

**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.
«21» декабря 2022 г.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
«Динамика и устойчивость сооружений»

Специальность: 08.05.01 Строительство уникальных зданий и сооружений

Специализация: Строительство высотных и большепролетных зданий и сооружений

Квалификация выпускника: инженер-строитель

Нормативный период обучения: 6 лет

Форма обучения: очная

Год начала подготовки: 2023

Автор программы _____ /Осипова Е.И./

Заведующий кафедрой
Строительной механики _____ /Козлов В.А./

Руководитель ОПОП _____ /Рогатнев Ю.Ф./

Воронеж 2022

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1. Цели дисциплины

Дисциплина «Динамика и устойчивость сооружений» имеет своей целью освоение будущими специалистами знаний и умений, необходимых для расчета сооружений и конструкций на динамические воздействия, в том числе ветровые и сейсмические нагрузки, а также методов расчета конструкций на устойчивость, при проектировании и прочностных расчетах конструкций высотных и большепролетных зданий и сооружений.

1.2. Задачи освоения дисциплины

Задачи дисциплины «Динамика и устойчивость» – ознакомить студентов с видами динамических нагрузок, способами составления и решения уравнений движения деформируемых систем, научить студентов владеть и применять методы решения задач определения спектра частот и форм собственных колебаний, параметров вынужденных колебаний, определения критических нагрузок, точного и приближенного исследования устойчивости сооружений. Изучение дисциплины основано на использовании современных методов строительной механики и вычислительной техники. Приобретенные навыки способствуют формированию инженерного мышления.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина «Динамика и устойчивость сооружений» относится к дисциплинам обязательной части блока Б1.

3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

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

ОПК-1 - Способен решать прикладные задачи строительной отрасли, используя теорию и методы фундаментальных наук.

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции
ОПК-1	Знать основные принципы динамики и устойчивости сооружений, виды динамических воздействий, теоретические основы решения динамических задач строительной механики, расчетов с учетом влияния продольных сил и исследования устойчивости сооружений, положения соответствующих нормативных

	документов, основные принципы проектирования конструкций сооружений в сейсмоопасных регионах или конструкций, подвергаемых динамическим воздействиям.
	Уметь правильно составлять расчетную схему сооружения, составлять и решать дифференциальные уравнения движения деформируемых систем в зависимости от начальных условий, определять частоты и формы свободных колебаний, параметры вынужденных колебаний; составлять и решать характеристические уравнения устойчивости для различных систем и сооружений, выполнять расчеты строительных конструкций сооружений на динамические воздействия и устойчивость с использованием ЭВМ, анализировать и оценивать получаемые результаты расчетов.
	Владеть основными методами постановки, исследования и решения задач механики; навыками использования практических приемов и современных алгоритмов расчета сооружений на устойчивость и динамические воздействия при помощи аналитических методов и с помощью существующих программных комплексов.

4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины «Динамика и устойчивость сооружений» составляет 6 з.е.

Распределение трудоемкости дисциплины по видам занятий
очная форма обучения

Виды учебной работы	Всего часов	Семестры
		9
Аудиторные занятия (всего)	72	72
В том числе:		
Лекции	36	36
Практические занятия	36	36
Самостоятельная работа	117	117
Часы на контроль	27	27
Виды промежуточной аттестации экзамен	+	+
Общая трудоемкость: академические часы зач.ед.	216 6	216 6

5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

5.1 Содержание разделов дисциплины и распределение

трудоемкости по видам занятий

очная форма обучения

№ п/п	Наименование темы	Содержание раздела	Лекц	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	4	15	23
2	Методы динамического расчета конструкций зданий и сооружений	Свободные и вынужденные колебания систем с одной степенью свободы при силовых и кинематических воздействиях. Прямая и обратная форма уравнений движения. Динамические параметры системы: частота 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. Вынужденные колебания балки под действием произвольного возмущения. Интеграл Дюамеля. Виброизоляция колеблющихся конструкций. Коэффициент виброизоляции. Теория вибрографа. 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.	8	8	27	43
3	Специальные вопросы динамики сооружений	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 перемещения, скоростям и ускорениям. Расчет	6	6	18	30

		влияния вибрации по санитарным нормам для перемещений, скоростей и ускорений.				
4	Основные понятия и определения теории устойчивости сооружений. Методы исследования устойчивости упругих систем	Виды расчетов сооружений на статическую нагрузку. Расчеты на прочность, на устойчивость и по деформированной схеме. Дифференциальное уравнение изгиба сжато-изогнутого стержня. Основные понятия и определения теории устойчивости. Виды равновесия, виды потери устойчивости деформируемых систем. Потеря устойчивости системы «в малом» и «в большом». Понятие о потере устойчивости I и II рода. Понятие критической нагрузки. Допущения при составлении разрешающих уравнений. Понятие идеальной системы. Основные критерии и методы исследования устойчивости упругих систем: динамический, статический и энергетический.	4	4	15	23
5	Устойчивость прямых сжатых стержней. Сложные случаи исследования устойчивости сжатых стержней	Устойчивость сжатого стержня постоянного сечения. Использование точного и приближенного выражения для кривизны стержня. Дифференциальные уравнения второго и четвертого порядков и их интегрирование при различных граничных условиях, решение задачи о сжато-изогнутом стержне методом начальных параметров. Устойчивость стержней переменного сечения и стержней, нагруженных различной нагрузкой по длине стержня. Понятие о точном решении. Использование приближенных методов. Устойчивость стержня на упругом основании. Влияние деформации сдвига на величину критической силы сжатого стержня. Устойчивость составных стержней.	6	6	18	30
6	Устойчивость рам и арок	Основные допущения. Метод сил в исследовании устойчивости рамных систем. Расчет стержневых систем на устойчивость методом перемещений. Определение критической нагрузки. Вычисление реакций сжатых стержней. Использование симметрии. Устойчивость неразрезных сжатых стержней на жестких и упругих опорах. Понятие о расчете на устойчивость арки и круглого кольца.	6	6	18	30
7	Устойчивость плоской формы изгиба балок. Устойчивость сжатых пластин	Устойчивость тонкой полосы при чистом изгибе. Устойчивость плоской формы изгиба балок. Понятие об устойчивости сжатых пластин с различными граничными условиями.	2	2	6	10
Итого			36	36	117	189

5.2 Перечень лабораторных работ

Не предусмотрено учебным планом

6. ПРИМЕРНАЯ ТЕМАТИКА КУРСОВЫХ ПРОЕКТОВ (РАБОТ) И КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ

В соответствии с учебным планом освоение дисциплины не предусматривает выполнение курсовой работы в 9 семестре для очной формы обучения.

7. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

7.1. Описание показателей и критериев оценивания компетенций

на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

7.1.1 Этап текущего контроля

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

«аттестован»;

«не аттестован».

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Аттестован	Не аттестован
ОПК-1	Знать основные принципы динамики и устойчивости сооружений, виды динамических воздействий, теоретические основы решения динамических задач строительной механики, расчетов с учетом влияния продольных сил и исследования устойчивости сооружений, положения соответствующих нормативных документов, основные принципы проектирования конструкций сооружений в сейсмоопасных регионах или конструкций, подвергаемых динамическим воздействиям.	Полное или частичное посещение лекционных и практических занятий. Участие в работе над решением задач по индивидуальным заданиям.	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	Уметь правильно составлять расчетную схему сооружения, составлять и решать дифференциальные уравнения движения деформируемых систем в зависимости от начальных условий, определять частоты и формы свободных колебаний, параметры вынужденных колебаний; составлять и решать характеристические уравнения устойчивости для	Полное или частичное посещение лекционных и практических занятий. Решение задач по индивидуальным заданиям.	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах

	различных систем и сооружений, выполнять расчеты строительных конструкций подземных сооружений на динамические воздействия и устойчивость с использованием ЭВМ, анализировать и оценивать получаемые результаты расчетов.			
	Владеть основными методами постановки, исследования и решения задач механики; навыками использования практических приемов и современных алгоритмов расчета сооружений на устойчивость и динамические воздействия при помощи аналитических методов и с помощью существующих программных комплексов.	Полное или частичное посещение лекционных и практических занятий. Решение задач по индивидуальным заданиям.	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах

7.1.2 Этап промежуточного контроля знаний

Результаты промежуточного контроля знаний оцениваются в 9 семестре по четырехбалльной системе:

«отлично»;

«хорошо»;

«удовлетворительно»;

«неудовлетворительно».

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Отлично	Хорошо	Удовл.	Неудовл.
ОПК-1	Знать основные принципы динамики и устойчивости сооружений, виды динамических воздействий, теоретические основы решения динамических задач строительной механики, расчетов с учетом влияния продольных сил и исследования	Тест	Выполнение теста на 90- 100%	Выполнение теста на 80-90%	Выполнение теста на 70-80%	В тесте менее 70% правильных ответов

<p>устойчивости сооружений, положения соответствующих нормативных документов, основные принципы проектирования конструкций сооружений в сейсмоопасных регионах или конструкций, подвергаемых динамическим воздействиям.</p>					
<p>Уметь правильно составлять расчетную схему сооружения, составлять и решать дифференциальные уравнения движения деформируемых систем в зависимости от начальных условий, определять частоты и формы свободных колебаний, параметры вынужденных колебаний; составлять и решать характеристические уравнения устойчивости для различных систем и сооружений, выполнять расчеты строительных конструкций подземных сооружений на динамические воздействия и устойчивость с использованием ЭВМ, анализировать и оценивать получаемые результаты расчетов.</p>	<p>Решение стандартных практических задач</p>	<p>Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы</p>	<p>Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах</p>	<p>Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач</p>	<p>Задачи не решены</p>
<p>Владеть основными методами постановки, исследования и решения задач механики; навыками использования практических приемов и современных алгоритмов расчета сооружений на устойчивость и динамические воздействия при помощи аналитических методов и с помощью</p>	<p>Решение прикладных задач в конкретной предметной области</p>	<p>Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы</p>	<p>Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах</p>	<p>Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач</p>	<p>Задачи не решены</p>

существующих программных комплексов.						
--------------------------------------	--	--	--	--	--	--

7.2 Примерный перечень оценочных средств (типичные 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 $F_{тр} = \lambda \dot{u}$ 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) $c_{эkv} = \frac{c_1 - c_2}{c_1 + c_2}$; 2) $c_{эkv} = \frac{c_1 \cdot c_2}{c_1 + c_2}$; 3) $c_{эkv} = \frac{c_1}{c_2}$; 4) $c_{эkv} = \frac{c_1 + c_2}{c_1 \cdot c_2}$;
- 5) $c_{эkv} = c_1 + c_2$.
11. Уравнение свободных колебаний системы с одной степенью свободы без учета затухания в прямой форме имеет вид:
- 1) $M\dot{U} + CU = 0$;
- 2) $M\ddot{U} + C\vec{U} = 0$;
- 3) $M\ddot{U} + \lambda\dot{U} + C\vec{U} = 0$;
- 4) $M\ddot{U} + CU = F_{вн}$;
- 5) $M\ddot{U} + \lambda\dot{U} + CU = 0$.
12. 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) $k_\varphi = \sqrt{\frac{1}{\delta_\varphi M}}$.
13. 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.

14. 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.

15. 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.

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

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

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

17. Динамический коэффициент вычисляется по формуле:

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

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

18. 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.

19. 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.

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

1) вибропоглощением;

- 2) виброизоляции;
- 3) виброгашением;
- 4) стабилизацией;
- 5) модуляцией.

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

1) $c_{\text{экв}} = c_p - c_{\text{ш}}$; 2) $c_{\text{экв}} = c_p + c_{\text{ш}}$; 3) $c_{\text{экв}} = \frac{c_p \cdot c_{\text{ш}}}{c_p + c_{\text{ш}}}$;

4) $c_{\text{экв}} = \frac{c_p + c_{\text{ш}}}{c_p \cdot c_{\text{ш}}}$; 5) $c_{\text{экв}} = \frac{c_p + c_{\text{ш}}}{2}$.

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

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

23. 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.

24. Виброграф является прибором для записи:

- 1) ускорений;
- 2) перемещений;
- 3) спектрограмм;
- 4) стабилизаций;
- 5) модуляций.

25. Число частот свободных колебаний спектра системы равно:

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

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

- 1) экспоненциального уравнения;
- 2) трансцендентного уравнения;
- 3) дифференциального уравнения;
- 4) векового уравнения;
- 5) интегрального уравнения.

27. Для ординат собственных форм выполняется процедура:

- 1) склейки;
- 2) уравнивания;

- 3) сглаживания;
 - 4) дифференцирования;
 - 5) нормирования.
28. Для ординат собственных форм выполняется проверка условия:
- 1) зависимости;
 - 2) линейности;
 - 3) ортогональности
 - 4) взаимности;
 - 5) независимости.
29. 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.
30. Применение специальных устройств для уменьшения колебаний конструкций называется:
- 1) виброизоляция;
 - 2) вибростабилизацией;
 - 3) вибропоглощением;
 - 4) вибромодуляцией;
 - 5) виброгашением.
31. 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.
32. 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.
33. Не бывает формы равновесия:
- 1) устойчивой;
 - 2) безразличной;
 - 3) неустойчивой;
 - 4) зависимой;
 - 5) критической.
34. Момент смены видов напряженного состояния называется:
- 1) бифуркацией;

- 2) биением;
- 3) бинормальный;
- 4) бидинамический;
- 5) биметрический.

35. 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.

36. Деформационный расчет выполняется:

- 1) кинематическим способом;
- 2) итерационным способом;
- 3) графическим способом;
- 4) способом проекций;
- 5) статическим способом.

37. Не является методом расчета устойчивости:

- 1) метод сил
- 2) энергетический метод
- 3) смешанный метод
- 4) метод сил
- 5) метод проекций

38. У трехшарнирной арки возможна следующая форма потери устойчивости:

- 1) кососимметричная;
- 2) симметричная;
- 3) кососимметричная и симметричная;
- 4) произвольная;
- 5) устойчивость не теряет.

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

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

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

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

40. 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.

41. 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.
42. 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.
44. Не бывает землетресений:
- 1) тектонических;
 - 2) вулканических;
 - 3) провальные (карстовые);
 - 4) глубоководное;
 - 5) мелкоочаговых.
45. 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 .
46. К волнам в упругих средах не относятся:
- 1) волны Мора;
 - 2) волны сжатия-растяжения;
 - 3) волны сдвига;
 - 4) волны Лява;
 - 5) волны Релея.
47. Степень влияния вибрации на человека не зависит от:
- 1) частоты колебаний;
 - 2) амплитуды колебаний;
 - 3) от направления колебаний;
 - 4) продолжительности колебаний;
 - 5) начальной фазы колебаний.
48. 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.

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

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

50. Частоты свободных колебаний шарнирно опертой балки, как системы с ∞ числом степеней свободы, определяется по формуле:

$$1) v_{кр} = \frac{n \pi}{\ell^2} \sqrt{\frac{EJ_z}{m}}; \quad 2) v_{кр} = \frac{n \pi^2}{\ell^2} \sqrt{\frac{EJ_z}{m}}; \quad 3) v_{кр} = \frac{n^2 \pi}{\ell^2} \sqrt{\frac{EJ_z}{m}};$$
$$4) v_{кр} = \frac{n^2 \pi^2}{\ell^2} \sqrt{\frac{EJ_z}{m}}; \quad 5) v_{кр} = \frac{n^2}{\ell^2} \sqrt{\frac{EJ_z}{m}}, \quad \text{где } n=1,2,\dots,\infty.$$

51. При соблюдении какого условия плоская динамическая модель автомобиля распадается на две независимые модели с двумя степенями свободы:

$$1. \theta = \frac{M}{M}; \quad 2) \theta ab = M; \quad 3) \theta = 4Mab; \quad 4) \theta = M; \quad 5) \theta = Mab.$$

52. Различают потерю устойчивости:

- 1) только I рода;
- 2) только II рода;
- 3) III рода;
- 4) I и II рода;
- 5) I порядка.

7.2.2 Примерный перечень заданий для решения стандартных задач

1. Определение коэффициентов податливости в стержневых системах.
2. Определение характеристик колебаний при заданных начальных условиях для систем с одной степенью свободы.
3. Определение характеристик колебаний от гармонической силы для систем с одной степенью свободы.
4. Определение коэффициентов жесткости в стержневых системах.
5. Определение характеристик колебаний при заданных начальных условиях для систем с двумя степенями свободы.
6. Определение характеристик колебаний от гармонической силы для систем с двумя степенями свободы.
7. Определение частоты и декремента колебаний системы с одной степенью свободы.
8. Расчет арки на устойчивость.
9. Определение коэффициентов уравнений метода перемещений при расчете рамы на устойчивость.
10. Определение критических нагрузок и коэффициента приведения длины сжатых стержней рамы при расчете на устойчивость.

7.2.3 Примерный перечень заданий для решения прикладных задач

1. Расчет свободных и вынужденных колебаний упругой системы с одной

степенью свободы:

- 1.1. Расчетная схема и дифференциальные уравнения движения.
- 1.2. “Единичные” состояния. Коэффициенты уравнений движения.
- 1.3. Определение частот и форм колебаний.
2. Расчет свободных и вынужденных колебаний упругой системы с двумя степенями свободы:
 - 2.1. Расчетная схема и дифференциальные уравнения движения.
 - 2.2. “Единичные” состояния. Коэффициенты уравнений движения.
 - 2.3. Определение частот и форм колебаний.
3. Расчет устойчивости рамы методом перемещений:
 - 3.1. Основная система и уравнения метода перемещений.
 - 3.2. “Единичные” состояния метода перемещений. Вычисление коэффициентов уравнений.
 - 3.3. Определение критической силы и коэффициентов приведения длины сжатых стержней рамы.
4. Экспериментальное определение частоты и декремента колебаний системы с одной степенью свободы.

7.2.4 Примерный перечень вопросов для подготовки к зачету

Зачет по учебному плану не предусмотрен.

7.2.5 Примерный перечень заданий для подготовки к экзамену

1. Предмет и задачи динамики сооружений. Виды колебаний.
2. Динамические воздействия, их особенности и классификация.
3. Основные понятия динамики сооружений: число динамических степеней свободы; силы инерции, коэффициенты инерции при поступательном (масса) и вращательном (момент инерции) движении; коэффициенты жесткости и податливости.
4. Уравнения движения в прямой и обратной форме.
5. Свободные колебания системы с одной степенью свободы с учетом вязкого трения.
6. Динамические параметры системы: частота круговая и техническая, период, амплитуда, начальная фазы колебаний, логарифмический декремент, коэффициент затухания.
7. Влияние сил трения на амплитуду и частоту колебаний.
8. Расчет на заданные начальные условия.
9. Вынужденные колебания системы с одной степенью свободы при силовых и кинематических воздействиях. Анализ колебаний, переходный и установившийся процессы. Амплитудно-частотная (АЧХ) и фазо-частотная (ФЧХ) характеристики системы. Резонанс.
10. Динамический коэффициент.
11. Воздействия при работе неуравновешенных машин.
12. Интеграл Дюамеля.
13. Виброизоляция колеблющихся конструкций. Коэффициент виброизоляции.
14. Принципы устройства приборов для записи механических

колебаний.

15. Лабораторная работа «Экспериментальное определение частоты и декремента колебаний системы с одной степенью свободы».

16. Теория виброизоляции, активная и пассивная виброизоляция.

17. Свободные колебания системы с произвольным конечным числом степеней свободы. Определение собственных частот и форм. Спектр частот.

18. Ортогональность собственных форм.

19. Расчет свободных колебаний при заданных начальных условиях, определение амплитуд и начальных фаз.

20. Вынужденные установившиеся колебания системы с конечным числом степеней свободы при силовых и кинематических воздействиях. Определение амплитуд, амплитудно-частотная характеристика, условия возникновения резонанса.

21. Понятие о парциальных подсистемах и частотах.

22. Теория виброгашения.

23. Свободные и вынужденные колебания простой шарнирно-опертой балки как системы с бесконечным числом степеней свободы. Определение частот и собственных форм.

24. Динамический расчет на произвольное силовое и кинематическое возмущение с использованием разложения по собственным формам и интеграла Дюамеля.

25. Распространение волн в упругой среде.

26. Дифференциальные уравнения колебаний упругих сред.

27. Построение волновых решений. Волны растяжения-сжатия, сдвига и поверхностные волны. Расчет скоростей распространения волн.

28. Природа землетрясений. Оценка землетрясения по магнитуде и шкале Рихтера. Сейсмическое районирование.

29. Модели воздействий и сооружений при расчете на сейсмические воздействия.

30. Методика динамического расчета по строительным нормам.

31. Физиологическое влияние вибрации на людей.

32. Классификация параметров, оказывающих физиологическое воздействие вибрации: частота, амплитуда и продолжительность.

33. Оценка влияния вибрации по санитарным нормам.

34. Расчеты сооружений на статическую нагрузку: на прочность, на устойчивость и по деформированной схеме.

35. Дифференциальное уравнение изгиба сжато-изогнутого стержня. Влияние продольной силы на внутренние усилия в стержне.

36. Основные понятия и определения теории устойчивости. Виды равновесия, виды потери устойчивости деформируемых систем. Потеря устойчивости системы «в малом» и «в большом».

37. Понятие о потере устойчивости I и II рода.

38. Понятие критической нагрузки.

39. Допущения при составлении разрешающих уравнений.

40. Понятие идеальной системы.
41. Основные критерии и методы исследования устойчивости упругих систем: динамический, статический и энергетический.
42. Устойчивость сжатого стержня постоянного сечения. Использование точного и приближенного выражения для кривизны стержня.
43. Дифференциальные уравнения второго и четвертого порядков и их интегрирование при различных граничных условиях, решение задачи о сжато-изогнутом стержне методом начальных параметров.
44. Устойчивость стержней переменного сечения и стержней, нагруженных различной нагрузкой по длине стержня.
45. Понятие о точном решении.
46. Использование приближенных методов.
47. Устойчивость стержня на упругом основании.
48. Влияние деформации сдвига на величину критической силы сжатого стержня.
49. Устойчивость составных стержней.
50. Устойчивость центрально и внецентренно сжатых стержней с учетом упруго-пластической стадии работы материала.
51. Устойчивость рам и арок. Основные допущения.
52. Метод сил в исследовании устойчивости рамных систем.
53. Расчет стержневых систем на устойчивость методом перемещений.
54. Определение критической нагрузки. Вычисление реакций сжатых стержней. Использование симметрии.
55. Устойчивость неразрезных сжатых стержней на жестких и упругих опорах.
56. Понятие о расчете на устойчивость арки и круглого кольца.
57. Устойчивость тонкой полосы при чистом изгибе.
58. Устойчивость плоской формы изгиба балок.
59. Понятие об устойчивости сжатых пластин с различными граничными условиями.

7.2.6. Методика выставления оценки при проведении промежуточной аттестации

Экзамен проводится по билетам (тестам), каждый из которых состоит из 2 вопросов и 1 задачи.

1. Оценка «Неудовлетворительно» ставится в случае, если студент не решил задачу и не ответил на вопросы.

2. Оценка «Удовлетворительно» ставится в случае, если студент решил задачу и ответил на один вопрос.

3. Оценка «Хорошо» ставится в случае, если студент решил задачу и не полностью ответил на два вопроса.

4. Оценка «Отлично» ставится, если студент решил задачу и полностью ответил на 2 вопроса

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	ОПК-1	Тест, защита курсовой работы.
2	Методы динамического расчета конструкций зданий и сооружений	ОПК-1	Тест, защита курсовой работы.
3	Специальные вопросы динамики сооружений	ОПК-1	Тест, защита курсовой работы.
4	Основные понятия и определения теории устойчивости сооружений. Методы исследования устойчивости упругих систем	ОПК-1	Тест, защита курсовой работы.
5	Устойчивость прямых сжатых стержней. Сложные случаи исследования устойчивости сжатых стержней	ОПК-1	Тест, защита курсовой работы.
6	Устойчивость рам и арок	ОПК-1	Тест, защита курсовой работы.
7	Устойчивость плоской формы изгиба балок. Устойчивость сжатых пластин	ОПК-1	Тест, защита курсовой работы.

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 методики 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 методики 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 методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

8. УЧЕБНО МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

8.1 Перечень учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

Основная литература:

1. Васильков, Г. В.
Строительная механика. Динамика и устойчивость сооружений [Электронный ресурс] / Васильков Г. В., Буйко З. В. - Санкт-Петербург : Лань, 2021. - 256 с. - Книга из коллекции Лань - Инженерно-технические науки. - ISBN 978-5-8114-1334-8.
URL: <https://e.lanbook.com/book/168495>
2. Шапошников, Н. Н.
Строительная механика [Электронный ресурс] / Шапошников Н. Н., Кристалинский Р. Х., Дарков А. В. - 14-е изд., стер. - Санкт-Петербург : Лань, 2021. - 692 с. - Книга из коллекции Лань - Инженерно-технические науки. - ISBN 978-5-8114-0576-3.
URL: <https://e.lanbook.com/book/169156>

Дополнительная литература:

1. Завьялова, О. Б.
Основы динамики сооружений [Электронный ресурс] : Учебное пособие / О. Б. Завьялова. - Астрахань : Астраханский государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ, 2019. - 115 с. - ISBN 978-5-93026-085-4.
URL: <http://www.iprbookshop.ru/93083.html>
2. Завьялова, О. Б.
Устойчивость плоских стержневых систем : учебное пособие / О. Б. Завьялова, И. А. Кузьмин. - Устойчивость плоских стержневых систем ; 2026-10-06. - Астрахань : Астраханский государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ, 2021. - 126 с. - Текст. - Гарантированный срок размещения в ЭБС до 06.10.2026 (автопродлонгация). - ISBN 978-5-93026-123-3.
URL: <http://www.iprbookshop.ru/115502.html>
3. Сборник задач и упражнений по устойчивости стержневых систем : учебное пособие / Б. Б. Лампси, Н. Ю. Трянина, П. А. Хазов, Б. Б. Лампси. - Сборник задач и упражнений по устойчивости стержневых систем ; Весь срок охраны авторского права. - Нижний Новгород : Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ, 2020. - 95 с. - Текст. - Весь срок охраны авторского права. - ISBN 978-5-528-00379-5.
URL: <http://www.iprbookshop.ru/107394.html>
4. Жуков, В. Г.
Механика. Соппротивление материалов [Электронный ресурс] / Жуков В. Г. - Санкт-Петербург : Лань, 2021. - 416 с. - Книга из коллекции Лань - Инженерно-технические науки. - ISBN 978-5-8114-1244-0.
URL: <https://e.lanbook.com/book/168406>

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:

Лицензионное программное обеспечение:

1. LibreOffice.
2. Microsoft Office Outlook 2013/2007.

Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»:

1. <http://www.edu.ru/>.
2. Образовательный портал ВГТУ.

Информационные справочные системы:

3. <http://window.edu.ru>
4. <https://wiki.cchgeu.ru/>
5. <http://cchgeu.ru> ВГТУ. Учебно-методические разработки кафедры строительной механики.

9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БАЗА, НЕОБХОДИМАЯ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА

№ п/п	Вид и наименование оборудования	Вид занятий	Краткая характеристика
1	IBM PC-совместимые персональные компьютеры.	Практические занятия.	Процессор серии не ниже Pentium IV. Оперативная память не менее 512 Мбайт. ПК должны быть объединены локальной сетью с выходом в Интернет.
2	Мультимедийные средства.	Лекционные занятия.	Мультимедиа-проектор, компьютер, оснащенный программой PowerPoint и экран для демонстрации электронных презентаций.
3	Учебно-наглядные пособия.	Лекционные и практические, лабораторные занятия	Плакаты, наглядные пособия, иллюстрационный материал.

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

По дисциплине «Динамика и устойчивость сооружений» читаются лекции, проводятся практические занятия.

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 строительных конструкций. Занятия проводятся путем решения конкретных задач в аудитории.

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: <ul style="list-style-type: none"> - работа с текстами: учебниками, справочниками, дополнительной литературой, а также проработка конспектов лекций; - 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	Готовиться к промежуточной аттестации следует систематически, в течение всего семестра. Интенсивная подготовка должна начаться не позднее, чем за месяц-полтора до промежуточной аттестации. Данные перед экзаменом три дня эффективнее всего использовать для повторения и систематизации материала.