

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

УТВЕРЖДАЮ

Директор института _____

_____ 2026 г.

Основы теории упругости

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, 6 семестр зачет, 5 семестр	
в том числе:			
аудиторные занятия	74		
самостоятельная работа	86		
часов на контроль	32		

Распределение часов дисциплины по семестрам

Семестр	5		6		Итого	
Вид занятий	УП	РП	УП	РП	УП	РП
Лекции	16	16	24	24	40	40
Практические	14	14	20	20	34	34
Итого ауд.	30	30	44	44	74	74
Контактная работа	30	30	44	44	74	74
Сам. работа	34	34	52	52	86	86
Часы на контроль			32	32	32	32
Итого	64	64	128	128	192	192

Программу составил(и):

Огурцов В.А., профессор, _____

Рецензент(ы):

Алешина А.П., доцент, _____

Рабочая программа дисциплины

Основы теории упругости

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 фундаментальные знания о напряженно-деформированном состоянии упругих тел. Научить применению математического аппарата теории упругости для решения прикладных задач строительной отрасли, включая расчет элементов уникальных зданий и сооружений тепловой и атомной энергетики. Подготовить базу для последующего изучения дисциплин «Теория расчета пластин и оболочек», «Динамика сооружений», «Устойчивость сооружений».
Задачи:	Изучить основные понятия тензорного анализа применительно к напряжениям и деформациям. Освоить вывод и применение уравнений равновесия, геометрических и физических уравнений (закон Гука). Научить решению плоских задач теории упругости (в напряжениях и перемещениях). Сформировать навыки расчета толстостенных труб, массивов, балок-стенок. Обучить применению вариационных методов и метода конечных элементов в теории упругости. Подготовить к оценке прочности, жесткости и устойчивости элементов конструкций (ОПК-6.12) и деформируемости грунтовых оснований (ОПК-6.13).

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ	
Цикл (раздел) ОП:	Б1.О.03.10
2.1	Требования к предварительной подготовке обучающегося:
	Основы архитектуры и строительных конструкций, Теоретическая механика, Сопротивление материалов
2.2	Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:
	Теория расчета пластин и оболочек, Динамика сооружений, Устойчивость сооружений, 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-6.12. Оценка прочности, жёсткости и устойчивости элемента строительных конструкций, в т.ч.с использованием прикладного программного обеспечения	
ОПК-6.13. Оценка устойчивости и деформируемости грунтового основания здания	
В результате освоения дисциплины (модуля) обучающийся должен:	
Знать:	математические модели напряженного и деформированного состояния упругого тела; тензор напряжений, тензор деформаций, инварианты; дифференциальные уравнения равновесия, совместности деформаций; обобщенный закон Гука; постановку и методы решения плоских задач теории упругости; основы численных методов (МКЭ) в теории упругости.
Уметь:	строить расчетные схемы элементов сооружений; решать плоские задачи в напряжениях (функция напряжений Эри) и перемещениях (уравнения Ламе); оценивать напряженное состояние в толстостенных трубах, балках-стенках, грунтовых массивах; использовать прикладное ПО (ANSYS, SCAD) для решения задач упругости.
Владеть:	методами определения напряжений и деформаций в упругих телах произвольной формы; навыками работы с тензорными уравнениями; приемами вариационного подхода (метод Ритца, метод Бубнова – Галеркина).

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)			
Наименование разделов и тем /вид занятия/	Семестр / Курс	Часов	Примечание
Раздел 1. Основные понятия и уравнения теории упругости Тема 1.1. Предмет и задачи теории упругости. Гипотезы сплошности и упругости Тема 1.2. Тензор напряжений. Главные напряжения и главные площадки Тема 1.3. Тензор малых деформаций. Физический смысл компонент Тема 1.4. Закон Гука для изотропного тела. Упругие постоянные			
/Лек/	5	8	
/Пр/	5	6	
/СР/	5	14	
Раздел 2. Дифференциальные уравнения теории упругости Тема 2.1. Уравнения равновесия (в напряжениях). Тема 2.2. Геометрические уравнения (Коши). Уравнения совместности деформаций (Сен-Венана) Тема 2.3. Обобщенный закон Гука. Прямая и обратная форма. Тема 2.4. Полная система уравнений теории упругости. Граничные условия			
/Лек/	5	8	
/Пр/	5	8	
/СР/	5	20	
/За/	5	0	
Раздел 3. Плоские задачи теории упругости Тема 3.1. Плоское напряженное состояние и плоская деформация Тема 3.2. Функция напряжений Эри. Бигармоническое уравнение Тема 3.3. Решение плоской задачи в напряжениях (полиномы, полуобратный метод) Тема 3.4. Решение плоской задачи в перемещениях (уравнения Ламе)			
/Лек/	6	8	
/Пр/	6	8	
/СР/	6	20	
Раздел 4. Прикладные задачи теории упругости Тема 4.1. Расчет толстостенных цилиндров (формула Ламе) Тема 4.2. Контактные задачи. Распределение напряжений под штампом Тема 4.3. Напряжения в массивах грунта (задача Фламана, Буссинеска) Тема 4.4. Расчет балок-стенок и глубоких балок			
/Лек/	6	8	
/Пр/	6	6	
/СР/	6	18	
Раздел 5. Численные и вариационные методы в теории упругости Тема 5.1. Вариационные принципы (принцип Лагранжа, принцип Кастильяно) Тема 5.2. Метод Ритца и метод Бубнова – Галеркина Тема 5.3. Основы метода конечных элементов (МКЭ) в теории упругости Тема 5.4. Решение задач упругости в прикладном ПО (ANSYS, SCAD)			
/Лек/	6	8	
/Пр/	6	6	
/СР/	6	14	
/Эк/	6	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 технологии. Традиционные технологии обучения, предполагающие передачу информации в готовом виде, формирование учебных умений по образцу: информационная лекция, лекция-визуализация, практические занятия, самостоятельная работа. 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 связному 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

ВОПРОСЫ К ЗАЧЕТУ

Разделы 1 и 2: Основные понятия, тензоры напряжений и деформаций, дифференциальные уравнения теории упругости

1. Предмет и задачи теории упругости. Основные гипотезы (сплошности, однородности, изотропии, упругости).
2. Понятие напряжения в точке. Тензор напряжений. Компоненты нормальных и касательных напряжений.
3. Главные напряжения и главные площадки. Инварианты тензора напряжений.
4. Экстремальные касательные напряжения. Круги Мора для объемного напряженного состояния.
5. Понятие деформации в точке. Тензор малых деформаций. Компоненты линейных и угловых деформаций.
6. Геометрические уравнения Коши. Связь перемещений и деформаций.
7. Физические уравнения. Обобщенный закон Гука для изотропного тела (прямая и обратная формы).
8. Упругие постоянные материалов (модуль Юнга, коэффициент Пуассона, модуль сдвига, объемный модуль). Связи между ними.
9. Уравнения равновесия в напряжениях (дифференциальные уравнения статики). Вывод.
10. Уравнения совместности деформаций (Сен-Венана). Необходимость их существования.
11. Полная система уравнений теории упругости. Количество уравнений и неизвестных.
12. Граничные условия в теории упругости (статический и кинематический типы). Примеры.
13. Виды напряженно-деформированного состояния: одноосное, плоское, объемное.
14. Потенциальная энергия деформации. Удельная потенциальная энергия. Формулы через напряжения и деформации.
15. Принцип суперпозиции в линейной теории упругости. Примеры использования.
16. Теорема единственности решения. Условия ее выполнения.
17. Теорема взаимности работ (теорема Бетти). Практическое применение.
18. Вариационные принципы в теории упругости (принцип Лагранжа, принцип Кастильяно).
19. Понятие о численных методах в теории упругости (МКЭ, МГЭ). Области применения.
20. Примеры инженерных задач, решаемых методами теории упругости (расчет фундаментов, толстостенных труб, балок-стенок)

ВОПРОСЫ К ЭКЗАМЕНУ

Разделы 3, 4, 5: Плоские задачи, прикладные задачи теории упругости, численные и вариационные методы

1. Плоское напряженное состояние (ПНС). Допущения и область применения. Примеры.
2. Плоская деформация (ПД). Допущения и область применения. Примеры.
3. Функция напряжений Эри. Бигармоническое уравнение. Его вывод.
4. Решение плоской задачи в напряжениях. Метод полиномов. Примеры (чистый изгиб, растяжение пластины с отверстием).
5. Решение плоской задачи в перемещениях (уравнения Ламе). Граничные условия.
6. Полуобратный метод Сен-Венана. Принцип Сен-Венана.
7. Расчет толстостенных цилиндров под действием внутреннего и внешнего давления. Формулы Ламе.
8. Напряжения в составных цилиндрах (бандажирование). Расчет натягов.
9. Контактные задачи. Распределение напряжений под штампом (задача Буссинеска, задача Фламана).
10. Напряжения в грунтовых массивах от сосредоточенной силы. Формула Буссинеска.
11. Напряжения в грунтовых массивах от распределенной нагрузки (метод угловых точек).
12. Расчет балок-стенок (глубоких балок). Распределение напряжений по высоте.
13. Температурные напряжения в упругих телах. Учет температурных деформаций.
14. Кручение стержней произвольного сечения (задача Сен-Венана). Функция напряжений Прандтля.
15. Вариационный принцип Лагранжа (минимум потенциальной энергии). Пример использования.
16. Вариационный принцип Кастильяно (минимум дополнительной работы).
17. Метод Ритца в теории упругости. Выбор аппроксимирующих функций.
18. Метод Бубнова – Галеркина. Отличие от метода Ритца.
19. Основы метода конечных элементов (МКЭ) в теории упругости. Концепция узловых перемещений.
20. Комплексная задача: Расчет напряженно-деформированного состояния фундаментной плиты АЭС методом конечных элементов.

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	Молотников, В. Я.	Теория упругости и пластичности : учебное пособие, ,	Санкт-Петербург : Лань, 2024.,

7.1.2 Дополнительная литература			
	Авторы, составители	Заглавие, назначение, ссылка	Издательство, год
Л2.1	Филатов Ю. Е.	Введение в механику материалов и конструкций : учебное пособие для вузов ,	Санкт-Петербург : Лань, 2024,
7.1.3 Методические разработки			
	Авторы, составители	Заглавие, назначение, ссылка	Издательство, год
Л3.1	Беклемишев Д. В.	Курс аналитической геометрии и линейной алгебры : учебник для вузов ,	Санкт-Петербург : Лань, 2024,
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			
	SCAD Office (SCAD Dynamics), ЛИРА-САПР, ЛОГОС Прочность, CAE Fidesys , ANSYS		
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)	
Перед лекцией рекомендуется повторять дифференциальные уравнения и матричную алгебру. При решении задач обязательно строить расчетную схему с указанием масс, жесткостей и граничных условий. Для самостоятельной работы использовать видеоразборы методов определения собственных частот. Рекомендуется вести конспект в виде таблиц: система → уравнение движения → решение → частота/форма. При выполнении РГР необходимо провести верификацию численного решения с аналитическим. Подготовку к экзамену начинать за 3–4 недели, используя экзаменационные вопросы и задачи.	

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.	