

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

УТВЕРЖДАЮ

Директор института _____

_____ 2026 г.

Динамика 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

Динамика 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 динамические нагрузки (вибрационные, сейсмические, ударные, ветровые пульсации). Подготовить обучающихся к проектированию уникальных зданий и сооружений тепловой и атомной энергетики с учетом динамических воздействий. Развить способность использовать методы динамики для оценки надежности и безопасности сооружений при эксплуатационных и аварийных режимах.
Задачи:	Изучить основные типы динамических нагрузок и методы их параметризации. Освоить методы определения собственных частот и форм колебаний систем с конечным и бесконечным числом степеней свободы. Научить анализу вынужденных колебаний при гармонических, импульсных и произвольных воздействиях. Сформировать навыки расчета на сейсмические воздействия (акселерограммы, спектральный метод). Обучить использованию прикладного ПО для динамических расчетов

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Цикл (раздел) ОП:	Б1.О.03.16
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
ОПК-11:Способен осуществлять постановку и решение научно-технических задач строительной отрасли, выполнять экспериментальные исследования и математическое моделирование, анализировать их результаты, осуществлять организацию выполнения научных исследований
ОПК-11.1. Формулирование целей, задачи, выбор способов и методик выполнения исследования
ОПК-11.2. Составление плана, проведение эмпирического исследования и определение потребности в ресурсах
ОПК-11.3. Выполнение исследования, обработка и документирование результатов, представление и защита проведенного исследования
ОПК-11.4. Контроль соблюдения требований охраны труда при выполнении исследований
В результате освоения дисциплины (модуля) обучающийся должен:
Знать: классификацию динамических нагрузок и воздействий; методы составления уравнений движения систем с одной и несколькими степенями свободы; способы определения собственных частот и форм колебаний; основы спектрального метода сейсмического расчета; численные методы интегрирования уравнений движения.

Уметь:	составлять расчетные динамические схемы сооружений; выполнять расчет на свободные и вынужденные колебания; применять метод конечных элементов для динамического анализа; использовать нормативную документацию (СП 14.13330, СП 296.1325800)
Владеть:	навыками работы в программных комплексах (SCAD Dynamics, ЛИРА-САПР, ANSYS); методами оценки динамической устойчивости конструкций; приемами демпфирования и виброзащиты сооружений энергетики.

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)			
Наименование разделов и тем /вид занятия/	Семестр / Курс	Часов	Примечание
Раздел 1. Основы динамики систем с конечным числом степеней свободы Тема 1.1. Введение в динамику сооружений. Классификация динамических нагрузок Тема 1.2. Свободные колебания систем с одной степенью свободы. Логарифмический декремент Тема 1.3. Вынужденные колебания при гармоническом воздействии. Резонанс			
/Лек/	9	12	
/Пр/	9	10	
/СР/	9	25	
Раздел 2. Динамика систем с несколькими степенями свободы Тема 2.1. Составление уравнений движения в матричной форме Тема 2.2. Определение собственных частот и форм колебаний (метод итераций, метод В.3. Власова) Тема 2.3. Ортогональность форм. Разложение вынужденных колебаний по формам			
/Лек/	9	6	
/Пр/	9	6	
/СР/	9	15	
Раздел 3. Динамика систем с распределенными параметрами Тема 3.1. Продольные и поперечные колебания стержней. Уравнение Бернулли – Эйлера Тема 3.2. Колебания пластин и оболочек (краткий обзор) Тема 3.3. Учет демпфирования в распределенных системах			
/Лек/	9	6	
/Пр/	9	6	
/СР/	9	10	
/За/	9	0	
Раздел 4. Динамические воздействия и методы их учета Тема 4.1. Импульсные и ударные нагрузки. Коэффициент динамичности Тема 4.2. Вибрационные нагрузки от машинного оборудования ТЭС и АЭС Тема 4.3. Сейсмические воздействия. Акселерограммы. Спектральный метод			
/Лек/	10	12	
/Пр/	10	10	
/СР/	10	10	
Раздел 5. Численные методы и прикладное ПО в динамике сооружений Тема 5.1. Метод конечных элементов в динамике. Матрицы масс и жесткости Тема 5.2. Решение задач динамики в SCAD Dynamics, ЛИРА-САПР, ANSYS Тема 5.3. Верификация динамических расчетов. Анализ погрешностей			
/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 проводится 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

1. Классификация динамических нагрузок, действующих на сооружения тепловой и атомной энергетики. Приведите примеры.
2. Дайте определение системы с одной степенью свободы. Приведите расчетную схему для турбоагрегата на упругом фундаменте.
3. Вывод дифференциального уравнения свободных колебаний системы с одной степенью свободы без учета демпфирования.
4. Определение круговой частоты, циклической частоты и периода собственных колебаний. Формулы, единицы измерения.
5. Влияние демпфирования на свободные колебания. Логарифмический декремент колебаний. Физический смысл.
6. Вынужденные колебания системы с одной степенью свободы при гармоническом воздействии. Дифференциальное уравнение, его частное и общее решение.
7. Коэффициент динамичности: определение, график зависимости от отношения частот. Зоны резонанса.
8. Явление резонанса. Примеры из практики проектирования и эксплуатации сооружений ТЭС и АЭС.
9. Составление уравнений движения для системы с двумя степенями свободы в матричной форме.
10. Определение собственных частот и форм колебаний для системы с двумя степенями свободы (характеристическое уравнение).
11. Свойство ортогональности собственных форм колебаний. Практическое значение.
12. Метод разложения вынужденных колебаний по собственным формам (метод главных координат).
13. Динамика систем с распределенными параметрами. Уравнение поперечных колебаний стержня (Бернулли – Эйлера). Граничные условия.
14. Определение собственных частот и форм колебаний для шарнирно-опертой балки. Вывод частотного уравнения.
15. Продольные колебания стержня. Волновое уравнение. Скорость распространения упругих волн.
16. Колебания пластин (краткий обзор). Уравнение Софи Жермен – Лагранжа для изгибных колебаний.
17. Колебания цилиндрических оболочек. Безмоментная и моментная теории. Применение для расчета оболочек градирен и реакторных зданий.
18. Учет демпфирования в системах с распределенными параметрами (внутреннее трение, конструкционное демпфирование).
19. Метод конечных элементов в динамике сооружений: основные понятия (матрица масс, матрица жесткости, матрица демпфирования).
20. Защита сооружений от динамических воздействий: виброизоляция, динамические гасители колебаний, демпферы. Примеры для энергообъектов.

ВОПРОСЫ К ЭКЗАМЕНУ

1. Импульсные и ударные нагрузки. Коэффициент динамичности при импульсном воздействии.
2. Действие внезапно приложенной постоянной нагрузки на систему с одной степенью свободы. Анализ переходного процесса.
3. Вибрационные нагрузки от машинного оборудования ТЭС и АЭС. Источники вибрации, способы их учета в расчете.
4. Сейсмические воздействия. Понятие акселерограммы, основные параметры (амплитуда, длительность, частотный состав).
5. Спектральный метод расчета сооружений на сейсмические нагрузки. Спектр реакции.
6. Определение сейсмической нагрузки по СП 14.13330. Коэффициенты динамичности, формы колебаний.
7. Метод конечных элементов в динамике сооружений: матрица масс (сосредоточенная, согласованная), матрица жесткости.
8. Учет демпфирования в МКЭ: модель Релея (пропорциональное демпфирование). Определение коэффициентов α и β .
9. Решение задачи на собственные колебания методом конечных элементов. Характеристическое уравнение.
10. Прямое интегрирование уравнений движения: метод центральных разностей, метод Ньюмарка. Устойчивость и точность.
11. Вынужденные колебания системы с несколькими степенями свободы при гармоническом воздействии. Метод комплексных амплитуд.
12. Динамические гасители колебаний (гаситель Фохта). Принцип работы, настройка.
13. Виброизоляция сооружений. Расчет эффективности виброизоляции (коэффициент передачи).
14. Динамика пространственных рамных конструкций. Редукция степеней свободы.
15. Колебания пластин. Частотное уравнение для прямоугольной пластины (метод Навье).
16. Колебания цилиндрических оболочек. Формулы для определения низших частот (моментная теория).
17. Динамическая устойчивость стержней и оболочек. Параметрический резонанс.
18. Расчет сооружений на действие ветровой пульсации. Нормативный метод (СП 20.13330). Пульсационная составляющая.
19. Экспериментальные методы определения динамических характеристик сооружений. Вибрационные испытания.
20. Комплексный пример расчета динамической реакции сооружения ТЭС/АЭС на сейсмическое воздействие с использованием прикладного ПО (SCAD Dynamics, ЛИРА-АПР)

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	Динамика зданий и сооружений: учебное пособие.	Сулейманова Л.А., Есипов С.М., Амелин П.А., ,	Белгород: БГТУ им. В.Г. Шухова, 2023,

7.1.2 Дополнительная литература

	Авторы, составители	Заглавие, назначение, ссылка	Издательство, год
Л2.1	И. А. Енговатов, И. Е. Воронков	Проектирование, строительство и вывод из эксплуатации объектов использования атомной и тепловой энергии, ,	МИСИ — МГСУ (Москва), 2023,

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
--	--

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.