

# МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Воронежский государственный архитектурно-строительный университет»

## ФОРМА ДОКУМЕНТА О СОСТОЯНИИ УМК ДИСЦИПЛИНЫ

Институт Дорожно-транспортный  
Кафедра Строительная механика  
Учебная дисциплина «Динамика и устойчивость транспортных сооружений»  
(наименование учебной дисциплины по учебному плану)  
по специальности 23.05.06 «Строительство железных дорог, мостов и транспортных тоннелей»  
(код и наименование специальности)  
специализация «Мосты»  
(наименование специализации)

№ п/п	Наименование элемента УМК	Наличие (есть, нет)	Дата утверждения после разработки	Потребность в разработке (обновлении) (есть, нет)
1.	Примерная рабочая программа для дисциплин включенных в ГОС	есть		
2.	Рабочая программа	есть		
3.	Методические рекомендации для выполнения лабораторных работ	есть		
4.	Методические рекомендации по подготовке к практическим и семинарским занятиям	есть		есть
5.	Методические рекомендации к курсовому проектированию	нет		нет
6.	Варианты индивидуальных расчетных заданий и методические указания по их выполнению	есть		
7.	Перечень вопросов, выносимых на зачет	есть		
8.	Перечень экзаменационных вопросов	есть		
9.	Учебники, учебные пособия, курс лекций, конспект лекций, подготовленные разработчиком УМКД	есть		
10.	Оригиналы экзаменационных билетов	есть		

Рассмотрено на заседании кафедры строительной механики

Протокол № \_\_ от «\_\_» \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.

Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ / Ефрюшин С.В. /

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

"Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
"Воронежский государственный архитектурно-строительный университет"

УТВЕРЖДАЮ  
Проректор по учебно-воспитательной  
работе \_\_\_\_\_ Д.К. Проскурин  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Дисциплина для учебного плана специальности

**Специальность 23.05.06 "Строительство железных дорог, мостов и  
транспортных тоннелей**

**(Специализация) «Мосты»**

**Кафедра:** Строительной механики

**УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ДИСЦИПЛИНЫ**

**«Динамика и устойчивость транспортных сооружений»**

Разработчик УМКД: ст. преподаватель Осипов С.А.

Воронеж 2015

**СОГЛАСОВАНО:**

Заведующий кафедрой строительной механики \_\_\_\_\_ / Ефрюшин С.В. /  
(подпись) (Ф.И.О.)  
Протокол заседания кафедры № \_\_\_\_\_ от « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.

Заведующий выпускающей кафедры проектирования автомобильных дорог и мостов  
\_\_\_\_\_ / Ерёмин В.Г. /  
(подпись) (Ф.И.О.)  
Протокол заседания кафедры № \_\_\_\_\_ от « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.

Председатель Методической комиссии дорожно-транспортного института  
\_\_\_\_\_ / Калгин Ю.И. /  
(подпись) (Ф.И.О.)

Протокол заседания Методической комиссии дорожно-транспортного института  
№ \_\_ от « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 201\_\_ г.

Начальник учебно-методического управления Воронежского ГАСУ  
\_\_\_\_\_ / Мышовская Л.П. /  
(подпись) (Ф.И.О.)

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Воронежский государственный архитектурно-строительный университет»

**УТВЕРЖДАЮ**

Директор дорожно-транспортного  
института \_\_\_\_\_ Еремин В.Г.  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2015 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**

дисциплины

«Динамика и устойчивость транспортных сооружений»

**Направление подготовки (специальность) - 23.05.06 «Строительство железных  
дорог, мостов и транспортных тоннелей»**

**Профиль (Специализация) - «Мосты»**

**Квалификация (степень) выпускника - инженер путей сообщения**

**Нормативный срок обучения 5 лет**

**Форма обучения - Очная**

Автор программы

ст. преподаватель \_\_\_\_\_ /Осипов С.А./

Программа обсуждена на заседании кафедры строительной механики

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20 \_\_\_\_ г. Протокол № \_\_\_\_\_

Зав. кафедрой, к.т.н., доцент \_\_\_\_\_ /Ефрюшин С.В. /

**Воронеж 2015**

# 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

## 1.1. Цели дисциплины

Целью преподавания дисциплины является обучение студентов современному расчету на устойчивость и динамические воздействия несущих конструкций искусственных сооружений. Предмет «Динамика и устойчивость транспортных сооружений» является составной частью строительной механики частью одной из базовых дисциплин для подготовки мостостроителя. Она служит для исследования напряженно-деформированного состояния конструкций, находящихся под воздействием изменяющихся во времени нагрузок и смещений связей.

## 1.2. Цели дисциплины

Обучение навыкам динамического расчета несущих конструкций на действие движущихся по мостовым сооружениям автотранспортным средствам, также алгоритмам расчета их устойчивости.

Основные знания, приобретаемые студентами при изучении дисциплины - методы динамического расчета и способы расчета устойчивости несущих конструкций искусственных сооружений, их реализация на ЭВМ в современных компьютерных пакетах и вычислительных комплексах.

Основные умения, приобретенные студентами при изучении дисциплины - использование современных конечно-элементных вычислительных комплексов прочностного расчета для практических целей при проектировании и расчетах несущих конструкций искусственных сооружений на динамические воздействия и устойчивость.

# 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ООП

Дисциплина «Динамика и устойчивость транспортных сооружений» относится к **базовой** части **профессионального** цикла **С3** учебного плана подготовки специалистов.

*Требования к входным знаниям, умениям и компетенциям студента, необходимым для изучения данной дисциплины.*

Изучение дисциплины «Динамика и устойчивость транспортных сооружений» требует основных знаний, умений и компетенций студента по курсам математических, естественнонаучных и профессиональных дисциплин:

«Высшая математика» (Естественнонаучный и общетехнический цикл);

Анализ функции одного и нескольких переменных; дифференциальное и интегральное исчисление; исследование функции; приближенное решение уравнений; дифференциальные уравнения; векторы и матрицы; решение линейных алгебраических уравнений (компетенции ПК-1, ПК-2).

«Физика», (Естественнонаучный и общетехнический цикл):

Инерция; масса; импульс (количество движения); сила; законы сохранения; силы упругости и трения; силы тяготения; основные законы механики; колебания (компетенции ПК-1, ПК-2).

«Теоретическая механика», (Естественнонаучный и общетехнический цикл):

Основные понятия и определения; основные теоремы статики; статика несвободного абсолютно твердого тела; объёмные и поверхностные силы;

кинематика точки; кинематика твердого тела; сложное движение точки; динамика материальной точки; основы теории колебаний; общие теоремы динамики; динамика абсолютно твердого тела; принципы механики (компетенции ПК-1, ПК-2).

«Техническая механика», (Естественнонаучный и общетехнический цикл):

Геометрические характеристики поперечных сечений стержней; понятия деформаций, перемещений, напряжений; закон Гука; модуль упругости; коэффициент поперечной деформации; центральное растяжение и сжатие стержней; внутренние усилия в балках и рамах при изгибе; напряжения в стержнях при изгибе (компетенции ПК-1, ПК-2).

«Сопротивление материалов», (Профессиональный цикл):

Изгиб с растяжением и сжатием, изгиб с кручением; устойчивость сжатых стержней; статически определимые и статически неопределимые задачи при растяжении-сжатии; продольно-поперечный изгиб стержня; расчеты элементов конструкций при динамических и периодических нагрузках (компетенции ПК-1, ПК-2, ПК-17).

«Строительная механика» (Профессиональный цикл):

Понятие о расчетной схеме. Основные положения кинематического и структурного анализа. Расчет статически определимых систем: многопролетных шарнирных балок, ферм, рам, арок. Основные положения теории линий влияния. Определение перемещений в упругих системах. Расчет статически неопределимых систем методами сил, перемещений и смешанным. Основные положения матричных методов расчета стержневых систем. Основы метода конечных элементов (МКЭ) расчета конструкций (компетенции ПК-3, ПК-4, ПК-5, ПК-6).

«Теория упругости» (Профессиональный цикл):

Основы теории напряжённо-деформированного состояния в точке тела. Уравнения теории упругости. Плоская задача теории упругости. Основные понятия теории пластичности и теории ползучести (компетенции ПК-1, ПК-2, ПК-3, ПК-5, ПК-6, ПК-9, ПК-10, ПК-11, ПК-17, ПК-18).

«Теория расчета пластин и оболочек» (Профессиональный цикл):

Основные положения теории расчета пластин. Основные положения теории тонких оболочек. Безмоментная, полубезмоментная и общая моментная теории оболочек. Численные методы расчета пластин и оболочек (компетенции ПСК 1.4, ПСК 1.6).

Студент должен знать фундаментальные основы высшей математики, фундаментальные понятия, законы и теории классической механики, основные принципы, положения и гипотезы сопротивления материалов, основы теории напряжённо-деформированного состояния упругого тела, основы теории пластичности и ползучести, методы и практические приемы расчета стержневых систем, пластин и оболочек при различных воздействиях, современные средства вычислительной техники. Уметь использовать математический аппарат, содержащийся в литературе по строительным наукам; работать на персональном компьютере, пользоваться основными офисными приложениями; применять полученные знания по физике, теоретической и технической механике, сопротивлению материалов, строительной механике, теории упругости, теории расчета пластин и оболочек.

Владеть навыками определения напряженно-деформированного состояния элементов строительных конструкций при различных воздействиях с помощью

теоретических методов с использованием современной вычислительной техники, готовых программ и программных комплексов.

Изложение дисциплины «Динамика и устойчивость транспортных сооружений» ведется при постепенном усложнении изучаемого материала в логической последовательности.

Материал дисциплин **профессионального** цикла **С3** «Основания и фундаменты», «Металлические конструкции», включая сварку, «Железобетонные и каменные конструкции», «Конструкции из дерева и пластмасс», «Обследование и испытание зданий и сооружений» логически взаимосвязан с материалом дисциплины «Динамика и устойчивость транспортных сооружений».

### **3. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

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

– владение способностью применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования (ПК-1)

– владение способностью применять методы расчета и оценки прочности сооружений и конструкций на основе знаний законов статики и динамики твердых тел, о системах сил, напряжениях и деформациях твердых и жидких тел (ПК-7)

– владение способностью выполнять статические и динамические расчеты транспортных сооружений с использованием современного математического обеспечения (ПК-32)

– владение способностью оценить фактор сейсмического воздействия на мостовое сооружение и на основании выполненных динамических расчетов рекомендовать конструктивные решения, направленные на защиту моста от разрушения при сейсмических воздействиях (ПСК-3.2)

В результате изучения дисциплины студент должен:

**Знать:** физические аспекты явлений, вызывающих особые нагрузки и воздействия на здания и сооружения; 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 зданий и сооружений в сейсмоопасных регионах или конструкций, подвергаемых динамическим воздействиям.

**Уметь:** грамотно выбирать динамическую расчетную схему сооружения, составлять и решать дифференциальные уравнения движения деформируемых систем в зависимости от начальных условий, определять частоты и формы свободных колебаний, а также параметры вынужденных колебаний; определять внутренние усилия в отдельных сечениях конструкций при решении динамических задач; выполнять расчет сооружений по деформированной схеме, составлять характеристические уравнения устойчивости для различных систем и сооружений, решать их с использованием современных вычислительных алгоритмов при помощи ЭВМ; выполнять расчеты строительных конструкций высотных и большепролетных зданий и сооружений на динамические воздействия (в том числе импульсивные и сейсмические) 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 прочность, жесткость, устойчивость и динамические воздействия при помощи аналитических методов и с помощью существующих программных комплексов.

#### 4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Общая трудоемкость дисциплины «Динамика и устойчивость транспортных сооружений» составляет 4 зачетные единицы.

Вид учебной работы	Всего часов	Семестры
		7
<b>Аудиторные занятия (всего)</b>	68	68
В том числе:		
Лекции	34	34
Практические занятия (ПЗ)	17	17
Лабораторные работы (ЛР)	17	17
<b>Самостоятельная работа (всего)</b>	76	76
В том числе:		
Курсовой проект	-	-
Контрольная работа	-	-
Вид промежуточной аттестации (зачет)	Зачет	Зачет
Общая трудоемкость	час	144
	зач. ед.	4

#### 5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

##### 5.1. Содержание разделов дисциплины

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела
1	Введение в динамику транспортных сооружений	Введение в динамику транспортных сооружений, уравнения движения. Понятия массы и момента инерции. Динамические расчетные схемы. Классификация сил, действующих на систему при колебаниях. Классификация возмущений. Три вида сил неупругого сопротивления колебаниям: вязкое, постоянное, по гипотезе Е.С. Сорокина. Понятия и расчет коэффициентов жесткости, податливости, демпфирования.
2	Свободные и вынужденные колебания систем с одной степенью свободы	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. Понятие об амплитудно-частотной характеристике системы (АЧХ). Резонанс. Теория вибрографа. Виброизоляция колеблющихся конструкций. Коэффициент виброизоляции. Вынужденные колебания упругой системы под действием произвольного возмущения.



		<p>Интеграл Дюамеля. Примеры на свободные и вынужденные колебания систем с одной степенью свободы и расчет виброизоляции. Расчет на заданные начальные условия</p> <p>Демонстрация лабораторной работы – измерение с помощью прогибографа динамических параметров: частот и логарифмического декремента нагруженной деревянной балки. Расчет динамического давления одномассовой модели автомобиля при переезде синусоидальной неровности.</p> <p>Резонансная скорость движения</p>
3	Свободные и вынужденные колебания систем конечным числом степеней свободы	<p>Свободные и вынужденные колебания систем конечным числом степеней свободы при силовых и кинематических воздействиях. Способы определения частот и форм собственных колебаний. Спектр. Условия ортогональности собственных форм. Расчет на заданные начальные условия.</p> <p>Алгоритмы расчет вынужденных колебаний на силовые и кинематические воздействия, включая метод разложения решения в ряд по собственным формам. Понятие о парциальных подсистемах и частотах. Теория виброгашения.</p> <p>Динамические модели автотранспортного средства в виде связанных между собой абсолютно твердых тел.</p> <p>Моделирование шин и рессор в виде нелинейно деформируемых связей. Плоские и пространственные модели двух-, трехосных автомобилей, седельных автопоездов.</p> <p>Расчет динамического давления многомассовых моделей автотранспортных средств при движении с постоянной скоростью по неровному пути. Резонансные скорости</p>
4	Свободные и вынужденные колебания систем с бесконечным числом степеней свободы.	<p>Свободные и вынужденные колебания простой шарнирно опертой балки как системы с бесконечным числом степеней свободы. Расчет частот и собственных форм. Динамический расчет на произвольное силовое и кинематическое возмущение с использованием разложения по собственным формам и интеграла Дюамеля.</p>
5	Воздействие подвижных нагрузок на мостовые сооружения	<p>Постановки задач о расчетах пролётных строений искусственных сооружений на действие подвижной нагрузки. Задачи Стокса, А.Н. Крылова, Инглиса-Болотина, Моргаевского. Оценка влияния инертности подвижной нагрузки на динамический эффект воздействия. Критические скорости движения. Описание совместных колебаний автотранспортного средства и пролетного строения искусственного сооружения с учетом неровностей проезжей части. Преобразование дифференциальных уравнений движения к виду, удобному для реализации на ЭВМ. Алгоритмы динамического расчета мостовых сооружений на подвижную нагрузку. Метод разложения решения в ряд по собственным формам. Использование МКЭ и прямых методов интегрирования. Упрощение расчетов при отсутствии обрат-</p>
6	Специальные вопросы динамики мостовых сооружений	<p><del>Влияние</del> ветровых нагрузок на мостовые сооружения: скоростной напор, пульсационная и вихревая составляющие ветровой нагрузки. Расчет усилий в несущих элементах от ветровой нагрузки по нормативной методике. Понятие о параметрических колебаниях пролетных строений в ветровом потоке. Описание ветровых нагрузок на мостовые сооружения: скоростной напор, пульсационная и вихревая составляющие ветровой нагрузки. Расчет усилий в несущих</p>

		<p>элементах от ветровой нагрузки по нормативной методике. Понятие о параметрических колебаниях пролетных строений в ветровом потоке. Природа землетрясений. Оценка землетрясения по магнитуде и шкале Рихтера. Модели воздействий и сооружений при расчете на сейсмику. Методика динамического расчета по СНиП и по типовым акселерограммам.</p> <p>Расчет железобетонного пролетного строения на сейсмические нагрузки. 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>
7	Теория устойчивости несущих конструкций мостовых сооружений	<p>Предмет и задачи устойчивости мостовых сооружений. Признаки устойчивости равновесия упругих систем. Методы определения критических нагрузок. Устойчивость плоских стержневых систем. Общее уравнение упругой линии при продольном изгибе стержня. Критические силы для стержней постоянного сечения при различных закреплениях их концов. Устойчивость стержней на упругом основании. Алгоритм определения критических нагрузок плоских стержневых систем по методу перемещений с использованием таблиц сжато-изогнутых стержней. Устойчивость неразрезных балок, арок и ферм. Использование метода перемещений для определения критических нагрузок неразрезных балок. Устойчивость арок кругового и параболического очертания. Устойчивость верхнего пояса ферм разного очертания. Устойчивость сжатых прямоугольных пластинок с разным опиранием по краям. Предельная несущая способность сжато-изогнутых стержней (устойчивость второго рода).</p>

## 5.2 Разделы дисциплины и междисциплинарные связи с обеспечиваемыми (последующими) дисциплинами

№ п/п	Наименование обеспечиваемых (последующих) дисциплин	№ № разделов данной дисциплины, необходимых для изучения обеспечиваемых (последующих) дисциплин						
		1	2	3	4	5	6	7
1.	Проектирование мостов и труб	-	-	+	+	+	+	+
2	Моделирование работы несущих конструкций транспортных сооружений	+	+	+	+	+	+	+
3	Надежность, грузоподъемность и усиление	-	-	-	-	+	+	+
4	СНиП мостов	-	+	+	+	+	+	+
5	Основания и фундаменты транспортных сооружений	+	+	+	+	+	+	+

## 5.3. Разделы дисциплин и виды занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Лекц.	Практ. зан.	СРС	Всего час.
1	Введение в динамику транспортных сооружений	2	-	2	20
2	Свободные и вынужденные колебания систем с одной	4	4	15	20

	степенью свободы				
3	Свободные и вынужденные колебания систем конечным числом степеней свободы	4	4	6	15
4	Свободные и вынужденные колебания систем с бесконечным числом степеней свободы.	6	-	17	40
5	Воздействие подвижных нагрузок на мостовые сооружения.	4	4	19	43
6	Специальные вопросы динамики мостовых сооружений.	8	1	16	14
7	Теория устойчивости несущих конструкций мостовых сооружений.	6	4	18	22

## **6. ПРИМЕРНАЯ ТЕМАТИКА КУРСОВЫХ ПРОЕКТОВ И КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ**

### **6.1. Курсовой проект и его характеристики**

Курсовой проект не предусмотрен

### **6.2. Индивидуальные задания и их характеристики.**

Индивидуальные задания представляют собой расчетно-графические работы, в которых студенты самостоятельно решают и оформляют индивидуально выданные задачи по основным темам с последующей устной и письменной защитой.

#### *Темы индивидуальных заданий*

РГР №1. «Расчет динамического давления при движении автомобиля по неровному пути»: расчет динамического давления при движении автомобиля по неровному пути с использованием низкочастотной и высокочастотной одномассовых моделей; расчет динамического давления при движении автомобиля по неровному пути с использованием двухмассовой модели.

РГР №2. «Расчет свободных колебаний динамической системы с тремя степенями свободы». Определение собственных частот и форм свободных колебаний. Расчет движения системы. Графическое представление собственных форм, нормирование амплитуд, проверка ортогональности.

РГР №3. «Расчет устойчивости рамы методом перемещений».

Определение критических нагрузок и коэффициентов приведения расчетной длины для сжатых стержней рамы.

## **7. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕГО И ПРОМЕЖУТОЧНОГО КОНТРОЛЯ ЗНАНИЙ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)**

**7.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы.**

№ п/п	Компетенция (общекультурная – ОК; профессиональная - ПК)	Форма контроля	семестр
1	ПК-1. Использование основ динамики сооружений и теории устойчивости в профессиональной деятельности по выполнению расчетов и экспериментальных исследований.	Расчетно-графические работы №1-3 (РГР) Зачет. Экзамен.	7
2	ПК-7. Способность применять методы расчета и оценки прочности сооружений и конструкций на основе знаний законов статики и динамики твердых тел, о системах сил, напряжениях и деформациях твердых и жидких тел	Расчетно-графические работы №1-3 (РГР) Зачет. Экзамен.	7
3	ПК-32. Владение способностью выполнять статические и динамические расчеты транспортных сооружений с использованием современного математического обеспечения	Расчетно-графические работы №1-3 (РГР) Зачет. Экзамен.	7
4	ПСК-3.2. Владение способностью выполнять статические и динамические расчеты транспортных сооружений с использованием современного математического обеспечения	Расчетно-графические работы №1-3 (РГР) Зачет. Экзамен.	9

## 7.2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

Дескриптор компетенции	Показатель оценивания	Форма контроля		
		РГР	Зачет	Экзамен
Знает	Основы динамики сооружений, включая анализ расчетных схем, методы составления и решения дифференциальных уравнений движения упругих систем, расчет свободных и вынужденных колебаний систем при различных динамических воздействиях; теорию устойчивости сооружений, включая методы составления и решения уравнений устойчивости и определения критических нагрузок (ПК-1, ПК-7, ПК-32, ПСК-3.2).	+	+	+
Умеет	Способность использовать практические методы определения частот свободных колебаний и собственных форм, параметров вынужденных колебаний, анализа устойчивости стержневых систем, содержащиеся в учебной и справочной литературе по предмету. Расширять свои познания в области указанных разделов строительной механики (ПК-1, ПК-7, ПК-32, ПСК-3.2).	+	+	+
Владеет	Первичными навыками и основными методами решения стандартных задач динамики сооружений и теории устойчивости (ПК-1, ПК-7, ПК-32, ПСК-3.2).	+	+	+

### 7.2.1. Этап текущего контроля знаний

Результаты текущего контроля знаний и межсессионной аттестации оцениваются по пятибалльной шкале с оценками:

- «отлично»;
- «хорошо»;
- «удовлетворительно»;
- «неудовлетворительно»;
- «не аттестован».

Дескриптор компетенции	Показатель оценивания	Оценка	Критерий оценивания
Знает	Основы динамики сооружений, включая анализ расчетных схем, методы составления и решения дифференциальных уравнений движения упругих систем, расчет свободных и вынужденных колебаний систем при различных динамических воздействиях; теорию устойчивости сооружений, включая методы составления и решения уравнений устойчивости и определения критических нагрузок (ПК-1, ПК-7, ПК-32, ПСК-3.2).	отлично	Полное или частичное посещение лекционных и практических занятий. Выполненные РГР на оценки «отлично».
Умеет	Самостоятельно использовать практические методы определения частот свободных колебаний и собственных форм, параметров вынужденных колебаний, анализа устойчивости стержневых систем, содержащиеся в учебной и справочной литературе по предмету. Расширять свои познания в области указанных разделов строительной механики (ПК-1, ПК-7, ПК-32, ПСК-3.2).		
Владеет	Перечисленными навыками и основными методами решения стандартных задач динамики сооружений и теории устойчивости (ПК-1, ПК-7, ПК-32, ПСК-3.2).		
Знает	Основы динамики сооружений, включая анализ расчетных схем, методы составления и решения дифференциальных уравнений движения упругих систем, расчет свободных и вынужденных колебаний систем при различных динамических воздействиях; теорию устойчивости сооружений, включая методы составления и решения уравнений устойчивости и определения критических нагрузок (ПК-1, ПК-7, ПК-32, ПСК-3.2).	хорошо	Полное или частичное посещение лекционных и практических занятий. Выполненные РГР на оценки «хорошо».
Умеет	Самостоятельно использовать практические методы определения частот свободных колебаний и собственных форм, параметров вынужденных колебаний, анализа устойчивости стержневых систем, содержащиеся в учебной и справочной литературе по предмету. Расширять свои познания в области указанных разделов строительной механики (ПК-1, ПК-7, ПК-32, ПСК-3.2).		
Владеет	Перечисленными навыками и основными методами решения стандартных задач динамики сооружений и теории устойчивости (ПК-1, ПК-7, ПК-32, ПСК-3.2).		

	ПК-32, ПСК-3.2).		
Знает	Основы динамики сооружений, включая анализ расчетных схем, методы составления и решения дифференциальных уравнений движения упругих систем, расчет свободных и вынужденных колебаний систем при различных динамических воздействиях; теорию устойчивости сооружений, включая методы составления и решения уравнений устойчивости и определения критических нагрузок (ПК-1, ПК-7, ПК-32, ПСК-3.2).	удовлетворительно	Полное или частичное посещение лекционных и практических занятий. Удовлетворительное выполненные РГР.
Умеет	Самостоятельно использовать практические методы определения частот свободных колебаний и собственных форм, параметров вынужденных колебаний, анализа устойчивости стержневых систем, содержащиеся в учебной и справочной литературе по предмету. Расширять свои познания в области указанных разделов строительной механики (ПК-1, ПК-7, ПК-32, ПСК-3.2).		
Владеет	Первыми навыками и основными методами решения стандартных задач динамики сооружений и теории устойчивости (ПК-1, ПК-7, ПК-32, ПСК-3.2).		
Знает	Основы динамики сооружений, включая анализ расчетных схем, методы составления и решения дифференциальных уравнений движения упругих систем, расчет свободных и вынужденных колебаний систем при различных динамических воздействиях; теорию устойчивости сооружений, включая методы составления и решения уравнений устойчивости и определения критических нагрузок (ПК-1, ПК-7, ПК-32, ПСК-3.2).	неудовлетворительно	Частичное посещение лекционных и практических занятий. Неудовлетворительно выполненные РГР.
Умеет	Самостоятельно использовать практические методы определения частот свободных колебаний и собственных форм, параметров вынужденных колебаний, анализа устойчивости стержневых систем, содержащиеся в учебной и справочной литературе по предмету. Расширять свои познания в области указанных разделов строительной механики (ПК-1, ПК-7, ПК-32, ПСК-3.2).		
Владеет	Первыми навыками и основными методами решения стандартных задач динамики сооружений и теории устойчивости (ПК-1, ПК-7, ПК-32, ПСК-3.2).		
Знает	Основы динамики сооружений, включая анализ расчетных схем, методы составления и решения дифференциальных уравнений движения упругих систем, расчет свободных и вынужденных колебаний систем при различных динамических воздействиях; теорию устойчивости сооружений, включая методы составления и решения уравнений устойчивости и определения критических нагрузок (ПК-1, ПК-7, ПК-32, ПСК-3.2).	не аттестован	Непосещение лекционных и практических занятий. Не выполненные РГР.
Умеет	Самостоятельно использовать практические методы определения частот свободных колебаний		

	и собственных форм, параметров вынужденных колебаний, анализа устойчивости стержневых систем, содержащиеся в учебной и справочной литературе по предмету. Расширять свои познания в области указанных разделов строительной механики (ПК-1, ПК-7, ПК-32, ПСК-3.2).		
Владеет	Первичными навыками и основными методами решения стандартных задач динамики сооружений и теории устойчивости (ПК-1, ПК-7, ПК-32, ПСК-3.2).		

### 7.2.2. Этап промежуточного контроля знаний

В девятом семестре результаты промежуточного контроля знаний (экзамен) оцениваются по по четырехбалльной шкале с оценками:

- «отлично»;
- «хорошо»;
- «удовлетворительно»;
- «неудовлетворительно».

Дескриптор компетенции	Показатель оценивания	Оценка	Критерий оценивания
Знает	Основы динамики сооружений, включая анализ расчетных схем, методы составления и решения дифференциальных уравнений движения упругих систем, расчет свободных и вынужденных колебаний систем при различных динамических воздействиях; теорию устойчивости сооружений, включая методы составления и решения уравнений устойчивости и определения критических нагрузок (ПК-1, ПК-7, ПК-32, ПСК-3.2).	отлично	Студент демонстрирует полное понимание заданий. Все требования, предъявляемые к заданию выполнены.
Умеет	Самостоятельно использовать практические методы определения частот свободных колебаний и собственных форм, параметров вынужденных колебаний, анализа устойчивости стержневых систем, содержащиеся в учебной и справочной литературе по предмету. Расширять свои познания в области указанных разделов строительной механики (ПК-1, ПК-7, ПК-32, ПСК-3.2).		
Владеет	Первичными навыками и основными методами решения стандартных задач динамики сооружений и теории устойчивости (ПК-1, ПК-7, ПК-32, ПСК-3.2).		
Знает	Основы динамики сооружений, включая анализ расчетных схем, методы составления и решения дифференциальных уравнений движения упругих систем, расчет свободных и вынужденных колебаний систем при различных динамических воздействиях; теорию устойчивости сооружений, включая методы составления и решения уравнений устойчивости и определения	хорошо	Студент демонстрирует значительное понимание заданий. Все требования, предъявляемые к заданию выполнены.

	критических нагрузок (ПК-1, ПК-7, ПК-32, ПСК-3.2).		
Умеет	Самостоятельно использовать практические методы определения частот свободных колебаний и собственных форм, параметров вынужденных колебаний, анализа устойчивости стержневых систем, содержащиеся в учебной и справочной литературе по предмету. Расширять свои познания в области указанных разделов строительной механики (ПК-1, ПК-7, ПК-32, ПСК-3.2).		
Владеет	Первыми навыками и основными методами решения стандартных задач динамики сооружений и теории устойчивости (ПК-1, ПК-7, ПК-32, ПСК-3.2).		
Знает	Основы динамики сооружений, включая анализ расчетных схем, методы составления и решения дифференциальных уравнений движения упругих систем, расчет свободных и вынужденных колебаний систем при различных динамических воздействиях; теорию устойчивости сооружений, включая методы составления и решения уравнений устойчивости и определения критических нагрузок (ПК-1, ПК-7, ПК-32, ПСК-3.2).	удовлетворительно	Студент демонстрирует частичное понимание заданий. Большинство требований, предъявляемых к заданию выполнены.
Умеет	Самостоятельно использовать практические методы определения частот свободных колебаний и собственных форм, параметров вынужденных колебаний, анализа устойчивости стержневых систем, содержащиеся в учебной и справочной литературе по предмету. Расширять свои познания в области указанных разделов строительной механики (ПК-1, ПК-7, ПК-32, ПСК-3.2).		
Владеет	Первыми навыками и основными методами решения стандартных задач динамики сооружений и теории устойчивости (ПК-1, ПК-7, ПК-32, ПСК-3.2).		
Знает	Основы динамики сооружений, включая анализ расчетных схем, методы составления и решения дифференциальных уравнений движения упругих систем, расчет свободных и вынужденных колебаний систем при различных динамических воздействиях; теорию устойчивости сооружений, включая методы составления и решения уравнений устойчивости и определения критических нагрузок (ПК-1, ПК-7, ПК-32, ПСК-3.2).	неудовлетворительно	1. Студент демонстрирует небольшое понимание заданий. Многие требования, предъявляемые к заданию не выполнены. 2. Студент демонстрирует непонимание заданий. 3. У студента нет ответа. Не было попытки выполнить задание.
Умеет	Самостоятельно использовать практические методы определения частот свободных колебаний и собственных форм, параметров вынужденных колебаний, анализа устойчивости стержневых систем, содержащиеся в учебной и справочной литературе по предмету. Расширять свои познания в области указанных разделов строительной механики (ПК-1, ПК-7, ПК-32, ПСК-3.2).		
Владеет	Первыми навыками и основными методами решения стандартных задач динамики сооружений и теории устойчивости (ПК-1, ПК-7, ПК-32, ПСК-3.2).		



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

*Текущий контроль* успеваемости осуществляется на практических занятиях: в виде опроса по теоретическому материалу и умения применять его к решению задач у доски, в виде проверки выполнения РГР, в виде решения простейших задач по соответствующим темам.

*Промежуточный контроль* осуществляется путем выполнения и отчета по РГР, который состоит из теоритической (основы теории) и практической (решение задач) частей. Варианты расчетно-графических работ выдаются каждому студенту индивидуально.

#### **7.3.1. Примерная тематика упражнений и РГР**

РГР №1. « Расчет динамического давления при движении автомобиля по неровному пути»: 1) с использованием низкочастотной и высокочастотной одномассовых моделей; 2) с использованием двухмассовой модели.

РГР №2. « Расчет свободных колебаний динамической системы с тремя степенями свободы».

РГР№3. «Расчет устойчивости рамы методом перемещений».

#### **7.3.2. Вопросы для подготовки к зачету**

Зачет не предусмотрен

#### **7.3.3. Вопросы для подготовки к экзамену**

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

Раздел 2. 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. 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. 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. 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.

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

Динамические модели автотранспортных средств. Расчет динамического давления автомобиля при движении с постоянной скоростью по неровному пути. Резонансные скорости движения. Расчет пролётных строений искусственных сооружений на действие подвижной нагрузки. Задачи Стокса, Крылова, Инглиса-Болотина, Моргаевского. Оценка влияния инертности подвижной нагрузки на динамический эффект воздействия. Критические скорости движения. Описание совместных колебаний автомобиля и пролетного строения с учетом неровностей проезжей части. Алгоритмы динамического расчета мостовых сооружений на

Раздел 3. 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 сейсмические воздействия. Методика динамического расчета по строительным нормам.

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.

Раздел 4. Виды расчетов сооружений на статическую нагрузку. Расчеты на прочность, на устойчивость и по деформированной схеме. Дифференциальное уравнение изгиба сжато-изогнутого стержня. Влияние продольной силы на внутренние усилия в стержне.

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.

Раздел 5. 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.

Раздел 6. 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. Устойчивость центрально и внецентренно сжатых стержней с учетом упруго-пластической стадии работы

Раздел 7. 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.

Раздел 8. Устойчивость тонкой полосы при чистом изгибе. Устойчивость плоской формы изгиба балок. Понятие об устойчивости сжатых пластин с различными граничными условиями.

### 7.3.4 Типовые тестовые задания для оценки знаний при защите РГР

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  $F_{mp} = \lambda \dot{u}$  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)  $M\ddot{U} + CU = 0$
- 2)  $M\ddot{\vec{U}} + C\vec{U} = 0$
- 3)  $M\ddot{\vec{U}} + \lambda\dot{\vec{U}} + C\vec{U} = 0$
- 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)  $\pi$  сек
- 2) 1 сек
- 3)  $2\pi$  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) виброизоляцией
- 3) виброгашением
- 4) стабилизацией
- 5) модуляцией

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

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

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

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

**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 неопределимости
- 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

**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

**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  $2\pi$  раза
- 5) возрастают в  $\pi$  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  $\infty$  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)  $EJ_z \frac{\partial^4 y(x,t)}{\partial x^4} + \theta \frac{\partial^2 y(x,t)}{\partial t^2} = 0$ ,

**40. Положение сосредоточенной нагрузки в уравнении колебаний динамических систем с  $\infty$  числом степеней свободы учитывается с помощью функции:**

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

**42. 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

**43. 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 землетрясений:**

- 1) тектонических
- 2) вулканических
- 3) провальных (карстовые)
- 4) глубокофокусное
- 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  $\infty$  числом степеней свободы, определяется по формуле:**

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

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

где  $n = 1, 2, \dots, \infty$

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

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

$$4) \theta = M; \quad 5) \theta = Mab$$

**52. Различают потерю устойчивости:**

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

### 7.3.5. Паспорт фонда оценочных средств

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции (или ее части)	Наименование оценочного средства
1	«РГР №1. « Расчет динамического давления при движении автомобиля по неровному пути»: 1) с использованием низкочастотной и высокочастотной одномассовых моделей; 2) с использованием двухмассовой модели.	ПК-1, ПК-7, ПК-32, ПСК-3.2	РГР №1
2	РГР №2. « Расчет свободных колебаний динамической системы с тремя степенями свободы».	ПК-1, ПК-7, ПК-32, ПСК-3.2	РГР №2
3	РГР №3. «Расчет устойчивости рамы методом перемещений».	ПК-1, ПК-7, ПК-32, ПСК-3.2	РГР №3

### 7.4. Порядок процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности на этапе промежуточного контроля знаний

Экзамен может проводиться в устной и (или) письменной форме. При проведении экзамена обучающемуся предоставляется 60 минут на подготовку. Опрос обучающегося по билету на устном экзамене не должен превышать двух астрономических часов. С экзамена снимается материал тех КР и КЛ, которые обучающийся выполнил в течение семестра на «хорошо» и «отлично».

Зачет может проводиться по итогам текущей успеваемости и сдачи КР, РГР, КЛ и (или) путем организации специального опроса, проводимого в устной и (или) письменной форме.

Во время проведения экзамена обучающиеся могут пользоваться программой дисциплины, а также вычислительной техникой.

### 8. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)

№ п/п	Наименование издания	Вид издания (учебник, учебное пособие, методические указания, компьютерная программа)	Автор (авторы)	Год издания	Место хранения и количество
1	Динамика сооружений.	Учебное пособие	Ананьин А.И., Баранов В.А., Барченков А.Г.	1987	Библиотека – 350 экз.

2	Расчет динамического давления при движении автомобиля по	Методические указания	Гриднев С.Ю. Хмыров А.Ф.	1998	Библиотека – 80 экз.
3	Расчет свободных колебаний динамической системы с тремя степенями	Методические указания	Гриднев С.Ю.	1998	Библиотека – 80 экз.
4	Работы устойчивости рамы методом перемещений	Методические указания	Мальцев Р.И., Хмыров А.Ф.	1983	Библиотека – 150 экз.

### **9. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

<b>Вид учебных занятий</b>	<b>Деятельность студента</b>
Лекция	Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; пометать 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 консультации, на практическом занятии.
Практические занятия	Конспектирование рекомендуемых источников. Работа с конспектом лекций, подготовка ответов к контрольным вопросам, просмотр рекомендуемой литературы. Выполнение расчетно-графических заданий, решение задач по алгоритму.
Расчетно-графическая работа	Знакомство с основной и дополнительной литературой, включая справочные издания, конспект основных положений, терминов, сведений, требующих запоминания и являющихся основополагающими в этой теме. Составление аннотаций к прочитанным литературным источникам.
Подготовка к экзамену (зачету)	При подготовке к экзамену необходимо ориентироваться на конспекты лекций, рекомендуемую литературу, решение задач на практических занятиях и выполненные РПР.

## 10. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 10.1. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля):

#### 10.1.1. Основная литература:

1. Ананьин А.И., Баранов В.А., Барченков А.Г. Динамика сооружений. Воронеж, Изд-во ВГУ, 1987 г. – 192 с.
2. Дарков А.В., Шапошников Н.Н. Строительная механика: Учебник – СПб.: Издательство «Лань», 2004 г. – 656 с.
3. 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.
4. Смирнов А.Ф. Александров А.В. и др. Строительная механика. Динамика и устойчивость сооружений. /Под ред. А.Ф. Смирнова. - М.: Стройиздат, 1984. - 416с.
5. Клейн Г.К, Рекач В.Т., Розенблат Г.И. Руководство к практическим занятиям по курсу строительной механики (основы теории устойчивости динамики сооружений и расчета пространственных систем). - М.: Высшая школа, 1972.- 318 с.

#### 10.1.2. 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. Пановко Я.Г., Губанова И.И. Устойчивость и колебания упругих систем. Современные концепции, парадоксы и ошибки. 4-е издание. М.: Наука, 1987. - 352 с.

#### 10.1.3. Периодические издания

1. Журналы «Строительство», «Строительная механика».
2. "Строительная механика и расчет сооружений" (научно-теоретический журнал).
3. "Прикладная механика" (научно-теоретический журнал).

**10.2. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем:**

1. Консультирование посредством электронной почты.
2. Использование презентаций при проведении лекционных занятий.
3. Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы.

**10.3. Программное обеспечение и Интернет-ресурсы:**

1. Электронный каталог библиотеки ВГАСУ.
2. <http://www.vgasu.vrn.ru> ВГАСУ. Учебно-методические разработки кафедры строительной механики.
3. <http://www.I-exam.ru>. (Интернет – тренажеры (ИТ)). Разработанные НИИ мониторинга качества образования.
4. <http://www.fepo.ru>. (репетиционное тестирование при подготовке к федеральному Интернет - экзамену).
5. Библиотека программ, разработанная на кафедре строительной механики для выполнения РГР.
6. Программные комплексы по МКЭ «ЛИРА», «STARK-ES»

**11. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

Требования к условиям реализации дисциплины

№ 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, Note-book.
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
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, Note-book, или друг ПК).

Перечень материально-технического обеспечения дисциплины:

№ 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 программами PowerPoint, Adobe Reader и экран для демонстрации электронных презентаций.

3	Учебно-наглядные пособия.	Лекционные и практические занятия	Плакаты, наглядные пособия, иллюстрационный материал.
---	---------------------------	-----------------------------------	---

## 12. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ОРГАНИЗАЦИИ ИЗУЧЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (образовательные технологии)

При реализации дисциплины должны использоваться следующие образовательные технологии:

№ п/п	Наименование технологии	Вид занятий	Краткая характеристика
1	Интерактивная форма обучения.	Лекции, практические занятия.	Технология интерактивного обучения - это совокупность способов целенаправленного усиленного взаимодействия преподавателя и обучающегося, создающего условия для их развития. Современная интерактивная технология широко использует компьютерные технологии, мультимедийную технику и компьютерные
2	Самостоятельное изучение учебной, учебно-методической и справочной литературы.	Лекции, практические занятия, самостоятельная работа.	Самостоятельное изучение учебно-методической и справочной литературы позволит студенту осознанно выполнять задания и вести последующие свободные дискуссии по освоенному материалу. Самостоятельная работа предполагает активное использование компьютерных технологий и сетей, а также работу в библиотеке.
3	Метод проблемного изложения материала.	Лекции, практические занятия.	При проблемном изложении материала осуществляется снятие (разрешение) последовательно создаваемых в учебных целях проблемных ситуаций (задач). При рассмотрении каждой задачи преподаватель задает соответствующие вопросы и совместно со студентами формулирует итоговые ответы. Данный метод способствует развитию самостоятельного мышления обучающегося и направлен на формирование творческих способностей.

Для повышения интереса к дисциплине и развития культуры целесообразно сообщать на лекциях сведения из истории предмета и информацию о вкладе российских ученых в теорию расчета сооружений. Важным условием успешного освоения дисциплины «Строительная механика» является самостоятельная работа студентов. Для осуществления индивидуального подхода к студентам и создания условий ритмичности учебного процесса рекомендуются индивидуальные расчетно-графические работы в группах, контрольные работы и тестирование, которые являются не только формами промежуточного контроля, но и формами обучения, так как позволяют своевременно определить уровень усвоения студентами разделов программы и провести дополнительную работу.

Информационные ресурсы используются при реализации следующих видов занятий:

№	Наименование	Вид занятий	Краткая характеристика
---	--------------	-------------	------------------------

п/п	информационных ресурсов		
1	Учебники и учебные пособия (включая электронные)	Самостоятельная работа студента.	Перечень учебников и учебных пособий приведен в разделе 10 рабочей учебной программы
2	Базы данных	Практические занятия, самостоятельная	Выполнение аудиторных и индивидуальных заданий.
3	Интернет-ресурсы	Самостоятельная работа студента.	Интернет-ресурсы включают удаленные системы тестирования знаний, справочники и базы данных.

Оценочные средства и технологии для проведения промежуточной и итоговой аттестации результатов освоения дисциплины:

№ п/п	Наименование оценочных средств	Технология	Вид аттестации	Коды аттестуемых компетенций
1	Типовые задания.	Проверка и защита выполненных заданий.	Текущий контроль, промежуточная аттестация.	ПК-1, ПК-7, ПК-32, ПСК-3.2
2	Фонд тестовых заданий.	Компьютерное тестирование.	Текущий контроль, промежуточная аттестация.	ПК-1, ПК-7, ПК-32, ПСК-3.2
3	Экзаменационные билеты.	Устный и письменный опрос.	Итоговая аттестация по дисциплине.	ПК-1, ПК-7, ПК-32, ПСК-3.2

Виды (способы, формы) самостоятельной работы обучающихся, порядок их выполнения и контроля:

№ п/п	Наименование самостоятельной работы	Порядок выполнения	Контроль	Примечание
1	Изучение теоретического материала.	Самостоятельное освоение во внеаудиторное время.	Письменный и устный опрос, контроль остаточных знаний, проведение тестирования на практических занятиях.	Дидактические единицы и их разделы для изучения определяются преподавателем.
2	Выполнение аудиторных заданий.	Выполнение заданий в присутствии преподавателя.	Проверка выполнения заданий.	Работа выполняется в кабинете для практических
3	Выполнение индивидуальных заданий	Индивидуальные задания выполняются во внеаудиторное время.	Проверка и защита индивидуальных заданий.	Индивидуальные задания выдаются после изучения соответствующей дидактической единицы или ее
4	Самостоятельная работа с использованием интерактивных технологий.	Самостоятельная работа во внеаудиторное время с обучающими программами, электронными	Письменный и устный опрос, проведение тестирования на практических занятиях.	Обучающие программы определяются преподавателем.

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВПО с учетом рекомендаций и ПрООП ВПО по направлению подготовки направлению подготовки (специальности) 23,05,06.65 "Строительство железных дорог, мостов и транспортных тоннелей специализация" (квалификация «специалист»).

**Руководитель основной образовательной программы**

**Руководитель основной образовательной программы**

Декан дорожно-транспортного факультета, д.т.н., профессор

\_\_\_\_\_ (занимаемая должность, учёная степень и звание)

\_\_\_\_\_ (подпись)

В.Г. Ерёмин

\_\_\_\_\_ (инициалы, фамилия)

Рабочая программа одобрена учебно-методической комиссией дорожно-транспортного факультета

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2015 г., протокол № \_\_\_\_\_

Председатель \_\_\_\_\_ д.т.н., профессор (учёная степень и звание)

\_\_\_\_\_ (подпись)

Ю.И. Калгин

\_\_\_\_\_ (инициалы, фамилия)

**Эксперт**

\_\_\_\_\_ (место работы)

\_\_\_\_\_ (занимаемая должность)

\_\_\_\_\_ (подпись)

\_\_\_\_\_ (инициалы, фамилия)

М П  
организации