

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение
высшего образования
«Воронежский государственный технический университет»**

«УТВЕРЖДАЮ»

Декан строительного факультета

/ Панфилов Д. В. /
«17» января 2025 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Динамика сооружений»

Направление подготовки 08.04.01 Строительство

Программа Проектирование, расчет и изготовление строительных сооружений и их элементов

Квалификация выпускника магистр

Нормативный период обучения 2 года

Форма обучения очная

Год начала подготовки 2025

Автор программы
Заведующий кафедрой
Строительной механики

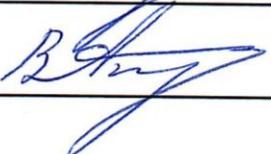




С.Ю. Гриднев

В.А. Козлов

Руководитель ОПОП



В.А. Козлов

Воронеж 2025

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1. Цели дисциплины

Ознакомить будущего специалиста с методами расчета сооружений и конструкций на силовые динамические воздействия, ветровые и сейсмические нагрузки, используемыми при проектировании и прочностных расчетах конструкций зданий и сооружений

1.2. Задачи освоения дисциплины

–ознакомить студентов с видами динамических нагрузок, способами составления и решения уравнений движения динамических систем при проектировании и прочностных расчетах конструкций зданий и сооружений;

–научить студентов владению и применению методов решения задач определения спектра частот и форм собственных колебаний динамических систем, параметров их вынужденных колебаний;

– ознакомиться с особенностями динамического расчета зданий и сооружений на действие эксплуатационных нагрузок аналитическими методами, а также с использованием современных вычислительных комплексов

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина «Динамика сооружений» относится к дисциплинам части, формируемой участниками образовательных отношений блока Б1.

3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Процесс изучения дисциплины «Динамика сооружений» направлен на формирование следующих компетенций:

ПК-3 - Способен разрабатывать методики, планы и программы проведения научных исследований и разработок, готовить задания для исполнителей, прогнозировать результаты

ПК-5 - Способен создавать новые и совершенствовать существующие методики расчета и проектирования строительных конструкций и их элементов

Компетенция		Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции
ПК-3	знать	методики, планы и программы проведения научных исследований и разработок
	уметь	готовить задания для исполнителей, организовывать проведение экспериментов и испытаний
	владеть	способностью разрабатывать программы проведения научных исследований, анализировать и обобщать результаты экспериментов и испытаний
ПК-5	знать	основные методики для расчета и проектирования строительных конструкций на динамические нагрузки
	уметь	выбирать рациональные расчетные схемы для выполнения системных и параметрических численных исследований

	владеть	способностью анализа результатов расчетов разработку для подбора оптимальных параметров элементов сооружений
--	---------	--

4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины «Динамика сооружений» составляет 5 з.е.

Распределение трудоемкости дисциплины по видам занятий

Очная форма обучения

Виды учебной работы	Всего часов	Семестры
		2
Аудиторные занятия (всего)	48	48
В том числе:		
Лекции	16	16
Практические занятия (ПЗ)	32	32
Самостоятельная работа	105	105
Курсовой проект	+	+
Часы на контроль	27	27
Виды промежуточной аттестации - зачет	+	+
Общая трудоемкость: академические часы	180	180
зач. ед.	5	5

5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

5.1 Содержание разделов дисциплины и распределение трудоемкости по видам занятий

Очная форма обучения

№ п/п	Наименование темы	Содержание раздела	Лекции	Прак зан.	СРС	Всего час
1	Основные понятия и определения динамики сооружений	Предмет и задачи динамики сооружений. Виды колебаний. Динамические воздействия, их особенности и классификация. Силы инерции. Понятия массы, момента инерции, динамических степеней свободы системы. Динамические расчетные схемы. Понятия и расчет коэффициентов жесткости, податливости, демпфирования. Реологические модели. Три вида сил неупругого сопротивления колебаниям: вязкое, постоянное, по гипотезе Е.С. Сорокина. Уравнения движения.	4	6	23	33
2	Методы динамического расчета конструкций зданий и	Свободные и вынужденные колебания систем с одной степенью свободы при силовых и кинематических воздействиях. Прямая и обратная форма уравнений движения. Динамические параметры системы: частота	6	14	42	62

	сооружений	<p>круговая и техническая, период, амплитуда. Логарифмический декремент, коэффициент затухания. Влияние сил трения на амплитуду и частоту колебаний. Расчет на заданные начальные условия. Понятие об амплитудно-частотной характеристике системы (АЧХ). Резонанс. Воздействия при работе неуравновешенных машин. Свободные и вынужденные колебания систем конечным числом степеней свободы при силовых и кинематических воздействиях. Определение частот и форм собственных колебаний. Спектр частот. Условия ортогональности собственных форм. Расчет на заданные начальные условия. Алгоритмы расчета вынужденных колебаний на силовые и кинематические воздействия, включая метод разложения решения в ряд по собственным формам. Понятие о парциальных подсистемах и частотах. Теория виброгашения. Свободные и вынужденные колебания простой шарнирно-опертой балки как системы с бесконечным числом степеней свободы. Определение частот и собственных форм. Динамический расчет на произвольное силовое и кинематическое возмущение с использованием разложения по собственным формам и интеграла Дюамеля.</p>				
3	Специальные вопросы динамики сооружений	<p>Распространение волн в упругой среде. Дифференциальные уравнения колебаний упругих сред. Построение волновых решений. Волны растяжения-сжатия, сдвига и поверхностные волны. Расчет скоростей распространения волн. Природа землетрясений. Оценка землетрясения по магнитуде и шкале Рихтера. Сейсмическое районирование. Модели воздействий и сооружений при расчете на сейсмику. Методика динамического расчета по строительным нормам. Физиологическое влияние вибрации на людей. Классификация параметров, оказывающих физиологическое воздействие вибрации: частота, амплитуда и продолжительность. Санитарные нормы. Оценка влияния вибрации по перемещениям, скоростям и ускорениям. Расчет влияния вибрации по санитарным нормам для перемещений, скоростей и ускорений.</p>	3	8	20	31
4	Динамический расчет пространств	<p>Применение современных вычислительных комплексов «MicroFE», «LIRA» или «SCAD» для определения динамических характеристик</p>	3	4	20	27

венных каркасов промыш- ленных зданий	динамического расчета зданий и сооружений на действие динамической сосредоточенной нагрузки				
Итого		16	32	105	153

5.2 Перечень лабораторных работ

Не предусмотрено учебным планом

6. ПРИМЕРНАЯ ТЕМАТИКА КУРСОВОГО ПРОЕКТА

В соответствии с учебным планом освоение дисциплины предусматривает выполнение курсового проекта во 2-ом семестре для очной формы обучения.

Примерная тематика курсового проекта: «Расчет свободных и вынужденных колебаний систем с конечным числом степеней свободы»

Задачи, решаемые при выполнении курсового проекта:

- Составление дифференциальных уравнений движения свободных и вынужденных колебаний динамических систем с различным числом степеней свободы

- Определение параметров свободных колебаний упругой системы при заданных начальных условиях

- Проверка прочности при вынужденных колебаниях

- Подбор параметров виброгасителей.

Курсовой проект включает в себя графическую часть и расчетно-пояснительную записку.

А. Задание. В задании содержатся:

1. Геометрическая схема, основные размеры в m .
2. Расположение инертных элементов, их масса M (дана в t) или размеры (даны в m) и плотность ρ (t/m^3).
3. Характеристики поперечных сечений стержней, модуль упругости материала $ГПа$.
4. Начальные условия свободных колебаний: линейные (или угловые) начальное смещение u_0 (φ_0) и начальная скорость \dot{u}_0 ($\dot{\varphi}_0$).
5. Амплитудное значение силового гармонического возмущения P_0 (kH) или M_0 (kNm), его циклическая частота Ω (задана в долях от частоты свободных колебаний ω).

Вторая часть *Выполненная работа* должна содержать следующее:

1. Задание (схема с указанием размеров и др. расчетных параметров, выполнить в масштабе).
2. Составление дифференциальных уравнений движения.
 - 2.1. Определение числа динамических степеней свободы, назначение обобщенных параметров перемещений, определяющих положение инертных элементов системы в произвольный момент времени, указание их на схеме.
 - 2.2. Запись дифференциальных уравнений движения в прямой или обратной форме (форма записи определяется сравнительной трудностью определения

коэффициентов жесткости c_{ij} или податливости δ_{ij}).

- 2.3. Определение коэффициентов инертности M, Θ ; коэффициентов жесткости c_{ij} (без учета влияния продольных сил на деформацию изгиба) или податливости δ_{ij} в зависимости от выбранной формы записи уравнений движения.
3. Определение частот и форм свободных колебаний упругой системы.
 - 3.1. Запись системы уравнений относительно амплитуд и условия для определения собственных частот и их решение.
 - 3.2. Построение спектра собственных частот и форм колебаний с проверкой условия ортогональности собственных форм.
 - 3.3. Определение начальных фаз колебаний β_i .
4. Определение характера движения системы при заданном начальном возмущении.
 - 4.1. Запись системы уравнений относительно амплитуд и ее решение.
 - 4.2. Изображение системы в момент времени $t=1 \text{ сек.}$
5. Расчет вынужденных колебаний упругой системы.
 - 10.1 Запись уравнений относительно амплитуд и их решение.
 - 10.2 Изображение системы в произвольный момент времени.
 - 10.3 Подбор параметров виброгасителей и мероприятия по виброизоляции.

Определение условия виброгашения, нахождение соответствующего параметра жесткости или инертности, при котором оно происходит. Вычисление амплитуды, соответствующей найденному из условия виброгашения параметру.

7. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

7.1. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкалы оценивания

7.1.1 Этап текущего контроля

Результаты текущего контроля знаний и межсессионной аттестации оцениваются по следующей системе:

«аттестован»;

«неаттестован».

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Аттестован	Не аттестован
	Знать методики, планы и программы проведения научных исследований и разработок	Решение задач по выбору рациональных расчетных схем и их методов расчета, а также моделей динамического нагружения	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
ПК-3	Уметь готовить задания для	Решение задач по выбору и обоснованию программ	Выполнение работ в срок,	Невыполнение работ в срок,

	исполнителей, организовывать проведение экспериментов и испытаний	проведения научных исследований с выбором основных параметров	предусмотренный в рабочих программах	предусмотренный в рабочих программах
	Владеть способностью разрабатывать программы проведения научных исследований, анализировать и обобщать результаты экспериментов и испытаний	Формирование навыков по подготовке программ проведения параметрических исследований, анализу и обобщению полученных результатов	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
ПК-5	Знать основные методики для расчета и проектирования строительных конструкций на динамические нагрузки	Решение прикладных задач по подбору и обоснованию методик расчета и проектирования строительных конструкций на динамические нагрузки исследований	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	Уметь выбирать рациональные расчетные схемы для выполнения системных и параметрических численных исследований	Решение задач по выбору рациональных расчетных схем и моделей динамического нагружения	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	Владеть способностью анализа результатов расчетов разработку для подбора оптимальных параметров элементов сооружений	Формирование навыков системного анализа и обобщению полученных результатов с позиции приоритетного влияния параметров	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах

7.1.2 Этапы промежуточного контроля знаний

Результаты промежуточного контроля знаний оцениваются во 2 семестре для очной формы обучения по двухбалльной системе:

«зачтено»

«незачтено»

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Зачтено	Не зачтено
ПК-3	Знать методики, планы и программы проведения научных исследований и разработок	Тест	Выполнение теста на 70-100%	Выполнение менее 70%
	Уметь готовить задания для исполнителей, организовывать проведение экспериментов и испытаний	Решение стандартных практических задач	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
	Владеть способностью разрабатывать программы проведения научных исследований, анализировать и обобщать результаты экспериментов и испытаний	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
ПК-5	Знать основные методики для расчета и проектирования строительных конструкций на динамические нагрузки	Тест	Выполнение теста на 70-100%	Выполнение менее 70%
	Уметь выбирать рациональные расчетные схемы для выполнения системных и параметрических численных исследований	Решение стандартных практических задач	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
	Владеть способностью анализа результатов расчетов разработку для подбора оптимальных параметров элементов сооружений	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены

7.2 Примерный перечень оценочных средств (типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности)

7.2.1 Примерный перечень заданий для подготовки к тестированию

1. Динамика сооружений - раздел строительной механики, который посвящен расчету сооружений на ... нагрузки:

- 1) статические и динамические;
- 2) динамические;
- 3) распределенные;
- 4) сосредоточенные;
- 5) случайные.

2. Мерой инерции при вращательном движении являются:

- 1) масса и момент инерции тела
- 2) масса тела
- 3) момент инерции тела
- 4) момент инерции боковой поверхности тела
- 5) центробежный момент

3. Момент инерции тела вычисляется по формуле:

1) $\theta = b\rho(J_x + J_y + J_z)$; 2) $\theta = \frac{bh^3}{12}$; 3) $\theta = \frac{b^3h}{12}$

4) $\theta = b\rho(J_x + J_y)$; 5) $\theta = \rho b h b$

4. Динамическая расчетная схема- это:

- 1) совокупность соединенных шарнирно неинертных элементов
- 2) схема расположения инертных элементов системы, соединенных упругими и неупругими связями
- 3) схема расположения инертных элементов системы, соединенных шарнирами
- 4) основная система
- 5) схема расположения инертных элементов системы, соединенных инертными связями

5. Одной из главных характеристик динамической расчетной схемы является:

- 1) время приложения нагрузок
- 2) количество приложенных сил
- 3) число наложенных связей
- 4) характер воздействия нагрузок
- 5) число степеней свободы

6. Коэффициентом жесткости упругой связи называется:

- 1) величина силы или пары сил, которую необходимо приложить к упругой связи, чтобы вызвать ее деформацию равную единице
- 2) величина линейного или углового перемещения, которую получает упругая связь от единичной силы или пары сил
- 3) величина линейного или углового перемещения, которую получает упругая связь от ее амплитудного значения нагрузки
- 4) величина силы или пары сил, которую необходимо приложить к упругой связи, чтобы вызвать ее сжатие
- 5) величина линейного или углового перемещения, которую получает упругая связь от собственного веса

7. Элемент матрицы жесткости не может иметь следующую размерность:

1) $\frac{kH}{m}$ 2) $\frac{kH}{рад}$ 3) $\frac{kHm}{рад}$ 4) $\frac{kHm}{m}$ 5) $\frac{m^2}{kH}$

8. Уравнения движения могут быть записаны:

- 1) только в прямой форме

- 2) только в обратной форме
- 3) в развернутой форме
- 4) в прямой и обратной формах
- 5) в общей форме

9. Формула для вычисления сил трения $F_{тр} = \lambda v$ соответствует модели:

- 1) сил вязкого сопротивления
- 2) сил Кулона
- 3) модели Сорокина
- 4) комбинированной модели
- 5) Фойгта

10. При последовательном соединении упругих связей эквивалентная жесткость вычисляется по формуле:

- 1) $c_{э\text{кв}} = \frac{c_1 - c_2}{c_1 + c_2}$;
- 2) $c_{э\text{кв}} = \frac{c_1 \cdot c_2}{c_1 + c_2}$;
- 3) $c_{э\text{кв}} = \frac{c_1}{c_2}$;
- 4) $c_{э\text{кв}} = \frac{c_1 + c_2}{c_1 \cdot c_2}$
- 5) $c_{э\text{кв}} = c_1 + c_2$

7.2.2 Примерный перечень заданий для решения стандартных задач

1. Уравнение свободных колебаний системы с одной степенью свободы без учета затухания в прямой форме имеет вид:

- 1) $M\ddot{U} + CU = 0$
- 2) $M\ddot{U} + CU^r = 0$
- 3) $M\ddot{U} + \lambda\dot{U} + CU^r = 0$
- 4) $M\ddot{U} + CU = F_{вн}$
- 5) $M\ddot{U} + \lambda\dot{U} + CU = 0$

2. Частота свободных колебаний системы с одной степенью свободы без учета затухания при вращательных движениях вычисляется по формуле:

- 1) $k_\varphi = \sqrt{\frac{c_\varphi}{\theta_\varphi}}$ сек ;
- 2) $k = \sqrt{\frac{1}{\delta M}}$;
- 3) $k = \sqrt{\frac{c}{M}}$;
- 4) $k = \sqrt{\frac{c}{M}}$;
- 5) $k_\varphi = \sqrt{\frac{1}{\delta_\varphi M}}$

3. Циклическая частота свободных колебаний системы с одной степенью это число полных колебаний за:

- 1) π сек

- 2) 1 сек
- 3) 2π сек
- 4) $\pi / 2$ сек

5) 1 час

4. Период колебаний это:

- 1) время действия возмущающей силы
- 2) время затухания свободных колебаний
- 3) время достижения максимальной амплитуды
- 4) время от начала до конца колебательного процесса
- 5) время одного полного колебания

5. Амплитуда свободных колебаний системы с одной степенью с учетом затухания зависит от:

- 1) начальных условий
- 2) начальных условий и коэффициента вязкого трения
- 3) коэффициента вязкого трения
- 4) начальной фазы
- 5) начальной фазы и коэффициента вязкого трения

6. Частота свободных колебаний системы с одной степенью с учетом затухания вычисляется по формуле:

$$1) \bar{k} = \sqrt{k^2 - \lambda^2}; \quad 2) \bar{k} = \sqrt{k^2 + \lambda^2}; \quad 3) \bar{k} = \sqrt{\lambda^2 + k^2};$$

$$4) \bar{k} = \sqrt{k + \lambda}; \quad 5) \bar{k} = \sqrt{k - \lambda^2}$$

7. Динамический коэффициент вычисляется по формуле:

$$1) 1 + \mu = \frac{1}{1 - \frac{\omega^2}{k^2}}; \quad 2) 1 + \mu = 1 - \frac{\omega^2}{k^2}; \quad 3) 1 + \mu = \frac{1}{\frac{\omega^2}{k^2} - 1}$$

$$4) 1 + \mu = \frac{1}{\omega^2 + k^2}; \quad 5) 1 + \mu = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{\omega^2}{k^2}}}$$

8. Установившийся режим движения это:

- 1) режим, при котором свободные колебания затухают
- 2) режим, при котором свободные колебания затухли
- 3) режим, при котором свободные колебания накладываются на вынужденные
- 4) режим, при котором вынужденные колебания затухают
- 5) режим, при котором вынужденные колебания затухли

9. При совпадении собственной частоты и частоты возмущающей

силы происходит:

- 1) резкое увеличение амплитуды колебаний
- 2) резкое уменьшение амплитуды колебаний
- 3) резкое увеличение частоты возмущения
- 4) резкое уменьшение частоты возмущения
- 5) имеет место установившийся режим движения

10. Комплекс мероприятий по уменьшению колебаний и усилий в упругих связях называется:

- 1) вибропоглощением
- 2) виброизоляцией
- 3) виброгашением
- 4) стабилизацией
- 5) модуляцией

7.2.3 Примерный перечень заданий для решения прикладных задач

1. Для высокочастотной модели автомобиля эквивалентная жесткость вычисляется по формуле:

$$1) c_{\text{эkv}} = c_p - c_{\text{ш}}; \quad 2) c_{\text{эkv}} = c_p + c_{\text{ш}}; \quad 3) c_{\text{эkv}} = \frac{c_p \cdot c_{\text{ш}}}{c_p + c_{\text{ш}}}; \quad 4) c_{\text{эkv}} = \frac{c_p + c_{\text{ш}}}{c_p \cdot c_{\text{ш}}} \quad 5)$$

$$c_{\text{эkv}} = \frac{c_p + c_{\text{ш}}}{2}$$

2. Частота кинематического возмущения при переезде через одиночную неровность вычисляется по формуле:

$$1) \omega = \frac{2\nu}{1}; \quad 2) \omega = \frac{2l\nu}{\pi}; \quad 3) \omega = \frac{2\pi\nu}{1}; \quad 4) \omega = \frac{4\pi\nu}{1}; \quad 5) \omega = \frac{\nu}{1}$$

3. По формуле $\delta = \ln \frac{a_i}{a_{i+1}}$ вычисляется:

- 1) степень неустойчивости колебаний
- 2) логарифмический декремент затухания
- 3) степень устойчивости колебаний
- 4) степень вероятности колебаний
- 5) степень разброса колебаний

4. Виброграф является прибором для записи:

- 1) ускорений
- 2) перемещений
- 3) спектрограмм

- 4) стабилизаций
- 5) модуляций

5. Число частот свободных колебаний спектра системы равно:

- 1) степени статической неопределимости
- 2) числу инертных элементов
- 3) числу неинертных связей
- 4) числу степеней свободы
- 5) числу опорных связей

6. Частоты свободных колебаний системы с конечным числом степеней свободы получают решением:

- 1) экспоненциального уравнения
- 2) трансцедентного уравнения
- 3) дифференциального уравнения
- 4) векового уравнения
- 5) интегрального уравнения

7. Для ординат собственных форм выполняется процедура:

- 1) склейки
- 2) уравнивания
- 3) сглаживания
- 4) дифференцирования
- 5) нормирования

8. Для ординат собственных форм выполняется проверка условия:

- 1) зависимости
- 2) линейности
- 3) ортогональности
- 4) взаимности
- 5) независимости

9. При наложении связи на один из инертных элементов системы с n степенями свободы получают:

- 1) заданную систему
- 2) основную систему
- 3) парциальную систему
- 4) шарнирную схему
- 5) кинематическую схему

10. Применение специальных устройств для уменьшения колебаний конструкций называется:

- 1) виброизоляция
- 2) вибростабилизацией
- 3) вибропоглощением
- 4) вибромодуляцией

5) виброгашением

11. Рессоры в динамических моделях автомобиля с пятью степенями свободы моделируются упругими связями

- 1) линейными
- 2) линейно-кусочными с двумя участками
- 3) линейно-кусочными с тремя участками
- 4) линейно-кусочными с четырьмя участками
- 5) линейно-кусочными с пятью участками

12. При переезде через одиночную неровность динамической модели автомобиля с 5 степенями критическими могут быть:

- 1) одна скорость
- 2) две скорости
- 3) четыре скорости
- 4) пять скоростей
- 5) нет критических скоростей

13. При приближении частоты возмущения к парциальной частоте динамической системы амплитуды колебаний:

- 1) резко возрастают
- 2) резко уменьшаются
- 3) не изменяются
- 4) возрастают в 2π раза
- 5) возрастают в π раз

14. Не бывает формы равновесия:

- 1) устойчивой
- 2) безразличной
- 3) неустойчивой
- 4) зависимой
- 5) критической

15. Момент смены видов напряженного состояния называется:

- 1) бифуркацией
- 2) биением
- 3) биномальным
- 4) бидинамическим
- 5) биметрическим

16. Влияние продольной силы в эпюрах при деформационном расчете учитываются с помощью:

- 1) функций Крылова
- 2) функций влияния
- 3) функций форм

4) тригонометрических функций

5) функций зависимости

17. Уравнение свободных колебаний шарнирно опертой балки, как системы с ∞ числом степеней свободы, имеет вид:

1) $EJ_z \frac{\partial^2 y(x,t)}{\partial x^2} + m_0 \frac{\partial^2 y(x,t)}{\partial t^2} = 0$, 2) $EJ_z \frac{\partial^2 y(x,t)}{\partial x^2} + m_0 \frac{\partial^4 y(x,t)}{\partial t^4} = 0$,

3) $m_0 \frac{\partial^4 y(x,t)}{\partial x^4} + m_0 EJ_z \frac{\partial^2 y(x,t)}{\partial t^2} = 0$, 4) $EJ_z \frac{\partial^4 y(x,t)}{\partial x^4} + m_0 \frac{\partial^2 y(x,t)}{\partial t^2} = 0$,

5) $EJ_z \frac{\partial^4 y(x,t)}{\partial x^4} + \theta \frac{\partial^2 y(x,t)}{\partial t^2} = 0$,

18. Положение сосредоточенной нагрузки в уравнении колебаний динамических систем с ∞ числом степеней свободы учитывается с помощью функции:

1) форм

2) Дирака

3) Максвелла

4) Крылова

5) влияния

19. При произвольном силовом возмущении полное перемещение системы находится с помощью:

1) интеграла Дюамеля

2) сингулярного интеграла

3) оператора Лапласа

4) неопределенного интеграла

5) интеграла Коши

20. При решении задачи в постановке А.Н. Крылова не учитывают:

1) инертность балки

2) инертность груза

3) инертность балки и груза

4) скорость движения

5) начальные условия

7.2.4 Примерный перечень вопросов для подготовки к экзамену

Раздел 1.

1. Предмет и задачи динамики сооружений.
2. Виды колебаний. Динамические воздействия, их особенности и классификация. Динамические расчетные схемы.
3. Силы инерции. Основные понятия динамики сооружений: число динамических степеней свободы; коэффициенты инерции при поступательном (масса) и вращательном (момент инерции) движении; коэффициенты жесткости и податливости.
4. Реологические модели. Три вида сил неупругого сопротивления колебаниям: вязкое, постоянное, по гипотезе Е.С. Сорокина. Уравнения движения в прямой и обратной форме.

Раздел 2.

5. Свободные колебания системы с одной степенью свободы с учетом вязкого трения. Динамические параметры системы: частота круговая и техническая, период, амплитуда, начальная фазы колебаний, логарифмический декремент, коэффициент затухания.
6. Влияние сил трения на амплитуду и частоту колебаний. Расчет на заданные начальные условия. Вынужденные колебания системы с одной степенью свободы при силовых и кинематических воздействиях.
7. Анализ колебаний, переходный и установившийся процессы. Амплитудно-частотная (АЧХ) и фазо-частотная (ФЧХ) характеристики системы. Резонанс. Динамический коэффициент. Воздействия при работе неуравновешенных машин. Интеграл Дюамеля. Виброизоляция колеблющихся конструкций. Коэффициент виброизоляции
8. Принципы устройства приборов для записи механических колебаний. Лабораторная работа «Экспериментальное определение частоты и декремента колебаний системы с одной степенью свободы». Теория виброизоляции, активная и пассивная виброизоляция.
9. Свободные колебания системы с произвольным конечным числом степеней свободы. Определение собственных частот и форм. Спектр частот. Ортогональность собственных форм. Расчет свободных колебаний при заданных начальных условиях, определение амплитуд и начальных фаз.
10. Вынужденные установившиеся колебания системы с конечным числом степеней свободы при силовых и кинематических воздействиях. Определение амплитуд, амплитудно-частотная характеристика, условия возникновения резонанса.
11. Понятие о парциальных подсистемах и частотах. Теория виброгашения.
12. Свободные и вынужденные колебания простой шарнирно-опертой балки как системы с бесконечным числом степеней свободы. Определение частот и собственных форм.
13. Динамический расчет на произвольное силовое и кинематическое возмущение с использованием разложения по собственным формам и интеграла Дюамеля.

Раздел 3.

14. Распространение волн в упругой среде. Дифференциальные уравнения колебаний упругих сред. Построение волновых решений. Волны растяжения-сжатия, сдвига и поверхностные волны. Расчет скоростей распространения волн.

15. Природа землетрясений. Оценка землетрясения по магнитуде и шкале Рихтера. Сейсмическое районирование. Модели воздействий и сооружений при расчете на сейсмические воздействия. Методика динамического расчета по строительным нормам.

16. Физиологическое влияние вибрации на людей. Классификация параметров, оказывающих физиологическое воздействие вибрации: частота, амплитуда и продолжительность. Оценка влияния вибрации по санитарным нормам для перемещений, скоростей и ускорений.

7.2.5 Примерный перечень заданий для решения прикладных задач

1. В соответствии с положениями СНиП мостовые сооружения рассчитывают на следующие нагрузки:

- 1) собственный вес
- 2) временные нагрузки
- 3) сейсмические нагрузки
- 4) собственный вес и сейсмические нагрузки
- 5) собственный вес, временные и сейсмические нагрузки

2. Постановка задачи расчета на подвижную нагрузку, при которой не учитывается инертность мостовой конструкции, носит имя:

- 1) А.Н. Крылова
- 2) Виллиса-Стокса
- 3) Инглиса-Болотина
- 4) Моргаевского-Барченкова
- 5) Бате-Вилсона

3. Критическая скорость в задаче А.Н.Крылова определяется по формуле:

$$1) v_{кр} = \frac{n^2 \pi^2}{l^2} \sqrt{\frac{EJ_z}{m}}; \quad 2) v_{кр} = \frac{\pi}{l} \sqrt{\frac{EJ_z}{m}}; \quad 3) v_{кр} = \frac{2\pi}{3l} \sqrt{\frac{EJ_z}{m}}$$
$$4) v_{кр} = \frac{\pi}{l} \sqrt{\frac{m}{EJ_z}}; \quad 5) v_{кр} = \frac{2\pi v}{l} \sqrt{\frac{EJ_z}{m}}$$

4. Частоты свободных колебаний шарнирно опертой балки, как системы с

∞ числом степеней свободы, определяется по формуле:

$$1) \nu_{кр} = \frac{n \pi}{l^2} \sqrt{\frac{EJ_z}{m}}; \quad 2) \nu_{кр} = \frac{n \pi^2}{l^2} \sqrt{\frac{EJ_z}{m}}; \quad 3) \nu_{кр} = \frac{n^2 \pi}{l^2} \sqrt{\frac{EJ_z}{m}}$$
$$4) \nu_{кр} = \frac{n^2 \pi^2}{l^2} \sqrt{\frac{EJ_z}{m}}; \quad 5) \nu_{кр} = \frac{n^2}{l^2} \sqrt{\frac{EJ_z}{m}}$$

где $n = 1, 2, \dots, \infty$

5. Для ординат собственных форм выполняется проверка условия:

- 1) взаимной зависимости
- 2) линейности
- 3) ортогональности
- 4) взаимности
- 5) независимости

6. При наложении связи на один из инертных элементов системы с n степенями свободы получают:

- 1) заданную систему
- 2) основную систему
- 3) парциальную систему
- 4) шарнирную схему
- 5) кинематическую схему

7. Применение специальных устройств для уменьшения колебаний конструкций называется:

- 1) виброизоляция
- 2) вибростабилизацией
- 3) вибропоглощением
- 4) вибромодуляцией
- 5) виброгашением

8. Рессоры в динамических моделях автомобиля с пятью степенями свободы моделируются упругими связями

- 1) линейными
- 2) линейно-кусочными с двумя участками
- 3) линейно-кусочными с тремя участками
- 4) линейно-кусочными с четырьмя участками
- 5) линейно-кусочными с пятью участками

9. При переезде через одиночную неровность динамической модели автомобиля с 5 степенями критическими могут быть:

- 1) одна скорость

- 2) две скорости
- 3) четыре скорости
- 4) пять скоростей
- 5) нет критических скоростей

10. При приближении частоты возмущения к парциальной частоте динамической системы амплитуды колебаний:

- 1) резко возрастают
- 2) резко уменьшаются
- 3) не изменяются
- 4) возрастают в 2π раз
- 5) возрастают в π раз

11. Не бывает формы равновесия:

- 1) устойчивой
- 2) безразличной
- 3) неустойчивой
- 4) зависимой
- 5) критической

12. Момент смены видов напряженного состояния называется:

- 1) бифуркацией
- 2) биением
- 3) бинормальный
- 4) бидинамический
- 5) биметрический

13. Влияние продольной силы в эпюрах при деформационном расчете учитываются с помощью:

- 1) функций Крылова
- 2) функций влияния
- 3) функций форм
- 4) тригонометрических функций
- 5) функций зависимости

14. Уравнение свободных колебаний шарнирно опертой балки, как системы с ∞ числом степеней свободы, имеет вид:

$$1) \quad EJ_z \frac{\partial^2 y(x,t)}{\partial x^2} + m_0 \frac{\partial^2 y(x,t)}{\partial t^2} = 0, \quad 2) \quad EJ_z \frac{\partial^2 y(x,t)}{\partial x^2} + m_0 \frac{\partial^4 y(x,t)}{\partial t^4} = 0,$$

$$3) \quad m_0 \frac{\partial^4 y(x,t)}{\partial x^4} + m_0 EJ_z \frac{\partial^2 y(x,t)}{\partial t^2} = 0, \quad 4) \quad EJ_z \frac{\partial^4 y(x,t)}{\partial x^4} + m_0 \frac{\partial^2 y(x,t)}{\partial t^2} = 0,$$

$$5) \quad EJ_z \frac{\partial^4 y(x,t)}{\partial x^4} + \theta \frac{\partial^2 y(x,t)}{\partial t^2} = 0,$$

15. Положение сосредоточенной нагрузки в уравнении колебаний

динамических систем с ∞ числом степеней свободы учитывается с помощью функции:

- 1) форм
- 2) Дирака
- 3) Максвелла
- 4) Крылова
- 5) влияния

16. При произвольном силовом возмущении полное перемещение системы находится с помощью:

- 1) интеграла Дюамеля
- 2) сингулярного интеграла
- 3) оператора Лапласа
- 4) неопределенного интеграла
- 5) интеграла Коши

17. При решении задачи в постановке А.Н. Крылова не учитывают:

- 1) инертность балки
- 2) инертность груза
- 3) инертность балки и груза
- 4) скорость движения
- 5) начальные условия

18. В соответствии с положениями СНиП мостовые сооружения рассчитывают на следующие нагрузки:

- 1) собственный вес
- 2) временные нагрузки
- 3) сейсмические нагрузки
- 4) собственный вес и сейсмические нагрузки
- 5) собственный вес, временные и сейсмические нагрузки

18. Постановка задачи расчета на подвижную нагрузку, при которой не учитывается инертность мостовой конструкции, носит имя:

- 1) А.Н. Крылова
- 2) Виллиса-Стокса
- 3) Инглиса-Болотина
- 4) Моргаевского-Барченкова
- 5) Бате-Вилсона

19. Критическая скорость в задаче А.Н.Крылова определяется по формуле:

$$1) \nu_{кр} = \frac{n^2 \pi^2}{l^2} \sqrt{\frac{EJ_z}{m}}; \quad 2) \nu_{кр} = \frac{\pi}{l} \sqrt{\frac{EJ_z}{m}}; \quad 3) \nu_{кр} = \frac{2\pi}{3l} \sqrt{\frac{EJ_z}{m}}$$

$$4) \nu_{кр} = \frac{\pi}{l} \sqrt{\frac{m}{EJ_z}}; \quad 5) \nu_{кр} = \frac{2\pi\nu}{l} \sqrt{\frac{EJ_z}{m}}$$

7.2.6. Методика выставления оценки при проведении экзамена

Промежуточная аттестация проводится по тест-билетам разобранного материала на момент проведения аттестации, каждый из которых содержит 10 вопросов задачи. Каждый правильный ответ на вопрос оценивается 1 баллом, задача оценивается в 10 баллов (5 баллов верно решение и 5 баллов за верный ответ). Максимальное количество набранных баллов – 20.

1. Оценка «Неудовлетворительно» ставится в случае, если магистрант набрал менее 6 баллов.

2. Оценка «Удовлетворительно» ставится в случае, если магистрант набрал от 6 до 10 баллов

3. Оценка «Хорошо» ставится в случае, если магистрант набрал от 11 до 15 баллов.

4. Оценка «Отлично» ставится, если магистрант набрал от 16 до 20 баллов.)

7.2.7 Паспорт оценочных материалов

№п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции		Наименование оценочного средства
1	Основные понятия и определения динамики сооружений	ПК-3, ПК-5		Тесты и тестовые задачи
2	Методы динамического расчета конструкций зданий и сооружений	ПК-3, ПК-5		Контрольные работы и защита курсового проекта
3	Специальные вопросы динамики сооружений	ПК-3, ПК-5		Контрольные работы и защита курсового проекта
4	Динамический расчет пространственных каркасов промышленных	ПК-3, ПК-5		Выполнение тестовых расчетов с использованием КЭ комплексов

зданий			
--------	--	--	--

7.3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

Тестирование осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных тест-заданий на бумажном носителе. Время тестирования 30 мин. Затем осуществляется проверка теста экзаменатором и выставляется оценка согласно методике выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение стандартных задач осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется проверка решения задач экзаменатором и выставляется оценка, согласно методике выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение прикладных задач осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется проверка решения задач экзаменатором и выставляется оценка, согласно методике выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Защита курсовой работы, курсового проекта или отчета по всем видам практик осуществляется согласно требованиям, предъявляемым к работе, описанным в методических материалах. Примерное время защиты на одного студента составляет 20 мин.

8 УЧЕБНОМЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

8.1 Перечень учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

Основная литература:

1. Васильков Г. В., Буйко З. В. Строительная механика. Динамика и устройство сооружений. Учебное пособие для СПО. – М.: Издательство «Лань», 2021 г. – 256 с.
2. Шакирзянов Р. А., Шакирзянов Ф. Р. Динамика и устойчивость сооружений. Учебное пособие. – М.: Издательство Казанского государственного архитектурно-строительного университета. 2013 г. – 119 с.
3. Аллавердов Б.М., Рыбина И.И., Трощенко Э.Д. Современные задачи динамики сооружений: Учебное пособие. М.: Издательство Петербургского государственного университета путей сообщения Императора Александра I. 2017 г. – 62 с.
4. Иоскевич А. В. Введение в динамику сооружений с использованием программного комплекса SAP2000. Учебное пособие. М.: Издательство «Лань». 2021 г. – 112 с.
5. Дарков А.В. , Шапошников Н.Н. Строительная механика: Учебник –

СПб.: Издательство «Лань», 2004 г. – 656 с.

6. Глухов Л.В., Иванов С.Д., Лукашина Н.В., Преображенский И.Н. «Динамика, прочность и надежность элементов инженерных сооружений» / Учебное пособие. - М.: АСВ, 2003. - 303 с.
7. Горохова М.В. Основы динамики сооружений: Конспект лекций для студентов, обучающихся по направлениям подготовки 08.03.01 и 08.04.01 «Строительство». Учебное пособие. М.: Издательство Волжского государственного университета водного транспорта. 2017 г. – 68 с.

Дополнительная литература:

1. Колкунов Н.В. Пособие по строительной механике стержневых систем. Статически неопределимые системы. Устойчивость. Динамика (часть 2). Москва. МГАКХиС, 2009 г. -106с.
2. Гаскин В.В., Снитко А.Н., Соболев В.И. Динамика и сейсмостойкость зданий и сооружений. Монография в трех томах. Иркутск: Изд-во Иркут.ун-та. 1992.
3. Гаскин В.В., Соболев В.И. Имитационное моделирование сейсмических процессов в протяженных сооружениях // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. ИрГУПС. – 2004. № 2. – с. 25 – 33.
4. Сафронов В.С. Расчет висячих и вантовых мостов на подвижную нагрузку. Учебное пособие. 1994 – 338с.
5. Завриев К.С. и др. Основы теории сейсмостойкости зданий и сооружений. - М.: Стройиздат, 1970.- 224 с.
6. Киселев В.А. Строительная механика. Специальный курс (Динамика и устойчивость сооружений). - М.: Стройиздат, 1964, 332 с.
7. Ананьин А.И., Баранов В.А., Барченков А.Г. Динамика сооружений. Воронеж, Изд-во ВГУ, 1987 г. – 192 с.

8.2 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень лицензионного программного обеспечения, ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем:

1. <http://www.cchgeu.ru>. Учебный портал ВГТУ.
2. <http://cchgeu.ru/university/library/elektronnyy-katalog/> Электронный каталог Научной Библиотеки ВГТУ.
3. Программный комплекс по МКЭ «ЛИРА-САПР».
4. Программный продукт MS Office: Word, Excel, Power Point, AutoCAD.
5. Электронная научная библиотека ВГТУ: <https://cchgeu.ru/university/library/>
6. Электронная библиотечная система *IPRbook*: www.iprbookshop.ru.
7. Электронная библиотечная система *ЛАНЬ* <https://e.lanbook.com/>

8. Учебно–методические материалы кафедр строительной механики: <https://cchgeu.ru/education/cafedras/kafsm/?docs>.
9. Базы данных, информационно-справочные системы по строительству.
10. <http://www.I-exam.ru>. (Интернет– тренажеры (ИТ)). Разработанные НИИ мониторинга качества образования.
11. <http://www.fepo.ru>. (репетиционное тестирование при подготовке к федеральному Интернет- экзамену).
12. [dwg.ru](http://www.dwg.ru) Информационно-справочный сайт для проектировщиков, инженеров, конструкторов.
13. <https://картанауки.рф/>

9 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БАЗА, НЕОБХОДИМАЯ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА

№ п/п	Вид аудиторного фонда	Требования
1	Лекционная аудитория	Аудитория должна быть оборудована как обычной доской, так и техническими средствами для реализации мультимедийной технологии проведения лекции (проектор, экран, или интерактивная доска, Notebook или стационарный ПК).
2	Компьютерные классы.	Оснащение специализированной учебной мебелью. Оснащение техническими средствами обучения: ПК с возможностью подключения к локальным сетям и Интернету. Наличие ВТ из расчёта один ПК на одного студента.
3	Аудитория для практических занятий.	Аудитория должна быть оборудована как обычной доской, так и техническими средствами для реализации мультимедийной технологии проведения практических занятий (проектор, экран, или интерактивная доска, Notebook или стационарный ПК).

Перечень материально-технического обеспечения дисциплины:

- Специализированная аудитория (компьютерный класс [ауд. 2121]), оборудованная интерактивными технологиями представления видеоматериала при проведении лекционных и практических занятий, презентаций, а также для выполнения расчетно-графических работ и проведения всех видов контрольных мероприятий с помощью компьютерного тестирования.
- Методические указания к РГР и контрольным работам.
- Методические и учебные пособия для выполнения курсового проекта и расчетно-графических работ.

10.МЕТОДИЧЕСКИЕУКАЗАНИЯДЛЯОБУЧАЮЩИХСЯПООСВОЕНИЮДИСЦИПЛИНЫ(МОДУЛЯ)

По дисциплине «Динамика сооружений» читаются лекции, проводятся практические занятия, выполняется курсовой проект.

Основой изучения дисциплины являются лекции, на которых излагаются наиболее существенные и трудные вопросы, а также вопросы, не нашедшие отражения в учебной литературе.

Практические занятия направлены на приобретение практических навыков расчета сооружений и конструкций на силовые динамические воздействия, ветровые и сейсмические нагрузки, используемыми при проектировании и прочностных расчетах конструкций зданий и сооружений. Занятия проводятся путем решения конкретных практических и тестовых задач в аудитории.

Методика выполнения курсового проекта изложена в учебно-методическом пособии. Выполнять этапы курсового проекта должны своевременно и в установленные сроки.

Контроль усвоения материала дисциплины производится проверкой курсового проекта, защитой курсового проекта.

Вид учебных занятий	Деятельность студента
Лекция	Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; помечать важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Проверка терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь. Обозначение вопросов, терминов, материала, которые вызывают трудности, поиск ответов в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на лекции или на практическом занятии.
Практическое занятие	Конспектирование рекомендуемых источников. Работа с конспектом лекций, подготовка ответов к контрольным вопросам, просмотр рекомендуемой литературы. Прослушивание аудио- и видеозаписей по заданной теме, выполнение расчетно-графических заданий, решение задач по алгоритму.
Самостоятельная работа	Самостоятельная работа студентов способствует глубокому усвоению учебного материала и развитию навыков самообразования. Самостоятельная работа предполагает следующие составляющие: - работа с текстами: учебниками, справочниками, дополнительной литературой, а также проработка

		<p>конспектов лекций;</p> <ul style="list-style-type: none"> - выполнение домашних заданий и расчетов; - работа над темами для самостоятельного изучения; - участие в работе студенческих научных конференций, олимпиад; - подготовка к промежуточной аттестации.
Подготовка к промежуточной аттестации		<p>Готовиться к промежуточной аттестации следует систематически, в течение всего семестра. Интенсивная подготовка должна начаться не позднее, чем за месяц-полтора до промежуточной аттестации. Предоставленные перед зачетом три дня рациональнее всего использовать для повторения и систематизации материала.</p>