

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

УТВЕРЖДАЮ

Директор института _____

_____ 2026 г.

Устойчивость сооружений

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

Устойчивость сооружений

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 строительных конструкций на устойчивость (потерю несущей способности) при статических и динамических воздействиях. Подготовить обучающихся к проектированию уникальных зданий и сооружений тепловой и атомной энергетики с учетом явлений потери устойчивости стержней, пластин, оболочек и систем в целом. Развить способность оценивать устойчивость грунтовых оснований и фундаментов энергосооружений.
Задачи:	Изучить классификацию форм потери устойчивости (бифуркация, дивергенция, потеря устойчивости плоской формы изгиба). Освоить энергетический и статический методы определения критических нагрузок. Научить расчету устойчивости центрально- и внецентренно-сжатых стержней с учетом начальных несовершенств. Сформировать навыки расчета устойчивости пластин, оболочек и рамных систем. Изучить основы оценки устойчивости грунтовых оснований (опрокидывание, сдвиг, потеря несущей способности). Обучить использованию прикладного ПО (SCAD, ЛИРА-САПР, ANSYS) для задач устойчивости.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ	
Цикл (раздел) ОП:	Б1.О.03.17
2.1	Требования к предварительной подготовке обучающегося:
	Основы теории упругости, Основы архитектуры и строительных конструкций, Теоретическая механика, Сопротивление материалов, Строительная механика, Механика грунтов.
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	
ОПК-6.13. Оценка устойчивости и деформируемости грунтового основания здания	
В результате освоения дисциплины (модуля) обучающийся должен:	
Знать:	классификацию форм потери устойчивости; статический и энергетический методы определения критических нагрузок; методы расчета устойчивости сжатых стержней, пластин, оболочек, рам; критерии устойчивости грунтовых оснований; нормативные требования к расчету на устойчивость (СП 16.13330, СП 24.13330).
Уметь:	составлять расчетные схемы с учетом возможных форм потери устойчивости; определять критические нагрузки и коэффициенты запаса; использовать прикладное ПО для решения задач устойчивости; оценивать устойчивость оснований и фундаментов.
Владеть:	методами расчета устойчивости стержневых и пластинчато-оболочечных конструкций; навыками работы в SCAD (устойчивость), ЛИРА-САПР, ANSYS; приемами повышения устойчивости конструкций энергосооружений.

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)			
Наименование разделов и тем /вид занятия/	Семестр / Курс	Часов	Примечание
Раздел 1. Основы теории устойчивости упругих систем Тема 1.1. Введение в проблему устойчивости. Классификация форм потери устойчивости Тема 1.2. Статический метод определения критических сил (стержни Эйлера) Тема 1.3. Энергетический метод (критерий Лагранжа – Дирихле).			
/Лек/	9	10	
/Пр/	9	8	
/СР/	9	20	
Раздел 2. Устойчивость стержневых систем Тема 2.1. Устойчивость центрально-сжатых стержней с начальными несовершенствами Тема 2.2. Устойчивость внецентренно-сжатых стержней Тема 2.3. Устойчивость плоских и пространственных рам			
/Лек/	9	8	
/Пр/	9	8	
/СР/	9	18	
Раздел 3. Устойчивость пластин и оболочек Тема 3.1. Устойчивость прямоугольных пластин (дифференциальное уравнение, критическая нагрузка) Тема 3.2. Устойчивость цилиндрических оболочек (загадка Кармана) Тема 3.3. Устойчивость сферических и конических оболочек в энергосооружениях.			
/Лек/	9	6	
/Пр/	9	6	
/СР/	9	12	
/За/	9	0	
Раздел 4. Устойчивость систем с учетом пластичности и ползучести Тема 4.1. Устойчивость за пределом упругости (формулы Энгессера – Ясинского) Тема 4.2. Учет начальных несовершенств и остаточных напряжений Тема 4.3. Потеря устойчивости при ползучести (длительная устойчивость).			
/Лек/	10	10	
/Пр/	10	8	
/СР/	10	8	
Раздел 5. Устойчивость грунтовых оснований и сооружений энергетики Тема 5.1. Потеря устойчивости оснований (сдвиг, опрокидывание, выпор) Тема 5.2. Оценка устойчивости фундаментов глубокого заложения (сваи, опускные колодцы) Тема 5.3. Устойчивость сооружений ТЭС и АЭС с учетом ветровых и сейсмических воздействий Тема 5.4. Устойчивость в программных комплексах (SCAD Stability, ЛИРА-САПР, ANSYS)			
/Лек/	10	14	
/Пр/	10	12	
/СР/	10	12	
/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 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, 2, 3: Основы теории устойчивости, устойчивость стержневых систем, пластин и оболочек

1. Понятие устойчивости равновесия. Виды потери устойчивости (бифуркация, дивергенция, потеря устойчивости плоской формы изгиба).
2. Статический метод определения критической силы для центрально-сжатого стержня. Вывод формулы Эйлера.
3. Влияние граничных условий на величину критической силы. Приведенная длина стержня.
4. Энергетический метод определения критических нагрузок. Критерий Лагранжа – Дирихле.
5. Устойчивость центрально-сжатых стержней с начальными несовершенствами. Влияние эксцентриситета.
6. Устойчивость внецентренно-сжатых стержней. Ядро сечения.
7. Устойчивость плоских рам. Метод перехода от рамы к эквивалентному стержню.
8. Устойчивость пространственных рам. Факторы, влияющие на пространственную потерю устойчивости.
9. Потеря устойчивости плоской формы изгиба балок. Критический момент.
10. Устойчивость прямоугольных пластин. Дифференциальное уравнение изгиба сжатой пластины.
11. Определение критической нагрузки для прямоугольной пластины (метод Навье).
12. Устойчивость цилиндрических оболочек при осевом сжатии. «Загадка Кармана» и роль начальных несовершенств.
13. Устойчивость цилиндрических оболочек при внешнем давлении. Критическое давление.
14. Устойчивость сферических и конических оболочек. Применение в оболочках градиент и куполах АЭС.
15. Коэффициент запаса устойчивости. Нормативные требования (СП 16.13330).
16. Устойчивость составных стержней (решетчатых, перфорированных). Особенности расчета.
17. Устойчивость стержней переменного сечения.
18. Устойчивость тонкостенных стержней открытого профиля (свободное кручение, изгибно-крутильная форма).
19. Экспериментальные методы определения критических нагрузок. Испытания моделей.
20. Примеры аварий сооружений из-за потери устойчивости (башенные краны, компрессорные станции, оболочки хранилищ).

ВОПРОСЫ К ЭКЗАМЕНУ

Разделы 4 и 5: Устойчивость с учетом пластичности и ползучести, устойчивость грунтовых оснований и сооружений энергетики, численные методы

1. Устойчивость стержней за пределом упругости. Формула Энгессера – Кармана (касательный модуль).
2. Формула Энгессера – Ясинского для практических расчетов. Пределы применимости.
3. Учет начальных несовершенств и остаточных напряжений при расчете устойчивости.
4. Потеря устойчивости при ползучести (длительная устойчивость). Методы расчета.
5. Устойчивость гибких нитей и вантовых систем. Применение в большепролетных покрытиях.
6. Устойчивость оболочек с учетом пластичности. Пластический шарнир в оболочке.
7. Численные методы в задачах устойчивости: метод конечных элементов (МКЭ) для собственных значений.
8. Решение задач устойчивости в SCAD Office (модуль SCAD Stability). Алгоритм расчета.
9. Решение задач устойчивости в ЛИРА-САПР (расчет на устойчивость, коэффициенты запаса).
10. Устойчивость грунтовых оснований. Потеря устойчивости по схеме сдвига (скольжения) по подошве фундамента.
11. Оценка устойчивости основания против опрокидывания. Коэффициент запаса.
12. Потеря несущей способности основания (выпор грунта). Методы расчета.
13. Устойчивость свайных фундаментов. Потеря устойчивости сваи как сжатого стержня в грунте.
14. Устойчивость опускных колодцев и кессонов. Обеспечение устойчивости при погружении.
15. Устойчивость сооружений ТЭС и АЭС при ветровых воздействиях. Учет ветровой пульсации.
16. Устойчивость сооружений при сейсмических воздействиях. Опрокидывание зданий и оборудования.
17. Устойчивость резервуаров и силосов под действием сыпучих материалов и жидкостей.
18. Устойчивость большепролетных покрытий (купола, оболочки). Примеры аварий и методы усиления.
19. Повышение устойчивости конструкций. Конструктивные мероприятия (ребра, диафрагмы, связи).
20. Комплексный расчет устойчивости сооружения ТЭС/АЭС с использованием прикладного ПО.

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	Мондрус В. Л., Каракозова А. И., Смирнов В. А.	Устойчивость сооружений : учебно-методическое пособие., ,	– Москва : Издательство МИСИ – МГСУ, 2023. ,

7.1.2 Дополнительная литература			
	Авторы, составители	Заглавие, назначение, ссылка	Издательство, год
Л2.1	Далматов Б. И.	Механика грунтов, основания и фундаменты (включая специальный курс инженерной геологии) : учебник для вузов. – 7-е изд., стер., ,	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 видеозаписи 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.