса обучения. Таким средством могут являться обучающие компьютерные фильмы по данной дисциплине, презентации, которые обучающийся может просматривать дома в комфортной среде и без лимита времени.

Обучающиеся из числа лиц с ОВЗ и инвалидов обеспечиваются печатными и (или) электронными образовательными ресурсами в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья.

При проведении занятий в компьютерных лабораториях целесообразно использовать проектор для наиболее удобного размещения обучающегося с ОВЗ при изложении материала занятия.