

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
 Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ МОСКОВСКИЙ
 ГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТРОИТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

Шифр	Наименование дисциплины (модуля)
Б1.В.ОД.15	Математические основы теории колебаний

Код направления подготовки	15.03.03
Направление подготовки	Прикладная механика
Наименование ОПОП (профиль)	Математическое и компьютерное моделирование механических систем и процессов
Год начала подготовки	2013
Уровень образования	бакалавриат
Форма обучения	очная

Разработчики:

должность	ученая степень, звание	подпись	ФИО
Профессор кафедры Сопротивления материалов	Доктор физ.- мат. наук, профессор		Кузнецов Сергей Владимирович.
Доцент кафедры Сопротивления материалов	Кандидат техн. наук, доцент		Ильяшенко Алла Викторовна

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры Сопротивления материалов:

должность	подпись	ученая степень и звание, ФИО		
Зав. кафедрой Сопротивления материалов		Доктор техн. наук, профессор Андреев Владимир Игоревич		
Год обновления	2014	2015	2016	
Номер протокола	№ 12	№ 1		
Дата заседания кафедры	2.07.2014	31.08.2015		

Рабочая программа утверждена и согласована:

Подразделение / комиссия	Должность	ФИО	подпись	Дата
Методическая комиссия	Председатель	Леонтьев А.Н.		
НТБ	Директор	Ерофеева О.Р.		
ЦОСП	Начальник	Беспалов А.Е.		

1. Цель освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины «Математические основы теории колебаний» является подготовка будущего бакалавра для решения прикладных задач в строительной отрасли: формирование представления об основных компонентах дисциплины, использование методов решения задач теории колебаний дискретных систем, применение современного вычислительного аппарата, приобретение умений и навыков применения методов теории колебаний для самостоятельных научных исследований с использованием компьютера, развитие логического, абстрактного и алгоритмического мышления, развитие необходимой инженерной интуиции.

2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Компетенция по ФГОС	Код компетенции по ФГОС	Основные показатели освоения (показатели достижения результата)	Код показателя освоения
способностью выявлять сущность научно-технических проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, и привлекать для их решения соответствующий физико-математический аппарат	ПК-1	Знает общие свойства колебательных систем с одной степенью свободы применительно к задачам о собственных и вынужденных колебаниях.	З1
		Умеет ставить начальные условия и использовать базисные уравнения теории колебаний для решения стандартных задач, рассматриваемых в дисциплине.	У1
		Имеет навыки решения задач о собственных и вынужденных колебаниях в линейных одномассовых и многомассовых системах.	Н1
	владением культурой профессиональной безопасности, умением идентифицировать опасности и оценивать риски в сфере своей профессиональной деятельности	ПК-25	Умеет анализировать критические состояния механических систем (резонанс), вызывающие необратимые разрушения, и ставить задачу о виброизоляции.
Имеет навыки решения задач при ударном действии нагрузки.			Н2

3. Указание места дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина «Математические основы теории колебаний» относится к вариативной части Блока 1 основной профессиональной образовательной программы бакалавриата по направлению 15.03.03 «Прикладная механика» и является обязательной к изучению.

Дисциплина «Математические основы теории колебаний» базируется на знаниях, умениях и навыках, полученных студентами в ходе изучения дисциплин: «Высшая математика», «Физика».

Требования к входным знаниям, умениям студентов

Для освоения дисциплины «Математические основы теории колебаний» студент должен:

Знать: фундаментальные основы высшей математики, включая линейную алгебру и математический анализ; современные средства вычислительной техники, основные физические явления, фундаментальные понятия, законы и теории классической физики.

Уметь: использовать математический аппарат, работать на персональном компьютере, пользоваться основными офисными приложениями, применять при изучении курса знания, полученные по физике, сопротивлению материалов, теории упругости и строительной механике.

Владеть:

- приемами дифференцирования и интегрирования функций;
- первичными навыками и основными методами практического использования современных компьютеров для выполнения математических расчетов и оформления результатов расчета.

Дисциплины, для которых дисциплина «Математические основы теории колебаний» является предшествующей:

«Методы вычислительной механики»,

«Экспериментальная механика деформируемого твердого тела»,

разделы дисциплины «Теория пластин и оболочек»,

«Экология»,

«Производственная преддипломная практика по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности».

4. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества академических или астрономических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетные единицы 108 акад.часов.
(1 зачетная единица соответствует 36 академическим часам)

Структура дисциплины:

Форма обучения очная

№ п/п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу обучающихся и трудоемкость (в часах)					Самостоятельная работа	Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра) Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
				Контактная работа с обучающимися						
				Лекции	Практико-ориентированные занятия			КСР		
	Лабораторный практикум	Практические занятия	Групповые консультации по КПКР							
1	Введение. Классификация колебательных систем и колебательных процессов.	7	1,2	2		3		2	2	
2	Собственные колебания в системах с одной степенью свободы.	7	2,3	1		3		3	2	
3	Собственные колебания в системе с диссипацией энергии.	7	4,5	1		4		2	3	Коллоквиум №1 на 5-ой неделе
4	Понятие о нелинейных колебательных системах.	7	6	2		1		2	2	
5	Критические состояния механических систем, резонанс.	7	7	1		3		2	1	
6	Описание собственных	7	8,9	2		3		2	3	

	колебаний в одномассовой системе с помощью формализма Коши.								
7	Вынужденные колебания в системах с одной степенью свободы.	7	9,10	1		3		2	3
8	Формализм Коши для описания вынужденных колебаний в системах с одной степенью свободы.	7	10,11	1		3		3	2
9	Линейные колебательные системы с двумя степенями свободы.	7	11,12	1		3		3	2
10	Формализм Коши для описания колебаний в многомассовых системах.	7	13,14	2		3		2	3
11	Приближённые методы расчёта и анализа колебательных процессов в системах с нелинейными характеристиками. Хаос.	7	15,16	2		4		2	2
12	Ударные (негармонические воздействия). Методы оптимизации колебательных систем	7	17,18	2		3		2	2
	Итого:	7	18	18		36		27	27
									Экзамен

5. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

5.1. Содержание лекционных занятий

№	Наименование раздела	Тема и содержание занятия	Кол-
---	----------------------	---------------------------	------

п/п	дисциплины (модуля)		во акад. часов
1	Введение. Классификация колебательных систем и колебательных процессов.	Предмет теории колебаний. Создание основ теории колебаний, ее развитие, применение к различным процессам в природе, физике и технике. Классификация сил: возмущающие силы, восстанавливающие силы, силы трения. Число степеней свободы механической системы.	2
2	Собственные колебания в системах с одной степенью свободы.	Собственные колебания в системах с одной степенью свободы. Общие свойства колебательных систем с одной степенью свободы. Консервативные системы. Условие консервативности. Роль начальных условий.	1
3	Собственные колебания в системе с диссипацией энергии.	Колебания в системе с диссипацией энергии. Критическая, субкритическая и сверхкритическая вязкость. Диссипативные системы.	1
4	Понятие о нелинейных колебательных системах.	Колебательные системы при действии сил сухого трения.	2
5	Критические состояния механических систем, резонанс.	Физический смысл. Условия возникновения резонанса. Различие между натуральной и резонансной частотой. Сдвиг резонансной частоты в системах с диссипацией энергии.	1
6	Описание собственных колебаний в одномассовой системе с помощью формализма Коши.	Функции от матрицы. Понятие о матричной экспоненте. Основные операции над матричной экспонентой. Введение в формализм Коши. Описание собственных колебаний в линейной одномассовой системе с помощью формализма Коши.	2
7	Вынужденные колебания в системах с одной степенью свободы.	Колебания в системах с одной степенью свободы при внешнем гармоническом воздействии. Системы с периодически меняющимися параметрами. Более детальное исследование резонанса. Построение фазового портрета.	1
8	Формализм Коши для описания вынужденных колебаний в системах с одной степенью свободы.	Описание вынужденных колебаний в системе с одной степенью свободы с помощью формализма Коши.	1
9	Линейные колебательные системы с двумя степенями свободы.	Разбиение сложной колебательной системы на парциальные. Частоты нормальных колебаний и коэффициенты распределения амплитуд. График Вина.	1
10	Формализм Коши для описания колебаний в многомассовых системах.	Описание свободных и вынужденных колебаний в линейной многомассовой системе с помощью формализма Коши.	2
11	Приближённые методы расчёта и анализа колебательных процессов в системах с нелинейными характеристиками. Хаос.	Численные методы для анализа систем с нелинейными характеристиками.	2
12	Ударные (негармонические воздействия). Методы оптимизации	Негармонические воздействия. Спектр. Спектр импульсных воздействий. Аналитические методы для дельта импульса и	2

колебательных систем	импульса Хэвисайда. Численные методы в задачах оптимизации.	
----------------------	-------------------------------------------------------------	--

5.2. Лабораторный практикум

Учебным планом лабораторный практикум не предусмотрен.

5.3. Перечень практических занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Тема и содержание занятия	Кол-во акад. часов
1	Введение. Классификация колебательных систем и колебательных процессов.	Способы составления уравнений движения. Представление решений на фазовой плоскости. Разработка математических методов, экспериментальные исследования.	3
2	Собственные колебания в системах с одной степенью свободы.	<u>Примеры:</u> 1. Определение собственной частоты плоских малых колебаний цилиндра. 2. Определение собственной частоты изгибных колебаний консольной балки постоянного сечения.	3
3	Собственные колебания в системе с диссипацией энергии.	Колебания стержней переменного сечения. Примеры задач о свободных колебаниях. Плоские колебания круглых дисков. Изгибные колебания прямоугольных пластин.	4
4	Понятие о нелинейных колебательных системах.	Примеры систем с нелинейным вязким трением и нелинейными упругими элементами.	1
5	Критические состояния механических систем, резонанс.	Критические состояния вращающихся валов и роторов. Элементарная теория дивергенции и флаттера. Потеря устойчивости аппарата на воздушной подушке.	3
6	Описание собственных колебаний в одномассовой системе с помощью формализма Коши.	Необходимость введения формализма Коши, особенности уравнений, получаемых с помощью понижения порядка.	3
7	Вынужденные колебания в системах с одной степенью свободы.	Параметрическое возбуждение (резонанс). Обоснование определенных фазовых соотношений между частотой колебательного контура и частотой изменения параметра при резонансе.	3
8	Формализм Коши для описания вынужденных колебаний в системах с одной степенью свободы.	Примеры решения задач с помощью формализма Коши. Типы автоколебательных систем. Релаксационные колебательные системы. Системы резонансного типа, томпсоновского типа. Воздействие внешней гармонической силы на автоколебательную систему.	3
9	Линейные колебательные системы с двумя степенями свободы.	Консервативные и слабо диссипативные системы. Понятие ортогональности внешней силы и собственного колебания. Принцип взаимности и его проявления в системе с двумя степенями свободы.	3
10	Формализм Коши для описания колебаний в многомассовых системах.	Примеры описания свободных и вынужденных колебаний в линейной многомассовой системе с помощью формализма Коши.	3

		Метод медленно меняющихся амплитуд (ММА). Обоснование метода для слабо нелинейных и слабо диссипативных систем. Основные уравнения для определения ММА. Применение методов ММА к рассмотрению свободных, вынужденных, параметрических и автоколебаний. Метод гармонического баланса.	
11	Приближённые методы расчёта и анализа колебательных процессов в системах с нелинейными характеристиками. Хаос.	Обобщенный метод Гамильтона. Хаотические (вынужденные) колебания на примере уравнений с нелинейным упругим элементом.	4
12	Ударные (негармонические воздействия). Методы оптимизации колебательных систем.	Понятие о расчете конструкций при динамических воздействиях. Усталость. Кривые Велера. Метод Гудмана.	3

5.4. Групповые консультации по курсовым работам

(при наличии выделенных часов контактной работы в учебном плане)

Учебным планом курсовые работы и курсовые проекты не предусмотрены.

5.5. Самостоятельная работа

№ п/п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Содержание работы	Кол-во акад. часов
1	Введение. Классификация колебательных систем и колебательных процессов.	Источники возмущающих сил. Типовые схемы упругих элементов и соответствующие им динамические силы.	2
2	Собственные колебания в системах с одной степенью свободы.	Формулы для вычисления собственной частоты колебаний, описание колебаний с помощью функции Гамильтона.	2
3	Собственные колебания в системе с диссипацией энергии.	Понятие о диссипации энергии, виды демпфирующих устройств, обеспечивающих диссипацию, диссипативная функция Рэлея.	3
4	Понятие о нелинейных колебательных системах.	Виды нелинейных колебательных систем, физическая природа нелинейности. Особенности колебания систем с упругой, вязкой и пластической нелинейностью.	2
5	Критические состояния механических систем, резонанс.	Понятие о гистерезисе. Автоколебания. Электронный парамагнитный резонанс.	1
6	Описание собственных колебаний в одномассовой системе с помощью формализма Коши.	Понятие об алгебраическо - дифференциальных уравнениях.	3
7	Вынужденные колебания в системах с одной степенью свободы.	Вид колебаний при резонансе. Понятие о натуральной частоте. Резонансные кривые.	3
8	Формализм Коши для описания вынужденных	Сравнение решений с помощью двух подходов: формализма Коши и методов, основанных на	2

	колебаний в системах с одной степенью свободы.	решении уравнения второго порядка.	
9	Линейные колебательные системы с двумя степенями свободы.	Системы с двумя степенями свободы. Динамические гасители колебаний. Настройка динамических гасителей. Особенности расчета и конструирования.	2
10	Формализм Коши для описания колебаний в многомассовых системах.	Применение формализма Коши для описания свободных и вынужденных колебаний в многомассовых системах.	3
11	Приближённые методы расчёта и анализа колебательных процессов в системах с нелинейными характеристиками. Хаос.	Обзор методов решения нелинейных уравнений. Построение якобиана. Касательная матрица. Численные методы.	2
12	Ударные (негармонические воздействия). Методы оптимизации колебательных систем.	Особенности расчета систем при негармонических воздействиях. Метод разложения по гармоникам и прямой аналитический метод. Оптимизационные алгоритмы для минимизации амплитуд колебаний.	2

6. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

Самостоятельная работа по курсу является залогом усвоения знаний и прохождения промежуточных аттестаций, предусмотренных рабочей программой. Ключевые цели самостоятельных внеаудиторных занятий заключаются в закреплении, расширении знаний, формировании умений и навыков самостоятельного умственного труда, развитии самостоятельного мышления и способностей к самоорганизации.

Выполняемая в процессе изучения дисциплины «Математические основы теории колебаний» учащимися самостоятельная работа является по дидактической цели познавательной и обобщающей; по характеру познавательной деятельности и типу решаемых задач – познавательной и исследовательской; по характеру коммуникативного взаимодействия учащихся – индивидуальной; по месту выполнения – домашней; по методам научного познания – теоретической.

В ходе организации самостоятельной работы студентов преподавателем решаются следующие задачи:

- углублять и расширять их профессиональные знания;
- формировать у них интерес к учебно-познавательной деятельности;
- научить студентов овладевать приемами процесса познания;
- развивать у них самостоятельность, активность, ответственность;
- развивать познавательные способности будущих специалистов.

Самостоятельная работа включает, как изучение текущих и дополнительных теоретических вопросов, так и совершенствование навыков по решению практических задач. Теоретические знания являются базой для понимания принципов построения математических моделей, математической формализации задач расчетного проектирования.

На практических занятиях решаются задачи по темам лекционного курса. Часть задач выносятся на самостоятельное решение. Самостоятельное решение задач также необходимо при подготовке к текущей аттестации.

Студент должен владеть основными методами исследования и решения задач теории колебаний дискретных систем с применением современного вычислительного аппарата. Необходима выработка первичных навыков перевода реальной задачи на математический

язык, выбор нужного математического метода ее решения, интерпретация и оценка полученного результата.

При подготовке к сдаче экзамена рекомендуется пользоваться записями, сделанными на практических и лекционных занятиях, а также в ходе текущей самостоятельной работы. Сначала необходимо повторить теоретическую часть, а затем переходить к решению задач.

При выполнении самостоятельной работы обучающиеся используют учебные материалы, указанные в разделе 8.

7. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю)

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

Код компетенции по ФГОС	Этапы формирования компетенций (разделы теоретического обучения)*											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
ПК-1	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
ПК-25	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+

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

7.2.1. Описание показателей и форм оценивания компетенций

Код компетенции по ФГОС	Показатели освоения (Код показателя освоения)	Форма оценивания			Обеспеченность оценивания компетенции
		Текущий контроль		Промежуточная аттестация	
		Коллоквиум №1	Коллоквиум №2		
1	2	3	4	5	6
ПК-1	31	+	+	+	+
	У1	+	+	+	+
	Н1		+	+	+
ПК-25	У2		+	+	+
	Н2			+	+
ИТОГО		+	+	+	+

7.2.2. Описание шкалы и критериев оценивания для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю) в форме Экзамена

Код показателя оценивания	Оценка			
	«2» (неудовлетв.)	Пороговый уровень освоения «3» (удовлетвор.)	Углубленный уровень освоения «4» (хорошо)	Продвинутый уровень освоения «5» (отлично)
31	Обучающийся не знает значительной	Обучающийся имеет знания только некоторых	Теоретическое содержание курса освоено	Обучающийся исчерпывающе, последовательно, четко и

	<p>части общих свойств колебательных систем с одной степенью свободы применительно к задачам о собственных и вынужденных колебаниях.</p>	<p>свойств колебательных систем с одной степенью свободы применительно к задачам о собственных и вынужденных колебаниях. Кроме того, он не усвоил деталей, допускает неточности, даёт недостаточно правильные формулировки и нарушает логическую последовательность в изложении.</p>	<p>полностью, необходимые практические компетенции в основном сформированы, все предусмотренные рабочей программой учебные задания выполнены, качество их выполнения достаточно высокое. Обучающийся твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос.</p>	<p>логически стройно излагает общие свойства колебательных систем с одной степенью свободы применительно к задачам о собственных и вынужденных колебаниях; использует в ответе дополнительный материал. Все предусмотренные программой задания выполнены, качество их выполнения оценено числом баллов, близким к максимальному. Обучающийся анализирует полученные результаты; проявляет самостоятельность при выполнении заданий.</p>
У1	<p>Не умеет самостоятельно ставить начальные условия и использовать базисные уравнения теории колебаний для решения стандартных задач, рассматриваемых в дисциплине. Обучающийся допускает существенные ошибки; необходимые практические компетенции не сформированы.</p>	<p>Обучающийся допускает неточности при постановке начальных условий. Частично освоено использование базисных уравнений теории колебаний для решения стандартных задач. Пробелы не носят существенного характера. Большинство предусмотренных программой заданий выполнено, но в них имеются ошибки при ответе на поставленный вопрос.</p>	<p>Обучающийся уверенно ставит начальные условия и использует базисные уравнения теории колебаний для решения стандартных задач, рассматриваемых в дисциплине. Грамотно и по существу излагает материал, не допуская существенных неточностей в решении. Все предусмотренные рабочей программой учебные задания выполнены, качество их выполнения достаточно высокое.</p>	<p>Обучающийся глубоко и прочно усвоил методику постановки начальных условий, четко и логически стройно излагает материал, умеет тесно увязывать теорию с практикой, свободно использует базисные уравнения теории колебаний для решения стандартных задач. Студент не затрудняется с ответом при видоизменении заданий, использует в ответе материал из дополнительной литературы, правильно обосновывает принятое решение.</p>
Н1	<p>Обучающийся не владеет навыками решения задач о</p>	<p>Большинство предусмотренных программой</p>	<p>Обучающийся владеет необходимыми</p>	<p>Все предусмотренные программой задания по решению задач о</p>

	собственных и вынужденных колебаниях в линейных одномассовых и многомассовых системах. Студент допускает существенные ошибки, с большими затруднениями выполняет практические работы, или не выполняет совсем.	заданий по решению задач о собственных и вынужденных колебаниях в линейных одномассовых и многомассовых системах обучающимся выполнено, но допускаются ошибки, неточности.	навыками решения задач о собственных и вынужденных колебаниях в линейных одномассовых и многомассовых системах.	собственных и вынужденных колебаниях в линейных одномассовых и многомассовых системах выполнены, качество их выполнения оценено числом баллов, близким к максимальному; анализирует полученные результаты; проявляет самостоятельность при выполнении заданий.
У2	Обучающийся не умеет анализировать критические состояния механических систем (резонанс), вызывающие необратимые разрушения, и не умеет ставить задачу о виброизоляции.	Обучающийся в основном может проанализировать критические состояния механических систем (резонанс), но допускает неточности. Студент даёт недостаточно правильные формулировки относительно виброгасителей.	Обучающийся умеет анализировать критические состояния механических систем (резонанс), вызывающие необратимые разрушения, и умеет ставить задачу о виброизоляции.	Обучающийся очень грамотно анализирует критические состояния механических систем (резонанс), вызывающие необратимые разрушения, и умеет ставить задачу о виброизоляции, причем не затрудняется с ответом при видоизменении заданий.
Н2	Обучающийся не продемонстрировал навыки решения задач при ударном действии нагрузки.	Навыки решения задач при ударном действии нагрузки продемонстрированы частично, не усвоены детали темы, допускаются неточности, недостаточно правильные формулировки.	Навыки решения задач при ударном действии нагрузки продемонстрированы. Студент не допускает существенных неточностей при ответе на вопрос.	Теоретическое содержание раздела об ударном действии нагрузки освоено полностью и глубоко; свободно справляется с задачами; последовательно, четко и логически стройно излагает материал.

7.2.3. Описание шкалы и критериев оценивания для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю) в форме Защиты курсовой работы

Учебным планом курсовые работы и курсовые проекты не предусмотрены.

7.2.4. Описание шкалы и критериев оценивания для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю) в форме Зачета

Учебным планом проведение промежуточной аттестации в форме Зачета не предусмотрено.

7.3. *Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций*

7.3.1. Текущий контроль

Контролируется посещение лекций и практических занятий. Расчетно-графические работы по курсу не предусмотрены.

Контрольные мероприятия проводятся в форме коллоквиумов. Контролируется самостоятельная работа по подготовке к коллоквиуму - конспектирование дополнительных аспектов текущих разделов, выполнение теоретических выкладок или ручного счета (если необходимо). При подготовке к коллоквиуму рекомендуется пользоваться записями, сделанными на лекционных и практических занятиях, а также в ходе текущей самостоятельной работы. При опросах студенты должны показать понимание цели и физического смысла решенной теоретической или практической задачи. Необходимо продемонстрировать и пояснить математическую и физическую модель решенной задачи, участвующие в выражениях величины с указанием единиц измерений; объяснить алгоритм метода, выбранный для решения поставленной математической задачи; проанализировать результат решения задачи.

Коллоквиум проходит в устной форме. Но это не исключает письменной формы изложения знаний студентами. По итогам проведенного коллоквиума знания студента оцениваются словами: «зачтено» или «не зачтено».

Примерные вопросы для коллоквиумов.

Коллоквиум №1.

1. Собственные колебания в системах с одной степенью свободы.
2. Общие свойства колебательных систем с одной степенью свободы.
3. Консервативные системы. Условие консервативности.
4. Роль начальных условий.
5. Колебания в системе с диссипацией энергии.
6. Критическая, субкритическая и сверхкритическая вязкость.
7. Диссипативные системы.
8. Виды демпфирующих устройств.
9. Диссипативная функция Рэлея.
10. Функции от матрицы.
11. Понятие о матричной экспоненте. Основные операции над матричной экспонентой.
12. Введение в формализм Коши.
13. Интерпретация собственных колебаний в линейной одномассовой системе с помощью формализма Коши.
14. Понятие об алгебраическо-дифференциальных уравнениях.

Типовые варианты задач для коллоквиума №1.

$$\frac{\text{Н} \cdot \text{с}^2}{\text{М}}$$

Пример 1. К цилиндрической пружине подвешен груз массой $m = 2 \text{ кг} = 2 \text{ М}$. Груз может перемещаться только в вертикальном направлении. Определить частоту

собственных колебаний груза без учёта и с учётом массы пружины. Средний диаметр пружины $D = 6$ см; диаметр проволоки пружины $d = 0,6$ см; число витков $n = 15$;

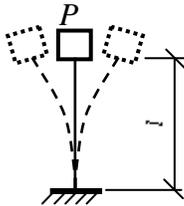
плотность материала $\rho = 7,85 \frac{\text{т}}{\text{м}^3}$; модуль сдвига $G = 8 \cdot 10^7$ кПа.

Пример 2. Определить круговую и техническую частоту, а также период собственных колебаний сосредоточенного груза $P = 12$ кН, приложенного на свободном конце балки, жестко заделанной другим концом. Балка представляет собой двутавр № 20 ($J_x = 1840$ см⁴) длиной $\ell = 1$ м. Собственным весом балки пренебречь.

Пример 3. К стальному стержню подвешен груз массой $m = 50$ кг, совершающий вертикальные продольные колебания. Длина стержня $\ell = 1$ м, диаметр $d = 2$ см. Определить частоту и период собственных вертикальных колебаний системы без учёта и с учётом массы стержня.

Пример 4. На конце стальной консоли длиной 1 м (см. рис.), выполненной из двутавра № 8, находится двигатель весом $P = 1230$ Н.

Требуется определить частоты и периоды свободных колебаний системы – поперечных (изгибных) и продольных, пренебрегая собственным весом балки.



Коллоквиум №2.

1. Колебания в системах с одной степенью свободы при внешнем гармоническом воздействии.
2. Системы с периодически меняющимися параметрами.
3. Построение фазового портрета.
4. Вид колебаний при резонансе.
5. Понятие о натуральной частоте.
6. Резонансные кривые.
7. Описание вынужденных колебаний в линейной одномассовой системе с помощью формализма Коши.
8. Примеры решения задач с помощью формализма Коши.
9. Сравнение решений с помощью двух подходов: формализма Коши и методов, основанных на решении уравнения второго порядка.
10. Разбиение сложной колебательной системы на парциальные.
11. Частоты нормальных колебаний и коэффициенты распределения амплитуд.
12. График Вина.
13. Системы с двумя степенями свободы.
14. Динамические гасители колебаний.
15. Настройка динамических гасителей. Особенности расчета и конструирования.
16. Описание свободных и вынужденных колебаний в линейной многомассовой системе с помощью формализма Коши.
17. Применение формализма Коши для описания свободных колебаний в многомассовых системах.

18. Применение формализма Коши для описания вынужденных колебаний в многомассовых системах.

7.3.2. Промежуточная аттестация

Промежуточная аттестация проводится в соответствии с Положением о текущем контроле и промежуточной аттестации обучающихся в НИУ МГСУ.

Промежуточная аттестация осуществляется в конце седьмого семестра в виде экзамена и завершает изучение данной дисциплины.

Вопросы для оценки качества освоения дисциплины:

Вопросы к экзамену:

1. Дать определение гармонических колебаний.
2. Какие колебания называют свободными / вынужденными?
3. Какой параметр колебательной системы определяет демпфирование?
4. Основные уравнения вынужденных колебаний системы на основе элемента Кельвина.
5. Основные уравнения вынужденных колебаний системы на основе элемента Максвелла.
6. Основные уравнения вынужденных колебаний системы на основе элемента Ценера.
7. Основные уравнения вынужденных колебаний двухмассовой системы на основе элементов Кельвина.
8. Понятие о динамическом гасителе колебаний.
9. Понятие о фундаментальной экспоненциальной матрице.
10. Как с помощью фундаментальной экспоненциальной матрицы построить решение о свободных колебаниях системы с вязким трением?
11. Элемент Бингама и его свойства.
12. Понятие о системах с нелинейными характеристиками.
13. Системы с сухим трением.
14. Устойчивость состояний равновесия и стационарных режимов движения.
15. Неустойчивость при действии сил сухого трения.
16. Критические состояния вращающихся валов и роторов.
17. Элементарная теория дивергенции и флаттера.
18. Фазовый портрет и его свойства.
19. Уравнение Дюффинга и его свойства.
20. Системы, описываемые уравнением Дюффинга.
21. Понятие о хаотических колебаниях, секции Пуанкаре.
22. Понятие об оптимизации виброгасителей.
23. Колебания многомассовых систем. Методы решения систем дифференциально-алгебраических уравнений.
24. Обобщенный метод Гамильтона.
25. Удар. Спектр импульсных воздействий.
26. Аналитические методы для дельта импульса и импульса Хэвисайда.
27. Численные методы в задачах оптимизации.

7.4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

Процедура промежуточной аттестации проходит в соответствии с Положением о текущем контроле и промежуточной аттестации обучающихся в НИУ МГСУ.

Аттестационные испытания проводятся преподавателем, ведущим лекционные занятия по данной дисциплине. Присутствие посторонних лиц в ходе проведения аттестационных испытаний без разрешения ректора или проректора не допускается (за исключением работников университета, выполняющих контролирующие функции в соответствии со своими должностными обязанностями). В случае отсутствия ведущего преподавателя аттестационные испытания проводятся преподавателем, назначенным письменным распоряжением по кафедре.

Инвалиды и лица с ограниченными возможностями здоровья, имеющие нарушения опорно-двигательного аппарата, допускаются на аттестационные испытания в сопровождении ассистентов-сопровождающих.

Во время аттестационных испытаний обучающиеся могут пользоваться программой учебной дисциплины, а также с разрешения преподавателя, справочной литературой и калькуляторами.

Время подготовки ответа при сдаче экзамена в устной форме должно составлять не менее 30 минут (по желанию обучающегося ответ может быть досрочным). Время ответа – не более 15 минут.

При подготовке к устному экзамену студент, как правило, ведет записи в листе устного ответа, который затем по окончании экзамена сдается экзаменатору.

При проведении устного экзамена экзаменационный билет выбирает сам экзаменуемый в случайном порядке.

Преподавателю предоставляется право задавать обучающимся дополнительные вопросы в рамках программы дисциплины текущего семестра, а также, помимо теоретических вопросов, давать задачи, которые изучались на практических занятиях.

Результаты выполнения аттестационного испытания должны быть объявлены обучающимся в день его проведения и выставлены в зачётные книжки не позднее следующего рабочего дня после проведения.

8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

№ п/п	Наименование дисциплины (модуля) в соответствии с учебным планом	Автор, название, место издания, издательство, год издания учебной и учебно-методической литературы, количество страниц	Количество экземпляров печатных изданий	Число обучающихся, одновременно изучающих дисциплину (модуль)
1	2	3	4	5
<i>Основная литература:</i>				
		НТБ НИУ МГСУ		
1	Математические основы теории колебаний	Атаров Н.М. Сопротивление материалов в примерах и задачах: учебное пособие для вузов / М.: ИНФРА-М, 2011. – 406 с.	100	20
2	Математические основы теории колебаний	Никитин Н.Н. Курс теоретической механики: учеб. для вузов / – 7-е изд. стер. – СПб.; М., Краснодар: Лань, 2010. – 719 с.	200	20
3	Математические основы теории колебаний	Яблонский А.А., Никифорова В.М. Курс теоретической механики. Статика. Кинематика. Динамика: учебник для студентов вузов, обучающихся по	15	20

		техническим специальностям / – 15-е изд., стер. – Москва: КноРус, 2010. – 603 с.		
<i>Дополнительная литература:</i>				
НТБ НИУ МГСУ				
1	Математические основы теории колебаний	Горелик Г.С. Колебания и волны. Введение в акустику, радиофизику и оптику: учеб. пособие для вузов / изд.3-е. М.: Физматлит, 2008.– 655 с.	10	20
2	Математические основы теории колебаний	Анохин Н.Н. Динамический расчет стержневых систем с одной степенью свободы: учеб. пос. / М.: МГСУ, 2006. – 216 с.	6	20
3	Математические основы теории колебаний	Чернов Ю. Т. Прикладные методы динамики сооружений (Метод "нормальных форм" и его приложения) : учеб. пособие для вузов / – М.: АСВ, 2001. – 77 с.	6	20
4	Математические основы теории колебаний	Александров А.В., Потапов В. Д., Зылев В. Б. Строительная механика: учеб. пособие для вузов: в 2 кн. – М.: Высш. шк., 2007 – 2008. – (Для высших учебных заведений. Строительство и архитектура). –ISBN 978-5-06-005356-2. Кн. 2: Динамика и устойчивость упругих систем / – 2008. – 384 с.	100	20
5	Математические основы теории колебаний	Кадисов Г.М. Динамика и устойчивость сооружений: учеб. пособие для вузов / – изд. 2-е, испр. – М.: АСВ, 2007. – 269 с.	50	20

9. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» (далее – сеть «Интернет»), необходимых для освоения дисциплины (модуля)

Наименование ресурса сети «Интернет»	Электронный адрес ресурса
«Российское образование» - федеральный портал	http://www.edu.ru/index.php
Научная электронная библиотека	http://elibrary.ru/defaultx.asp?
Электронная библиотечная система IPRbooks	http://www.iprbookshop.ru/
Федеральная университетская компьютерная сеть России	http://www.runnet.ru/
Информационная система "Единое окно доступа к образовательным ресурсам"	http://window.edu.ru/
Научно-технический журнал по строительству и архитектуре «Вестник МГСУ»	http://www.vestnikmgsu.ru/
Научно-техническая библиотека НИУ МГСУ	http://www.mgsu.ru/resources/Biblioteka/
раздел «Кафедры» на официальном сайте НИУ МГСУ	http://www.mgsu.ru/universityabout/Struktura/Kafedri/
Информационный предметный сайт	mysopromat.ru
Сайт кафедры	sopromat-mgsu.ru

10. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

Курс по дисциплине предполагает изучение теории на лекционных занятиях. В ходе лекции студент ведет конспект лекций в свободной форме. Рекомендуется использовать тетрадь, разлинованную «в клетку» формата А5-А4, имеющую от 48 до 96 листов. Восприятие информации улучшается при использовании различных способов выделения текста и рисунков: подчеркивание, выделений цветovým маркером, отметки на полях. Рекомендуется выбрать единую систему ведения конспекта лекций. Для закрепления знаний после лекции до следующей лекции по предмету (желательно не позднее следующего дня) рекомендуется перечитать лекционный материал и записать вопросы, которые не ясны из прочитанного. По этим вопросам необходимо обратиться к учебному пособию, если в результате работы с учебным пособием остались вопросы - следует обратиться за разъяснениями к лектору. После самостоятельной работы над лекцией, студент должен четко понимать изложенный в ней материал и ориентироваться в нем.

Вопросы, отнесенные на самостоятельное изучение, даются преподавателем в ходе лекций или практических занятий. Студенту рекомендуется:

- 1) Уяснить и записать вопрос;
- 2) Просмотреть рекомендованную литературу и наметить общую структуру изучения вопроса в виде плана или схемы;
- 3) Изучить информацию по вопросу. При изучении рекомендуется вести конспект (возможно, использовать лекционную тетрадь), куда вносится ключевая информация, формулы и рисунки.
- 4) Перечитать сделанные в конспекте записи. Убедиться в ясности записанного. При необходимости дополнить записи, изучить дополнительные источники. После работы над вопросами для самостоятельного изучения студент должен четко понимать материал по вопросу и ориентироваться в нем. В случае необходимости предполагается консультация с преподавателем.

При подготовке к экзамену необходимо ориентироваться на конспекты лекций, рекомендуемую литературу и др.

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

11.1. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса

№ п/п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Тема	Информационные технологии	Степень обеспеченности (%)
1	Введение. Классификация колебательных систем и колебательных процессов.	Классификация сил: возмущающие силы, восстанавливающие силы, силы трения. Число степеней свободы механической системы.	Слайд - презентация	50%
2	Собственные колебания в системах с одной степенью свободы.	Общие свойства колебательных систем с одной степенью свободы. Консервативные системы.	Слайд - презентация	50%
3	Собственные колебания в	Критическая,	Слайд - презентация	25%

	системе с диссипацией энергии.	субкритическая и сверхкритическая вязкость. Диссипативные системы.		
4	Понятие о нелинейных колебательных системах.	Колебательные системы при действии сил сухого трения, системы с нелинейным вязким трением и нелинейными упругими элементами.	Слайд - презентация	25%
5	Критические состояния механических систем, резонанс.	Условия возникновения резонанса, Различие между натуральной и резонансной частотой.	Слайд - презентация	25%
6	Описание собственных колебаний в одномассовой системе с помощью формализма Коши.	Функции от матрицы. Понятие о матричной экспоненте. Основные операции над матричной экспонентой. Введение в формализм Коши.	Слайд - презентация	50%
7	Вынужденные колебания в системах с одной степенью свободы.	Системы с периодически меняющимися параметрами. Построение фазового портрета.	Слайд - презентация	30%
8	Формализм Коши для описания вынужденных колебаний в системах с одной степенью свободы.	Описание вынужденных колебаний в линейной одномассовой системе с помощью формализма Коши.	Слайд - презентация	25%
9	Линейные колебательные системы с двумя степенями свободы.	Разбиение сложной колебательной системы на парциальные. Частоты нормальных колебаний и коэффициенты распределения амплитуд. График Вина.	Слайд - презентация	30%
10	Формализм Коши для описания колебаний в многомассовых системах.	Описание свободных и вынужденных колебаний в линейной многомассовой системе с помощью формализма Коши.	Слайд - презентация	30%
11	Приближённые методы расчёта и анализа колебательных процессов в системах с нелинейными характеристиками. Хаос.	Численные методы для анализа систем с нелинейными характеристиками. Обобщенный метод Гамильтона.	Слайд - презентация	25%
12	Ударные (негармонические воздействия). Методы оптимизации колебательных систем	Негармонические воздействия. Спектр импульсных воздействий. Аналитические методы для дельта импульса и импульса Хэвисайда. Численные методы в задачах	Слайд - презентация	70%

	оптимизации.		
--	--------------	--	--

11.2. Перечень программного обеспечения, используемого при осуществлении образовательного процесса

11.3. Перечень информационных справочных систем

Информационно-библиотечные системы

Наименование ИБС	Электронный адрес ресурса
Научная электронная библиотека	http://elibrary.ru/defaultx.asp?
Электронная библиотечная система IPRbooks	http://www.iprbookshop.ru/
Научно-техническая библиотека НИУ МГСУ	http://www.mgsu.ru/resources/Biblioteka/

12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю):

Учебные занятия по дисциплине «Математические основы теории колебаний» проводятся в следующих оборудованных учебных кабинетах, оснащенных соответствующим оборудованием и программным обеспечением:

№ п/п	Вид учебного занятия	Наименование оборудования	№ и наименование оборудованных учебных кабинетов, объектов для проведения практических занятий
1	2	3	4
1	Лекция	стационарные (переносные) демонстрационного оборудования / мобильные наборы демонстрационного оборудования	аудитории /аудитория для проведения занятий лекционного типа в соответствии с перечнем аудиторного фонда
2	Практическое занятие	мобильные (переносные) наборы демонстрационного оборудования	аудитории /аудитория для проведения занятий семинарского типа в соответствии с перечнем аудиторного фонда

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования с учетом рекомендаций и примерной основной образовательной программой высшего образования по направлению 15.03.03 «Прикладная механика».