

**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)
СЗ.Б.6	Сейсмостойкость сооружений

Код направления подготовки / специальности	08.05.01
Специальность	Строительство уникальных зданий и сооружений
Наименование ОПОП (профиль/магистерская программа/программа аспирантуры)	Строительство гидротехнических сооружений повышенной ответственности
Год начала подготовки	2011
Уровень образования	Специалитет
Форма обучения*	Очная

Разработчики:

должность	ученая степень, звание	подпись	ФИО
профессор	К.т.н., доцент		Бестужева А.С.

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры Гидротехнического строительства

должность	подпись	ученая степень и звание, ФИО
Зав. кафедрой		д.т.н. проф. Анискин Н.А.
год обновления	2015	
Номер протокола		
Дата заседания кафедры	31.08.15	

Рабочая программа утверждена и согласована:

Подразделение / комиссия	Должность	ФИО	подпись	Дата
Методическая комиссия	Председатель	Бестужева А.С.		
НТБ				
ЦОСП				

## 1. Цель освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины «Сейсмостойкость сооружений» является приобретение знаний и умений, необходимых специалисту при проектировании зданий и сооружений в сейсмоактивных районах земли, освоение практики расчетов зданий и сооружений на динамические нагрузки, включая сейсмические, в том числе с использованием программных комплексов.

## 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
знанием нормативной базы в области инженерных изысканий, принципов проектирования зданий, сооружений, инженерных систем и оборудования, планировки и застройки населенных мест	ПК-9	<b>Знает</b> виды динамических нагрузок, способы их математического описания	31.1
		<b>Знает</b> причины землетрясений, сейсмоактивные районы земли, принципы сейсморайонирования и микросейсм райониования, принципы классификации землетрясений по балльности, по магнитуде.	31.2
		<b>Знает</b> основные законы динамического равновесия систем, знает правила выполнения матричных преобразований, основные методы решения дифференциальных уравнений	31.3
		<b>Умеет</b> представить расчетную схему для здания, сооружения, представить метод расчета сейсмических нагрузок, методику определения напряженно-деформированного состояния конструкции.	У1.1
		<b>Умеет</b> использовать аппарат математического анализа при решении инженерных задач	У1.2
		<b>Имеет навыки</b> определения сейсмических сил по линейно-спектральной методике (ЛСМ), расчетов прочности и устойчивости сооружений с учетом сейсмических сил	Н1.1
		<b>Имеет навыки</b> расчетов прочности и устойчивости зданий, сооружений на сейсмические нагрузки, определенные по ЛСМ.	Н1.2
знанием научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по профилю деятельности	ПК-17	<b>Знает</b> нормативную базу сейсмостойкого строительства гражданских и промышленных зданий и сооружений, сооружений повышенной ответственности, уникальных сооружений, в том числе работающих совместно с грунтовой и водной средой.	32.1

Компетенция по ФГОС	Код компетенции по ФГОС	Основные показатели освоения (показатели достижения результата)	Код показателя освоения
		<b>Знает</b> отечественный и зарубежный опыт строительства зданий и сооружений в сейсмоопасных районах Земли, опыт разрушительных землетрясений, опыт сейсмостойкого строительства	32.2
		<b>Умеет</b> анализировать геологические условия, читать геологическую графику, анализировать сейсмометрические и геодинимические данные по мониторингу зданий и сооружений, площадок и районов строительства.	У2

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

Дисциплина «Сейсмостойкость сооружений» относится к профессиональному циклу, его вариативной части, основной профессиональной образовательной программы по специальности 08.05.01 «Строительство уникальных зданий и сооружений,» специализация №3 «Строительство гидротехнических сооружений повышенной ответственности». Дисциплина является обязательной к изучению.

Дисциплина «Сейсмостойкость сооружений» базируется на знаниях, умениях и навыках, приобретенных студентами в процессе изучения следующих дисциплин.

- «Математика»,
- «Физика»,
- «Прикладная механика. Строительная механика»,
- «Прикладная механика. Сопротивление материалов с основами теории упругости, пластичности и ползучести»,
- «Инженерное обеспечение строительства. Инженерная геология»,
- «Прикладная механика. Механика грунтов. Основания и фундаменты сооружений»,
- «Динамика и устойчивость сооружений».

*Требования к входным знаниям, умениям и владениям студентов:*

Для освоения дисциплины «Сейсмостойкость сооружений» студент должен:

*Знать:*

- элементы высшей математики (понятие производной, интеграла и правила работы с ними, теорию матриц),
- теорию волн;
- основы геологии, иметь представление о строении земной коры, о природе сейсмических явлений,
- теоретические основы теории упругости, сопротивления материалов, механики грунтов.

*Уметь:*

- использовать аппарат математического анализа при решении инженерных задач,
- решать задачи статических и динамических расчётов методами сопротивления материалов и строительной механики,
- оценивать и анализировать геологические условия района, читать геологическую графику,

*Владеть:*

- аппаратом математического анализа при решении инженерных задач,
- знаниями в области механики грунтов,
- навыками решения инженерных задач с помощью теории и сопротивления материалов и строительной механики.

Дисциплина «Сейсмостойкость сооружений» завершает теоретическое обучение основной профессиональной программы подготовки по специальности 271101 «Строительство уникальных зданий и сооружений».

#### 4. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных единицы 180акад. часов.

Структура дисциплины:

Для очной формы обучения

№ 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				КСР		
				Лекции	Практико-ориентированные занятия					
торный	Практические занятия	консультации								
1	Динамические нагрузки, способы их математического описания.	А	1-2	4		4		5	4	
2	Основные сведения о землетрясениях.	А	3-4	4		4		5	10	Коллоквиум
3	Общие вопросы сейсмостойкости сооружений.	А	5-8	8		10		5	10	
4	Методы определения сейсмических сил	А	9-11	6		10		10	12	РГР №1
5	Расчет зданий и сооружений на сейсмические воздействия с использованием аппарата МКЭ	А	12-14	6		12		5	18	РГР №2
6	Особые расчеты сооружений с учетом факторов водной и грунтовой среды, свойств основания	А	15-16	4		6		6	10	
7	Итого:			32		48		36	64	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*

№ п/п	Наименование раздела (темы)	Содержание занятия	Кол. акад. часов
<b>1.</b>	<b>Динамические нагрузки</b>		
1.1	Виды динамических нагрузок	Динамические нагрузки и их распространение. Общие представления о динамической нагрузке. Периодические нагрузки: гармонические (синусоидальные), негармонические (ряды Фурье). Непериодические нагрузки: ударные, импульсные, биения, вибрация. Нерегулярные нагрузки, случайные нагрузки. Нагрузки неподвижные, подвижные. Нагрузки техногенные (транспортные, от механизмов, вибрационное поле, взрывная волна). Природные динамические нагрузки. Природные динамические нагрузки: волновые, ветровые, сейсмические. Ветровые нагрузки. Структура турбулентного потока, вертикальные профили скоростей и скоростных напоров для различных условий подстилающей поверхности земли. Волновые нагрузки. Расчетные параметры ветровых волн на открытых акваториях. Элементы волн в глубоководной, мелководной, прибойной зонах. Стоячие волны. Эпюры волнового давления.	2
1.2	Способы математического описания динамических нагрузок	Математическое описание регулярных (гармонических) нагрузок. Математическое описание нерегулярных динамических нагрузок. Теория нерегулярных колебаний. Автокорреляционная функция, энергетический спектр.	2
<b>2.</b>	<b>Основные сведения о землетрясениях</b>		
2.1	Основные сведения о землетрясениях, их причинах, проявлениях, последствиях.	Природа землетрясений, их причина. Основы теории тектоники плит. Особенности внутреннего строения Земли. Динамика земной коры. Статистика земных разломов. Виды взаимного смещения плит по разломам. Землетрясения, их проявление и последствия. Форшоки и автершоки. Гипоцентр и эпицентр землетрясения, их местоположение. Классификация землетрясений по глубине очага. Всемирная сейсмологическая служба. Цунамигенные землетрясения.	2
2.2	Сейсмические волны	Основные характеристики сейсмических колебаний (амплитуда, частота, скорость распространения, затухание). Сейсмические волны (глубинные, поверхностные). Приборы для инструментальных наблюдений. Сейсмографы, акселерографы. Спектральные характеристики сейсмических волн. Спектральные графики землетрясений (спектры). Основные принципы их построения. Основные типы упругих волн, распространяющихся в окружающей среде при землетрясении. Линия удара. Глубинные и поверхностные волны, характер их распространения в твердых и жидких телах. Распространение сейсмических волн в грунтах, в скальных породах, в жидкостях и морской воде. Затухание. Затухание в грунтовой среде (демпфирующие свойства грунтов). Методы сейсмического зондирования недр земли. Записи землетрясений: инструментальные и синтезированные.	1
2.3	Основные характеристики землетря-	Энергия землетрясения – характеристика очага. Энергетический класс землетрясения. Магнитуда. Интенсивность землетрясения.	1

	сений. Шкалы балльности и магнитуд.	Объем очага. Геометрические характеристики. Сейсмический момент. Неподвижная и подвижная дислокация. Средняя дислокация. Классификация землетрясений по силе, по магнитуде. Шкалы балльности и магнитуд. Сейсморайонирование и микросейсморайонирование. Оценка силы сильнейшего землетрясения. Мировая статистика землетрясений.	
<b>3.</b>	<b>Общие вопросы сейсмостойкости сооружений.</b>		
3.1	Основы теории колебаний	<p>Упругие системы с одной степенью свободы. Свободные колебания без учета затухания. Дифференциальное уравнение колебаний точечной массы при свободных колебаниях. Определение формы и частоты собственных колебаний системы. Затухание в системе, коэффициент демпфирования. Колебания в системе с затуханием.</p> <p>Упругие системы с конечным числом степеней свободы. Определение частот и форм собственных колебаний системы. Решение характеристического уравнения. Ортогональность главных форм. Расчетные схемы сооружений. Вывод уравнения колебаний из закона сохранения энергии. Энергетический метод определения частот свободных колебаний.</p> <p>Вынужденные колебания системы с одной степенью свободы. Решение динамического уравнения при различных видах динамического воздействия. Коэффициент динамичности. Резонанс в системе без затухания и в системе с затуханием.</p> <p>Вынужденные колебания систем с конечным числом степеней свободы. Понятие об обобщенных силах инерции и их использование в динамических расчетах. Вибрационные нагрузки. Вынужденные колебания при вибрационных нагрузках. Коэффициент динамичности. Резонанс в системе при наличии затухания. Борьба с вибрациями. Автоколебания.</p> <p>Понятие о колебаниях систем при нелинейной восстанавливающей силе и неупругих характеристиках системы. Колебания неупругой диссипативной системы с одной степенью свободы</p>	4
3.2	Динамические свойства конструкций и материалов. Методы их изучения.	<p>Специфика сейсмических воздействий и стандартные методы механических испытаний строительных материалов, конструктивных элементов и их соединений. Динамическая прочность (включая не многократно повторные нагружения) строительных материалов (металлы, железобетон обычный и преднапряженный; каменная кладка; древесина) конструктивных элементов и соединений. Понятие о конфигурации здания применительно к задачам проектирования.</p> <p>Значение выбранной конфигурации; требования норм. Геометрические пропорции размеров согласно конфигурации (планов, высоты и формы) здания; симметрия. Концентрация и распределение усилий в элементах здания. Сопrotивление элементов, расположенных по периметру здания. Особенности работы статически неопределимых систем остова здания. Конструкции зданий с резким изменением прочности и жесткости</p> <p>Общие сведения о методах динамических испытаний материалов и элементов конструкций. Экспериментальные методы изучения колебаний зданий и сооружений. Моделирование, критерии подобия, механические колебательные системы, тонкие плиты, твердые тела.</p> <p>Устройства для гашения колебаний (динамические гасители, ударные, демпферы, ограничители).</p> <p>Определение форм и частот собственных колебаний зданий и сооружений - расчетные и экспериментальные методы, справоч-</p>	2

		ные данные.	
3.3	Критерии безопасности при динамических нагрузках	Оценка допустимого уровня колебаний строительных конструкций. Нормирование колебаний (допустимый уровень по стандартам системы безопасности труда...). Ограничение колебаний по предельно допустимым динамическим прогибам. Общие принципы нормирования сейсмостойкого строительства	2
<b>4.</b>	<b>Методы определения сейсмических сил.</b>		
4.1	Линейно-спектральная методика	Сведения о нормативных методах расчета сейсмостойких зданий (по СНИП). Определение сейсмической нагрузки. Исторический обзор развития методов. Квазистатические методы определения сейсмических нагрузок Напряжения в конструкции при движении с ускорением, при ударном воздействии Динамический коэффициент. Расчет балок, плит, свай. Квазидинамический метод определения сейсмических нагрузок. История развития метода. Опыты М.Био, Мононобе. Получение расчетной «стандартной спектральной кривой». Расчетная схема сооружения. Определение величин динамических нагрузок. Линейно-спектральный метод решения динамической задачи согласно СНИП. Нормативные методы определения величин сейсмических нагрузок. Сопоставление расчетных нормативных методов в США и Японии. Критерии оценки сейсмостойкости сооружений в решении задач по линейно-спектральной методике.	4
4.2	Динамический метод расчета сооружений (по заданной акселерограмме)	Динамические методы расчета сооружений на сейсмические воздействия. Основное дифференциальное уравнение колебаний конструкции при землетрясении, заданном в виде акселерограммы. Определение форм и частот собственных колебаний зданий и сооружений - расчетные и экспериментальные методы, справочные данные. Методы численного интегрирования уравнений сейсмических колебаний. Методы определения НДС конструкции при землетрясении. Определение сейсмических усилий в узлах конструкции при землетрясении. Методы описания и анализа расчетной информации по динамическому поведению конструкции при землетрясении. Критерии оценки сейсмостойкости сооружений в решении динамических задач численным методом	2
<b>5.</b>	<b>Расчет зданий и сооружений на сейсмические воздействия с использованием аппарата МКЭ</b>		
5.1	Расчетные схемы сооружений. Использование МКЭ в расчетах сооружений	Расчетные схемы зданий и сооружений, используемые в динамических задачах. Основы метода конечных элементов. Формы конечных элементов. Треугольные и четырехугольные, плоские, пространственные, стержневые. Функции формы конечного элемента. Функции перемещений на гранях элемента. Запись уравнений движения для узлов элемента. Построение матрицы жесткости. Построение матрицы масс и матрицы демпфирования. Свободные колебания. Решение неполной задачи о собственных колебаниях конструкции. Использование программных средств для определения частот и форм собственных колебаний сооружений. Динамические характеристики конструкций по данным натурных исследований.	2
5.2	Особенности работы конструкций зданий при действии сейсмических сил	Особенности работы конструкций зданий при действии сейсмических сил. Учет пространственного характера работы сооружений на сейсмическое воздействие произвольного направления. Классификация зданий по их конструктивным решениям. Распределение усилий между вертикальными и горизонтальными	2

		элементами несущих конструкций при действии горизонтальной нагрузки. Конфигурация входящих углов. Конфигурация вертикальных углов. Конфигурация зданий с резким изменением прочности и жесткости.	
5.3	Основные принципы проектирования сейсмостойких конструкций	Методы антисейсмического усиления зданий и сооружений. Классификация методов антисейсмического усиления (методы сейсмозащиты). Традиционные методы и средства защиты зданий и сооружений от землетрясения. Конструкции сейсмостойких зданий. особенности конструктивно-планировочных решений сейсмостойких кирпичных, крупноблочных, крупнопанельных бескаркасных, каркасных и монолитных железобетонных зданий; эффективные механизмы сейсмоизоляции зданий. Влияние конструкции здания на его сейсмостойкость. Нарушение симметрии простых планов. Здания с несущими стенами из кирпича, каменной кладки, крупноблочные здания, крупнопанельные здания, каркасные здания. Сейсмоизоляция зданий и сооружений. Подбор параметров сейсмоизолирующих фундаментов. Гашение сейсмических колебаний. Конструкции демпферов. Динамические гасители колебаний (ДГК). Проектирование сейсмостойких конструкций с заданными параметрами предельных состояний. Конструкции сейсмостойких зданий. Здания с несущими стенами, каркасные здания.	2
<b>6.</b>	<b>Особые вопросы сейсмостойкости сооружений совместно с основанием, с водной средой и грунтовой засыпкой.</b>		
6.1	Взаимодействие сооружений с основанием.	Совместная работа сооружений с основанием, водой и грунтовой засыпкой при сейсмических воздействиях. Динамические модели грунтовых оснований. Модель упругого винклеровского основания. Модель упругого слоя, модель упругого полупространства. Определение динамических характеристик основания. Особенности поведения грунтов при статических и динамических нагрузках. Остаточные деформации в грунтах при циклических нагрузках. Особенности и различия деформирования песчаных и глинистых грунтов. Основы теории расчета сооружений совместно с основанием при динамических нагрузках. Учет податливости основания при определении сейсмических нагрузок. Сейсмостойкость массивных сооружений на слабых основаниях. Учет взаимодействия гражданских зданий и сооружений с основанием при землетрясениях. Использование искусственных оснований в сейсмостойком строительстве. Оценка влияния искусственного основания на сейсмичность площадки строительства. Подбор параметров искусственного основания для зданий с жестким фундаментом. Оценка сейсмостойкости свайного ростверка с грунтовой подушкой на искусственном основании. Учет протяженности сооружений при оценке их сейсмостойкости.	2
6.2	Взаимодействие сооружений с водной средой	Взаимодействие сооружения с водой в водохранилище при динамическом воздействии. Вычисление присоединенной массы воды. Воздействие фильтрационного потока и водонасыщения в грунтах основания на сейсмическую устойчивость сооружения. Динамическое воздействие воды водохранилища на сейсмическую устойчивость бетонного сооружения (подпорные стены, причалы, плотина, блок АЭС). Динамическое воздействие воды водохранилища на сейсмическую устойчивость грунтовой плотины, ее откосов, целостность противофильтрационного элемента. Поровое давление в грунтовых дамбах при сейсмическом воздействии, разжижение откосов песчаных дамб при землетря-	2

		сениях.	
--	--	---------	--

## 5.2 Содержание практических занятий

№ п/п	Наименование темы занятия	Содержание занятия	Кол. Акад. часов
1.	<b>Динамические нагрузки</b>		
1.1	Спектральный анализ записей землетрясений.	Инструментальная запись землетрясений и их обработка. Спектральные графики землетрясений (спектры). Основные принципы их построения.	4
2	<b>Основные сведения о землетрясениях.</b>		
2.1	Сейсмология.	Карта сейсмоактивных зон Земли. Карта сейсмической активности территории РФ. Методы микросейсмораионирования. Определение расчетной балльности площадки строительства. Определение расстояния до эпицентра землетрясения по скоростям упругих волн.	2
2.2	Определение динамические характеристики грунтов и строительных материалов	Определение динамических характеристик грунтов, скальных пород, строительных материалов (бетона, железобетона). Измерение скоростей распространения сейсмических волн лабораторными методами (ультозвуковой, продольные и крутильные колебания образцов, исследование свободных и вынужденных колебаний образцов грунтов), определение модулей деформации и коэффициента затухания. Зависимость динамических свойств грунтов от их плотности и напряженного состояния, водонасыщения.	2
3	<b>Общие вопросы сейсмостойкости сооружений</b>		
3.1	Методы решения задач о собственных колебаниях системы	Основное дифференциальное уравнение свободных колебаний и принципы его решения. Запись уравнения в методе перемещений и методе сил. Понятие коэффициента жесткости, коэффициента податливости. Матричное представление записи дифференциального уравнения колебаний. Вектор перемещений и ускорений системы. Определение числа степеней свободы системы. Принципы построения матрицы масс системы. Диагональная и распределенная матрица масс. Принципы построения матрицы жесткости системы (в методе перемещений). Принципы построения матрицы податливости системы (в методе сил). Определение коэффициентов затухания системы .	4
3.2	Решение задач о свободных колебаниях системы с одной и несколькими степенями свободы	Механическая модель системы с одной степенью свободы (маятник, груз на пружине). Определение динамических характеристик элементарных систем. Определение частот и форм собственных колебаний для балок с разным типом опирания и с сосредоточенными массами. (Балки на двух опорах, консольные балки). Определение частот и форм собственных колебаний для стержневых систем с сосредоточенными массами. Определение частот и форм собственных колебаний для плит как балок на упругом основании.	4
3.3.	Решение задач о вынужденных колебаниях систем с одной или несколькими степенями свободы.	Колебания балок с равномерно распределенной нагрузкой. Вынужденные колебания балок при подвижной нагрузке (при ударной нагрузке, при вибрационной нагрузке, при гармонической нагрузке). Решение задач.	2
4.	<b>Методы определения сейсмических сил.</b>		
4.1	Определение сейс-	Расчет зданий и сооружений по ЛСМ при упрощении расчетной	6

	мических сил на основе ЛСМ	схемы (консольная схема, рамная схема, балочная схема, область сплошной среды с граничными условиями). Расчет ведется с использованием расчетных программ вычислений в табличной форме (EXCEL)	
4.2	Динамический метод определения сейсмической силы	Определение расчетной схемы здания и сооружения. Примеры построения матриц масс и жесткости для простых расчетных схем. Методы решения задачи о собственных значениях. Полная задача о собственных значениях и неполная. Примеры. Итерационный метод Шварца-Паккарда для определения форм и частот собственных колебаний конструкции. Приближенные методы определения частот собственных колебаний конструкции. Разложение основного дифференциального уравнения колебаний конструкции на систему независимых уравнений по числу учитываемых форм собственных колебаний. Принцип Парето. Определение сейсмических сил в ходе интегрирования дифференциального уравнения колебаний конструкции. Методы интегрирования. Пример-метод Рунге-Кутты.	6
<b>6.</b>	<b>Особые расчеты сооружений с учетом факторов водной и грунтовой среды, свойств основания</b>		
6.1	Взаимодействие сооружений с основанием.	Расчетные схемы сооружений, учитывающие влияние водной среды, засыпки и основания. Граничные условия, начальные данные.	2
6.2	Взаимодействие сооружений с водной средой.	Воздействие фильтрационного потока и водонасыщения в грунтах основания на сейсмическую устойчивость сооружения. Динамическое воздействие воды водохранилища на сейсмическую устойчивость бетонного сооружения (подпорные стены, причалы, плотина, блок АЭС). Динамическое воздействие воды водохранилища на сейсмическую устойчивость грунтовой плотины, ее откосов, целостность противофильтрационного элемента. Поровое давление в грунтовых дамбах при сейсмическом воздействии, разжижение откосов песчаных дамб при землетрясениях. Примеры расчетов, анализ результатов. Оценка устойчивости откосов грунтовых дамб при сейсмическом воздействии.	4

### 5.3 Самостоятельная работа

№ п/п	Наименование раздела (темы)	Содержание раздела (темы) для самостоятельной работы студента	Кол. Акад. часов
<b>1.</b>	<b>Динамические нагрузки</b>		
1.1	Виды динамических нагрузок	Виды динамических нагрузок. Периодические нагрузки: Непериодические нагрузки: Нерегулярные нагрузки, случайные нагрузки. Нагрузки неподвижные, подвижные. Нагрузки техногенные Природные динамические нагрузки. Природные динамические нагрузки: волновые, ветровые, сейсмические.	2
1.2	Способы математического описания динамических нагрузок	Инструментальная запись землетрясений и их обработка. Амплитудно-частотная характеристика землетрясения (АЧХ). Спектральные графики землетрясений (спектры). Основные принципы их построения Математическое описание регулярных (гармонических) нагрузок. Математическое описание нерегулярных динамических нагрузок. Ряды Фурье. Коэффициент затухания, его определение.	2
<b>2.</b>	<b>Основные сведения о землетрясениях</b>		
2.1	Основные сведения о землетрясениях, их причинах, проявлениях, по-	Природа землетрясений, их причина. Строение Земли и земной коры; тектонические явления как следствия эндогенных процессов; сейсмические явления; механизм, классификация и география земле- и моретрясений; шкала сейсмической интенсивно-	2

	следствиях.	сти, приборы для записи землетрясений. Статистика земных Землетрясения, их проявление и последствия. Гипоцентр и эпицентр землетрясения, их местоположение. Классификации землетрясений по глубине очага.	
2.2	Сейсмические волны	Характер перемещения грунта при землетрясении (сейсмические волны); измерение перемещений грунта. Основные характеристики сейсмических колебаний (амплитуда, частота, скорость распространения, затухание). Сейсмические волны (глубинные, поверхностные). Приборы для инструментальных наблюдений.. Основные типы упругих волн, распространяющихся в окружающей среде при землетрясении. Глубинные и поверхностные волны, характер их распространения в твердых и жидких телах. Распространение сейсмических волн в грунтах, в скальных породах, в жидкостях и морской воде. Затухание. Затухание в грунтовой среде( демпфирующие свойства грунтов).	4
2.3	Основные характеристики землетрясений. Шкалы балльности и магнитуд.	Основные характеристики землетрясений. Энергетический класс землетрясения. Магнитуда. Интенсивность землетрясения. Объем очага. Геометрические характеристики. Сейсмический момент. Шкалы балльности и магнитуд. Классификация землетрясений по силе, по магнитуде. Сейсморайонирование и микросейсморайонирование.	4
<b>3.</b>	<b>Общие вопросы сейсмостойкости сооружений.</b>		
3.1	Основы теории колебаний	Дифференциальное уравнение колебаний точечной массы при свободных колебаниях без учета затухания. Определение формы и частоты собственных колебаний системы. Затухание в системе, коэффициент демпфирования. Колебания в системе с затуханием. Колебания в системе с конечным числом степеней свободы..Определение частот и форм собственных колебаний системы. Решение характеристического уравнения. Вынужденные колебания системы с одной и более степенями свободы. Решение динамического уравнения при различных видах динамического воздействия. Коэффициент динамичности. Резонанс в системе без затухания и в системе с затуханием. Вибрационные нагрузки. Вынужденные колебания при вибрационных нагрузках. Борьба с вибрациями. Автоколебания. Колебания неупругой диссипативной системы с одной степенью свободы	4
3.2	Динамические свойства конструкций и материалов. Методы их изучения	Динамическая прочность строительных материалов, конструктивных элементов и соединений. Понятие о конфигурации здания применительно к задачам проектирования. Значение выбранной конфигурации; требования норм. Геометрические пропорции размеров согласно конфигурации (планов, высоты и формы) здания; симметрия. Концентрация и распределение усилий в элементах здания. Сопrotивление элементов, расположенных по периметру здания. Особенности работы статически неопределимых систем остова здания. Конструкции зданий с резким изменением прочности и жесткости Общие сведения о методах динамических испытаний материалов и элементов конструкций. Цели экспериментальных методов изучения колебаний зданий и сооружений. Моделирование, критерии подобия, механические колебательные системы, тонкие плиты, твердые тела. Устройства для гашения колебаний (динамические гасители, ударные, демпферы, ограничители).	4
3.3	Критерии безопас-	Нормирование колебаний (допустимый уровень по стандартам	2

	ности при динамических нагрузках.	системы безопасности труда...). Ограничение колебаний по предельно допустимым динамическим прогибам. Общие принципы нормирования сейсмостойкого строительства.	
<b>4.</b>	<b>Методы определения сейсмических сил.</b>		
4.1	Методы решения динамических задач	Решение статических и динамических задач методами сопротивления материалов и методами строительной механики. Метод сил и метод перемещений в решении динамических задач. Решение задач в рамках теории упругости. Решение задач с учетом пластического поведения материала. Метод конечных элементов в решении динамических задач. Вариационные принципы поиска перемещений системы с учетом нелинейного поведения материала.	4
4.2	Линейно-спектральная методика расчета сооружений на сейсмические нагрузки	Квазидинамический метод определения сейсмических нагрузок. Расчетная схема сооружения. Определение форм собственных колебаний сооружения, использование объектов-аналогов, определение форм и частот собственных колебаний в лабораторных условиях, на натурных испытаниях. Определение величин динамических нагрузок. Линейно-спектральный метод решения динамической задачи согласно СНиП. Нормативные методы определения величин сейсмических нагрузок. Сопоставление расчетных нормативных методов в США и Японии. Критерии оценки сейсмостойкости сооружений в решении задач по линейно-спектральной методике	4
4.3	Динамический метод расчета сооружений (по заданной акселерограмме).	Принцип Даламбера для динамических задач. Методы расчета сооружений на сейсмические воздействия. Основное дифференциальное уравнение колебаний конструкции при землетрясении, заданном в виде акселерограммы. Определение форм и частот собственных колебаний зданий и сооружений - расчетные и экспериментальные методы, справочные данные. Методы численного интегрирования уравнений сейсмических колебаний. Методы определения НДС конструкции при землетрясении. Определение сейсмических усилий в узлах конструкции при землетрясении. Методы описания и анализа расчетной информации по динамическому поведению конструкции при землетрясении. Критерии оценки сейсмостойкости сооружений в решении динамических задач численным методом	4
<b>5.</b>	<b>Расчет зданий и сооружений на сейсмические воздействия с использованием аппарата МКЭ</b>		
5.1	Расчетные схемы сооружений. Использование МКЭ в расчетах сооружений	Расчетные схемы зданий и сооружений, используемые в динамических задачах. Основы метода конечных элементов. Формы конечных элементов.. Построение матрицы жесткости. Построение матрицы масс и матрицы демпфирования. Свободные колебания. Решение неполной задачи о собственных колебаниях конструкции. Использование программных средств для определения частот и форм собственных колебаний сооружений.	4
5.2	Особенности работы конструкций зданий при действии сейсмических сил	Особенности работы конструкций зданий при действии сейсмических сил. Учет пространственного характера работы сооружений на сейсмическое воздействие произвольного направления. Классификация зданий по их конструктивным решениям. Распределение усилий между вертикальными и горизонтальными элементами несущих конструкций при действии горизонтальной нагрузки. Конфигурация входящих углов. Конфигурация вертикальных углов. Конфигурация зданий с резким изменением прочности и жесткости.	4
5.3	Основные принципы проектирования	Методы антисейсмического усиления зданий и сооружений. Классификация методов антисейсмического усиления (методы	6

	сейсмостойких конструкций	сейсмозащиты). Традиционные методы и средства защиты зданий и сооружений от землетрясения. Конструкции сейсмостойких зданий. особенности конструктивно-планировочных решений сейсмостойких кирпичных, крупноблочных, крупнопанельных бескаркасных, каркасных и монолитных железобетонных зданий; эффективные механизмы сейсмоизоляции зданий. Подбор параметров сейсмоизолирующих фундаментов. Гашение сейсмических колебаний. Конструкции демпферов. Динамические гасители колебаний (ДГК). Проектирование сейсмостойких конструкций с заданными параметрами предельных состояний. Конструкции сейсмостойких зданий. Здания с несущими стенами, каркасные здания.	
5.4	Расчет зданий на сейсмическое воздействие с использованием программных средств	Использование программных комплексов «RADIUS», «SEISMIC» и др. для расчета сооружений на сейсмические воздействия. Краткая характеристика программных комплексов. Правила подготовки исходных данных для расчета по нормативной методике и в расчете на акселерограмму. Алгоритмы расчетов. Анализ полученной информации по контрольным моментам времени и в контрольных узлах и элементах сооружения. Правила выбора контрольных моментов времени и контрольных узлов сооружения. Правила подбора расчетной акселерограммы для заданного участка строительства.	4
<b>6.</b>	<b>Особые вопросы сейсмостойкости сооружений, взаимодействующих с водной средой и грунтовой засыпкой</b>		
6.1	Взаимодействие сооружений с основанием..	Динамические модели грунтовых оснований. Особенности поведения грунтов при статических и динамических нагрузках. Остаточные деформации в грунтах при циклических нагрузках. Особенности и различия деформирования песчаных и глинистых грунтов. Учет взаимодействия гражданских зданий и сооружений с основанием при землетрясениях. Использование искусственных оснований в сейсмостойком строительстве. Оценка сейсмостойкости свайного ростверка с грунтовой подушкой на искусственном основании. Учет протяженности сооружений при оценке их сейсмостойкости. Сейсмостойкость массивных сооружений – блоков АЭС, ГЭС. Взаимодействие сооружения с водой в водохранилище при динамическом воздействии. Вычисление присоединенной массы воды. Оценка устойчивости откосов грунтовых дамб при сейсмическом воздействии. Поровое давление в водонасыщенных основаниях и грунтовых дамбах при сейсмическом воздействии и меры предотвращения разжижения слабых грунтов.	6
6.2	Взаимодействие сооружений с водной средой	Сейсмостойкость гидротехнических сооружений. Взаимодействие сооружения с водой в водохранилище при динамическом воздействии. Вычисление присоединенной массы воды. Оценка устойчивости откосов грунтовых дамб при сейсмическом воздействии. Поровое давление в водонасыщенных основаниях и грунтовых дамбах при сейсмическом воздействии и меры предотвращения разжижения слабых грунтов	4

4.6. Лабораторный практикум – не предусмотрен.

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

Задачами самостоятельной работы студента по дисциплине «Сейсмостойкость сооружений» является:

- расширение теоретических знаний студента по разделам дисциплины, изучаемым на лекционных занятиях,
- самостоятельное знакомство с некоторыми вопросами дисциплины,
- приобретение практических навыков и умений по расчётам сейсмостойкости сооружений и зданий,
- овладение методиками выполнения расчётов сейсмостойкости, приобретение навыков анализа их результатов.

*Самостоятельная работа студента включает:*

- самостоятельное изучение студентами разделов дисциплины с помощью специальной технической литературы и Интернет-ресурсов,
- выполнение студентом расчётно-графических работ и их защита,
- подготовку к мероприятиям текущего контроля (коллоквиумы, опросы на лекциях),
- подготовку к промежуточной аттестации (экзамен) на основе лекционного материала, а также материала, изученного самостоятельно.

Основная задача самостоятельной работы по разделам «Методы определения сейсмических сил», «Расчет зданий и сооружений на сейсмические воздействия с использованием аппарата МКЭ» - работа над расчётно-графическими работами. В качестве дополнительного учебно-методического материала рекомендуется использовать следующую литературу:

- 1) СНиП II-7-81. Строительство в сейсмических районах. - М.: Минстрой России, 1995.
- 2) Завриев К.С. и др. Основы теории сейсмостойкости зданий и сооружений, М: Стройиздат, 1970 - 224с.
- 3) Корчинский И.Л. и др. Основы проектирования зданий в сейсмических районах, М: Стройиздат, 1961-488с.
- 4) СП 31-114-2004 Правила проектирования жилых и общественных зданий для строительства в сейсмических районах. Госстрой России.-М.:ГУПЦПП, 2005.- 50с.
- 5) Гаскин В.В., Иванов И.А. Сейсмостойкость зданий и транспортных сооружений, Иркутск: ИГУ, 2005.
- 6) Н.Ньюмарк, Э.Розенблюэт Основы сейсмостойкого строительства под редакцией д.т.н. Я.М.Айзенберга. М.: Стройиздат, 1980.
- 7) Динамический расчет зданий и сооружений. Справочник проектировщика под ред. проф.Б.Г.Коренева, И.М.Рабиновича. М.: Стройиздат, 1984.
- 8) Р.Клаф, Дж.Пензиен. Динамика сооружений. Пер.Москва, Стройиздат.1979
- 9) Бирбраер А.Н. Расчет конструкций на сейсмостойкость. Санкт-Петербург. «Наука», 1998.
- 10) Пояков С.В. Сейсмостойкие конструкции зданий. Учебное пособие для вузов. Изд-во. М.: Высшая школа, 1983, 306 с.
- 11) Амосов, А. А. Основы теории сейсмостойкости сооружений [Текст] : учеб. пособие для вузов / А.
- 12) Основы теории сейсмостойкости и сейсмостойкого строительства. Уздин А.М., Сандович Т.А., Аль-Насер-Мохомад Самих Амин. СПб, 1993.

## **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
ПК –9	+	+	+	+	+	+
ПК – 17	+	+	+	+	+	+

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	
		Кolloквиум	РГР №1	РГР №2		
ПК-9	31.1	+			+	+
	31.2	+			+	+
	31.3	+			+	+
	У1.1	+	+	+		+
	У1.2		+			+
	Н1.1		+	+		+
	Н1.2			+		+
ПК-17	32.1	+			+	+
	32.2				+	+
	У2			+	+	+
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	Углубленный уровень освоения	Продвинутый уровень освоения
		«3» (удовлетвор.)	«4» (хорошо)	«5» (отлично)
31.1-31.3	Не знает значительной части основного содержания нормативных документов, относящихся к причинам землетрясений, не знает шкал балльности и магнитуд	Знает основной материал, но допускает много неточностей, приводит недостаточно правильные формулировки	Допускает небольшие неточности при ответах на вопросы. Разбирается в видах динамических нагрузок, способах их математического описания. Знает основные законы динамического равновесия сис-	Хорошо разбирается в видах динамических нагрузок, способах их математического описания. Знает причины землетрясений, сейсмоактивные районы земли, микросейсм районирования, основные законы динамического равновесия систем, основные мето-

			тем.	ды решения дифференциальных уравнений
32.1-32.2	Не знает значительной части методов расчетов энергетических сооружений и оборудования ГЭС	Знает нормативную базу сейсмостойкого строительства, но не может ее применить в практике, допускает много ошибок	Знает методы расчетов сооружений на сейсмические нагрузки, допускает отдельные ошибки	Знает методы расчетов зданий и сооружений на сейсмические нагрузки, Знает об отечественном и зарубежном опыте проектирования, строительства и эксплуатации.
У2	Не знает значительной части научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта проектирования, строительства и эксплуатации сооружений.	Знает очень мало о научно-технической информации об отечественном и зарубежном опыте проектирования, строительства и эксплуатации.	Знает об отечественном и зарубежном опыте проектирования, строительства и эксплуатации сооружений.	<b>Умеет</b> анализировать геологические условия, читать геологическую графику, анализировать сейсмометрические и геодинимические данные по мониторингу зданий и сооружений, площадок и районов строительства.

7.2.3. *Описание шкалы и критериев оценивания для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю) в форме Защиты курсовой работы/пректа – не предусмотрено.*

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

Текущий контроль проводится в виде устного опроса по теме предыдущего занятия, коллоквиума на 4 неделе семестра, выполнения двух расчетно-графических работ.

*Перечень примерных вопросов к коллоквиуму «Общие вопросы сейсмостойкости сооружений»*

1. Причины возрастания сейсмической опасности.
2. Причины землетрясений
3. Спектральные графики землетрясений. Основные принципы их построения. Тектонические движения земной коры; земле- и моретрясения.
4. Механизмы и принципы классификации землетрясений.
5. Шкала интенсивности землетрясений. Сейсмическое районирование и микро-районирование территории России.
6. Характер перемещений грунта оснований; сейсмические волны и их регистрация.
7. Гармонические колебания: закон движения и основные кинематические характеристики. Здание (сооружение) как колебательная система; степень свободы системы.
8. Сущность принципа Даламбера для динамических задач, другие методы решения задач динамики
9. Гармонические колебания: закон движения и основные кинематические характеристики.

10. Свободные колебания упругих консервативных систем с одной степенью свободы.
11. Вынужденные колебания упругих систем с одной степенью свободы.
12. Затухающие свободные колебания упругих систем с одной степенью свободы; периодичное движение.
13. Вынужденные колебания упругих систем с одной степенью свободы; резонансные явления.
14. Вынужденные колебания упругих систем с одной степенью свободы с учетом диссипативных сил; особенности резонансного явления.

*Расчётно-графические работы выполняются на следующие темы :*

1. РГР №1 «*Определение усилий в системе с несколькими степенями свободы при свободных колебаниях*».

В работе рассматриваются вопросы в следующей последовательности:

1. Представляются расчетные схемы конструкции с сосредоточенными массами, условиями закрепления, заданными нагрузками.
  2. Определяется количество степеней свободы системы.
  3. Для определения частот и форм собственных колебаний заданной конструкции может быть использовано уравнение свободных колебаний в форме метода сил или методы перемещений.
  4. Составляется матрица масс
  5. Составляется матрица жесткости (для решений в форме метода перемещений) или матрица податливости (при решении в форме метода сил)
  6. Записывается характеристическое уравнение и производится его решение в ходе раскрытия определителя. При решении уравнения определяются его корни, по ним определяются частоты собственных колебаний.
  7. Определяются собственные вектора.
  8. Определяются динамические нагрузки по каждой из полученных форм собственных колебаний.
  9. Результаты расчетов представляются в графическом виде (в виде эпюр смещений, сил).
  10. Проводится анализ полученных результатов и делается вывод о величине внутренних усилий в узлах системы при свободных колебаниях.
2. РГР №2 «*Расчёт здания (сооружения) на сейсмическое воздействие*»  
(Пример расчета одно- двух- трех-этажного здания с несущими колоннами на сейсмическую нагрузку/ Пример расчета бетонной плотины на сейсмическое воздействие ).
1. Сбор действующих на сооружение нагрузок (от собственного веса колонн, кровли, плит, балок и снежного покрова).
  2. Определение податливости каркаса.
  3. Определение периода свободных колебаний.
  4. Определение коэффициента динамичности.
  5. Определение сейсмических нагрузок, действующих на каркас в поперечном направлении (на уровне покрытия).
  6. Статический расчет каркаса от действия сейсмических сил.
  7. Построение эпюр изгибающих моментов и перерезывающих сил в поперечной раме от сейсмической нагрузки.
  8. Аналогично ведется расчет для сейсмических нагрузок, действующих в продольном направлении.
  9. Расчет зданий и сооружений по ЛСМ при упрощении расчетной схемы (консольная схема, рамная схема, балочная схема, область сплошной среды с гранич-

ными условиями). Расчет ведется с использованием расчетных программ вычислений в табличной форме (EXCEL).

Требования к оформлению расчетно-графических работ :

Расчетно-графическая работа включает:

- 1) Название расчетно-графической работы, исполнитель, преподаватель-консультант, преподаватель приема работы.
- 2) Описание исходных данных для расчета;
- 3) Расчетную схему рассчитываемой конструкции, с указанием на ней заданных величин и искомых параметров;
- 4) Краткие теоретические положения расчетов, расчетные формулы;
- 5) Результаты расчетов, представляются в графическом виде на расчетной схеме конструкции, а также в табличном виде (для расчетов выполненных в EXCEL).

### 7.3.2. Промежуточная аттестация

Промежуточная аттестация в семестре А проводится в виде экзамена.

*Примерные вопросы к экзамену:*

3. Общие представления о динамической нагрузке. Природные динамические нагрузки: волновые, ветровые, сейсмические
4. Инструментальная запись землетрясений и их обработка. Спектральные графики землетрясений (спектры). Основные принципы их построения
5. Строение Земли и земной коры; тектонические явления как следствия эндогенных процессов;
6. Каковы причины землетрясений? Какие наиболее разрушительные землетрясения Вы знаете? Какие районы на земном шаре сейсмически наиболее опасны
7. Классификация и география землетрясений; шкала балльности, магнитуд; приборы для записи землетрясений.
8. Что понимают под очагом, гипоцентром, эпицентром землетрясения? Как классифицируются землетрясения по глубине?
9. На основе каких свойств распространения волн определяют место очага землетрясений? Какие шкалы балльности землетрясений существуют? Чем они отличаются друг от друга? Какая особенность шкал Рихтера и MSK? Как можно перейти от оценки по одной шкале к оценкам по другим шкалам?
10. Измерение скоростей распространения сейсмических волн лабораторными методами (ультразвуковой, продольные и крутильные колебания образцов, исследование свободных и вынужденных колебаний образцов грунтов), определение модулей деформации и коэффициента затухания.
11. Какой прибор для записи землетрясений создал Б.Б. Голицын? В чем особенность этого прибора? Какое значение имело и имеет это изобретение для изучения сейсмических волн и сейсмрайонирования?
12. Зависимость динамических свойств грунтов от их плотности и напряженного состояния, водонасыщения.
13. Методы решения задач динамики сооружений.
14. Свободные и вынужденные колебания консервативных систем. Свободные и вынужденные колебания диссипативных систем. Резонанс. Понятие о спектральном анализе функций колебательного движения.
15. Свободные колебания без учета диссипативных сил. Свободные колебания диссипативных систем. Вынужденные колебания системы без учета и с учетом диссипативных сил.
16. Причины нарушения линейного закона колебаний. Колебания неупругой диссипативной системы с одной степенью свободы.

17. Специфика сейсмических воздействий и стандартные методы механических испытаний строительных материалов, конструктивных элементов и их соединений.
18. Динамическая прочность (включая не многократно повторные нагружения) строительных материалов (металлы, железобетон обычный и преднапряженный; каменная кладка; древесина) конструктивных элементов и соединений.
19. Характер перемещения грунта (сейсмические волны); измерение перемещений грунта.
20. Сила инерции; периоды колебаний здания; резонанс; затухание колебаний; пластичность, кручение, прочность и жесткость; диски покрытий и перекрытий; вертикальные диафрагмы, связевой каркас; рамные каркасы; ненесущие элементы; выводы.
21. Сведения о нормативных методах расчета сейсмостойких зданий (по СНиП); особенности конструктивно-планировочных решений сейсмостойких кирпичных, крупноблочных, крупнопанельных бескаркасных, каркасных и монолитных железобетонных зданий; эффективные механизмы сейсмоизоляции зданий.
22. Понятие о конфигурации здания при проектировании строительства в сейсмических районах; уточнение понятия конфигурации; значение выбранной конфигурации; строительные нормы и правила конфигурации.
23. Введение; размеры зданий (высота и планы); геометрические пропорции; симметрия; концентрация и распределение усилий; конструктивные решения (плотность плана); углы зданий; несущая способность элементов, расположенных по периметру здания; статическая неопределимость конструкций.
24. Изменение прочности и жесткости конструкций по периметру плана здания; проектное положение ядер (стволов) жесткости; псевдосимметрия.
25. Определения; расчетные концепции; примеры поврежденных зданий; решения.
26. Определения; проблемы, возникающие при проектировании; специфика проектирования вертикальных углов; решение.
27. Общие положения проектирования зданий; решения.
28. От чего зависит значение коэффициента динамичности, формы, затухания? Как учитывается вода со стороны ВБ в расчетах гидротехнических сооружений на сейсмическое воздействие?
29. Как учитываются сейсмические силы при оценке устойчивости откосов грунтовых плотин?
30. Свободные колебания упругих систем с несколькими степенями свободы; понятие о собственных формах колебаний таких систем.
31. Причины нарушения линейного закона колебаний. Петли гистерезиса.
32. Колебания неупругой диссипативной системы с одной степенью свободы.
33. Особенности сейсмических воздействий на здание как колебательную систему.
34. Понятие о стандартных методиках испытания материалов.
35. Динамическая прочность и деформации основных строительных материалов (сталь, железо, бетон, каменная кладка и древесина).
36. Периоды колебаний здания и резонанс; сила инерции.
37. Затухание колебаний; прочность и жесткость конструкций; кручение;
38. Понятие о конфигурации здания применительно к задачам проектирования.
39. Значение выбранной конфигурации; требования норм.
40. Геометрические пропорции размеров согласно конфигурации (планов, высоты и формы) здания; симметрия.
41. Концентрация и распределение усилий в элементах здания.
42. Соппротивление элементов, расположенных по периметру здания.
43. Особенности работы статически неопределимых систем остова здания.
44. Нарушение симметрии простых планов здания.
45. Конфигурация входящих углов и характер их повреждений.

46. Конфигурация вертикальных уступов зданий.
47. Конструкции зданий с резким изменением прочности и жесткости.
48. Роль дисков покрытия и перекрытий в распределении горизонтальных нагрузок на элементы остова здания.
49. Вертикальные диски (диафрагмы) и связевой каркас.

*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, или преподавателями, ведущими практические и лабораторные занятия (кроме устного экзамена). 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 (структурному подразделению).

- 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 и нормативной литературой, калькуляторами.

- Время подготовки ответа при сдаче зачета/экзамена в устной форме должно составлять не менее 40 минут (по желанию обучающегося ответ может быть досрочным). Время ответа – не более 15 минут.

- При подготовке к устному экзамену экзаменуемый, 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.

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

- Оценка результатов устного аттестационного испытания объявляется обучающимся в день его проведения. При проведении письменных аттестационных испытаний или компьютерного тестирования – в день их проведения или не позднее следующего рабочего дня после их проведения.

- Результаты выполнения аттестационных испытаний, проводимых в письменной форме, форме итоговой контрольной работы или компьютерного тестирования, должны быть объявлены обучающимся и выставлены в зачётные книжки не позднее следующего рабочего дня после их 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
1	2	3	4	5
<i>Основная литература:</i>				
НТБ				
1	Сейсмостойкость сооружений	Амосов, А. А. Основы теории сейсмостойкости сооружений [Текст] : учеб. пособие для вузов / А. А. Амосов, С. Б. Сеницын; [рец.: А. Е. Саргсян, Н. Н. Шапошников]. - Изд. 2-е, перераб. и доп. - М. : Изд-во АСВ, 2010. - 134 с.	110	100
2	Сейсмостойкость сооружений	Сеницын, С. Б. Теория сейсмостойкости. Курс лекций [Текст] : учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по программе бакалавриата по направлению 270800 "Строительство" (профили "Промышленное и гражданское строительство" и "Проектирование зданий" / С. Б. Сеницын ; Московский государственный строительный университет. - Москва : МГСУ, 2014. - 87 с. : ил.	25	100
3	Сейсмостойкость сооружений	Мкртычев, О. В. Проблемы учета нелинейностей в теории сейсмостойкости (гипотезы и заблуждения) [Текст] : [монография] / О. В. Мкртычев, Г. А. Джинчвелашвили ; Моск. гос. строит. ун-т. - 2-е изд. - Москва : МГСУ, 2014. - 192 с	3	100
4	Сейсмостойкость сооружений	Мартынов, Н. В. Активная сейсмозащита: варианты развития и критический анализ практических возможностей [Текст] : монография / Н. В. Мартынов ; [рец.: В. С. Кукунаев, В. Т. Чедодурова, Б. И. Боровский]. - Симферополь : [б. и.], 2013. - 266 с.	1	100
ЭБС АСВ				
5	Сейсмостойкость сооружений	Сеницын С.Б. Теория сейсмостойкости [Электронный ресурс]: курс лекций/ Сеницын С.Б.— Электрон. текстовые данные.— М.: Московский государственный строительный университет, ЭБС АСВ, 2014.— 88 с	<a href="http://www.iprbooks.hop.ru/23752">http://www.iprbooks.hop.ru/23752</a> .— ЭБС «IPR-books»,	100
6	Сейсмостойкость сооружений	Мкртычев О.В. Проблемы учета нелинейностей в теории сейсмостойкости (гипотезы и заблуждения) [Электронный ресурс]: монография/ Мкртычев О.В., Джинчвелашвили Г.А.— Электрон. текстовые данные.— М.: Московский государственный строительный университет, ЭБС АСВ, 2014.— 192 с	<a href="http://www.iprbooks.hop.ru/23735">http://www.iprbooks.hop.ru/23735</a> .— ЭБС «IPR-books»,	100
<i>Дополнительная литература:</i>				
НТБ				
	Сейсмостойкость сооружений	Гидротехнические сооружения (речные) [Текст] : учебник для вузов : в 2 ч. / Л. Н. Рассказов [и др.] ; под ред. Л. Н. Рассказова; [рец.: А. И. Альхименко, А. Л. Гольдин]. - Изд. 2-е, испр. и доп. - Москва : Изд-во АСВ, 2011. - Загл. обл.: Гидротехнические сооружения Ч. 2. - 2011. - 533 с.	52	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	<a href="http://www.edu.ru/index.php">http://www.edu.ru/index.php</a>
Научная электронная библиотека	<a href="http://elibrary.ru/defaultx.asp?">http://elibrary.ru/defaultx.asp?</a>
Электронная библиотечная система IPRbooks	<a href="http://www.iprbookshop.ru/">http://www.iprbookshop.ru/</a>
Федеральная университетская компьютерная сеть России	<a href="http://www.runnet.ru/">http://www.runnet.ru/</a>
Информационная система "Единое окно доступа к образовательным ресурсам"	<a href="http://window.edu.ru/">http://window.edu.ru/</a>
Научно-технический журнал по строительству и архитектуре «Вестник МГСУ»	<a href="http://www.vestnikmgsu.ru/">http://www.vestnikmgsu.ru/</a>
Научно-техническая библиотека МГСУ	<a href="http://www.mgsu.ru/resources/Biblioteka/">http://www.mgsu.ru/resources/Biblioteka/</a>
раздел «Кафедры» на официальном сайте МГСУ	<a href="http://www.mgsu.ru/universityabout/Struktura/Kafedri/">http://www.mgsu.ru/universityabout/Struktura/Kafedri/</a>

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

Организация деятельности обучающегося
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения, пометить важные мысли, выделять ключевые слова, термины.</li> <li>2. Ознакомление с терминами, понятиями с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь.</li> <li>3. Определение вопросов, терминов, материала, который вызывает трудности, пометить и попытаться найти ответ в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на консультации, на практическом занятии.</li> <li>4. Прослушивание аудио- и видеозаписей по заданной теме, решение расчетно-графических заданий, решение задач по алгоритму и др.</li> <li>5. Просмотр рекомендуемой литературы, работа с текстом (указать текст из источника и др.)</li> </ol>
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Знакомство с основной и дополнительной литературой, включая справочные издания, зарубежные источники, конспект основных положений, терминов, сведений, требующихся для запоминания и являющихся основополагающими в этой теме. Составление аннотаций к прочитанным литературным источникам и др.</li> <li>2. Работа с конспектом лекций, подготовка ответов к контрольным вопросам.</li> <li>3. Поиск литературы и составление библиографии, использование от 3 до 5 научных работ, изложение мнения авторов и своего суждения по выбранному вопросу, изложение основных аспектов проблемы.</li> <li>4. Ознакомиться со структурой и оформлением РГР.</li> <li>5. Изучение научной, учебной, нормативной и другой литературы. Работа с конспектом лекций, подготовка ответов к контрольным вопросам и др.</li> <li>6. При подготовке к экзамену (зачету) необходимо ориентироваться на конспекты лекций, рекомендуемую литературу, выполненные РГР и др.</li> </ol>

**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 обеспеч. (%)
-------	--	------	---------------------------	----------------------

1	Динамические нагрузки, способы их математического описания.	Виды динамических нагрузок. Акселерограммы, велограммы	Презентация «Методы регистрации сейсмических колебаний»	100%
2	Основные сведения о землетрясениях.	Землетрясения	Презентация «Разрушительные землетрясения, повреждения зданий и сооружений»	100%
3	Общие вопросы сейсмостойкости сооружений.	Определение сейсмических сил	Презентация «Сейсмостойкость сооружений. Часть 1. Линейно-спектральная теория»	100%
4	Методы определения сейсмических сил	Определение сейсмических сил	Презентация «Сейсмостойкость сооружений. Часть 2. Динамический метод решения задачи определения сейсмических нагрузок.»	100%
5	Расчет зданий и сооружений на сейсмические воздействия с использованием аппарата МКЭ	Метод МКЭ и ЛВ в численных исследованиях сооружений.	Слайд-презентация «Расчет НДС плотин при сейсмических нагрузках»	100%

11.2 Перечень программного обеспечения, используемого при осуществлении образовательного процесса – не используется

11.3 Перечень информационных справочных систем

Информационно-библиотечные системы

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

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

Учебные занятия по дисциплине «Сейсмостойкость сооружений» 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 / мобильные (переносные) 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 Государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования и с учетом рекомендаций примерной основной образовательной программы высшего образования по направлению подготовки 08.05.01 «Строительство уникальных зданий и сооружений».