



Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра Строительной механики

УТВЕРЖДАЮ

Начальник учебно-методического управления

С.В. Михайлов

«29» июня 2021г.

### **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

Теория расчета на динамические и сейсмические воздействия

направление подготовки/специальность 08.05.01 Строительство уникальных зданий и сооружений

направленность (профиль)/специализация образовательной программы Строительство мостов и тоннелей

Форма обучения очная

Санкт-Петербург, 2021

## 1. Цели и задачи освоения дисциплины (модуля)

Целями освоения дисциплины является ознакомить студента с методами расчета сооружений и конструкций на динамические воздействия, в том числе от ветровой нагрузки и сейсмического воздействия, а также методам расчета конструкций на устойчивость, используемым при проектировании и прочностных расчетах конструкций высотных и большепролетных зданий и сооружений.

Задачами освоения дисциплины является научить студента владеть и применять методы динамики и устойчивости сооружений при проектировании и прочностных расчетах конструкций высотных и большепролетных зданий и сооружений. Приобретенные навыки способствуют формированию инженерного мышления.

## 2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине, обеспечивающие достижение планируемых результатов освоения ОПОП
ПКС-5 Способность выполнять научно-техническое сопровождение строительства инженерных сооружений	ПКС-5.1 Постановка задач исследования в сфере строительства инженерных сооружений	<b>знает</b> Какие задачи рассматриваются в рамках динамики, устойчивости и сейсмостойкости зданий и сооружений. <b>умеет</b> Определять какую задачу необходимо рассмотреть для конкретного здания или сооружения в рамках динамики, устойчивости и сейсмостойкости <b>владеет навыками</b> навыком постановки задачи для исследования поведения здания или сооружения при воздействии динамических нагрузок
ПКС-5 Способность выполнять научно-техническое сопровождение строительства инженерных сооружений	ПКС-5.2 Выбор метода и/или методики проведения исследований в сфере строительства инженерных сооружений	<b>знает</b> Методы и/или методики проведения исследования поведения зданий и/или сооружений в рамках динамики, устойчивости и сейсмостойкости зданий и сооружений <b>умеет</b> определять какой метод и /или методику необходимо применить для исследования поведения зданий или сооружений в рамках динамики, устойчивости и сейсмостойкости <b>владеет навыками</b> навыком выбора метода и /или методики необходимых для исследования поведения зданий или сооружений в рамках динамики, устойчивости и сейсмостойкости

<p>ПКС-5 выполнять техническое сопровождение строительства инженерных сооружений</p> <p>Способность научно-</p>	<p>ПКС-5.3 физической математической) исследуемого объекта</p> <p>Разработка (или модели</p>	<p><b>знает</b> физические (или математические) модели, используемые для исследования поведения зданий или сооружений в рамках динамики, устойчивости и сейсмостойкости</p> <p><b>умеет</b> создавать физические (или математические) модели, используемые для исследования поведения конкретных зданий или сооружений в рамках динамики, устойчивости и сейсмостойкости</p> <p><b>владеет навыками</b> навыком создания физических (или математических) моделей, используемых для исследования поведения зданий или сооружений в рамках динамики, устойчивости и сейсмостойкости</p>
<p>ПКС-5 выполнять техническое сопровождение строительства инженерных сооружений</p> <p>Способность научно-</p>	<p>ПКС-5.4 исследования в сфере строительства инженерных сооружений в соответствии с его методикой</p> <p>Проведение</p>	<p><b>знает</b> алгоритм исследования поведения зданий или сооружений в соответствии с выбранной методикой в рамках динамики, устойчивости и сейсмостойкости</p> <p><b>умеет</b> выбрать алгоритм исследования поведения зданий или сооружений в соответствии с выбранной методикой в рамках динамики, устойчивости и сейсмостойкости</p> <p><b>владеет навыками</b> алгоритмами исследования поведения зданий или сооружений в соответствии с выбранной методикой в рамках динамики, устойчивости и сейсмостойкости</p>
<p>ПКС-5 выполнять техническое сопровождение строительства инженерных сооружений</p> <p>Способность научно-</p>	<p>ПКС-5.5 результатов исследования и получение экспериментально - статистической модели, описывающей поведение исследуемого объекта, их представление и защита</p> <p>Обработка</p>	<p><b>знает</b> Принципы обработки результатов исследования поведения зданий и сооружений при динамических воздействиях.</p> <p><b>умеет</b> Давать пояснения по работе исследуемых объектов по полученным результатам расчетов в рамках динамики, устойчивости и сейсмостойкости</p> <p><b>владеет навыками</b> навыком обработки данных по результатам исследования поведения зданий и сооружений в рамках динамики, устойчивости и сейсмостойкости</p>

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

Данная дисциплина (модуль) включена в Блок «Дисциплины, модули» Б1.В.03 основной профессиональной образовательной программы 08.05.01 Строительство уникальных зданий и сооружений и относится к части, формируемой участниками образовательных отношений учебного плана.

№ п/п	Предшествующие дисциплины	Код и наименование индикатора достижения компетенции
1	Строительная механика	ОПК-1.2, ОПК-1.4, ОПК-1.5, ОПК - 1.6, ОПК-1.7, ОПК-1.10, ОПК-2.6, ОПК-3.1, ОПК-6.17, ОПК-6.18, ОПК-6.19, ОПК-11.1, ОПК-11.6, ОПК-11.7, ОПК-11.13, ОПК-11.14

Строительная механика

Знать:

основные методы решения динамических задач строительной механики

Уметь:

составить расчетную схему для сложных инженерных конструкций и их элементов при выполнении динамических расчетов

Владеть:

навыками расчета стержневых строительных конструкций на устойчивость и динамические воздействия

№ п/п	Последующие дисциплины	Код и наименование индикатора достижения компетенции
1	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы	УК-1.1, УК-1.2, УК-1.3, УК-1.4, УК-1.5, УК-1.6, УК-1.7, УК-1.8, УК-1.9, УК-2.1, УК-2.2, УК-2.3, УК-2.4, УК-2.5, УК-2.6, УК-3.1, УК-3.2, УК-3.3, УК-3.4, УК-3.5, УК-3.6, УК-3.7, УК-3.8, УК-3.9, УК-4.1, УК-4.2, УК-4.3, УК-4.4, УК-4.5, УК-4.6, УК-4.7, УК-4.8, УК-5.1, УК-5.2, УК-5.3, УК-5.4, УК-5.5, УК-5.6, УК-5.7, УК-5.8, УК-5.9, УК-5.10, УК-5.11, УК-6.1, УК-6.2, УК-6.3, УК-6.4, УК-6.5, УК-6.6, УК-6.7, УК-6.8, УК-6.9, УК-7.1, УК-7.2, УК-7.3, УК-7.4, УК-7.5, УК-8.1, УК-8.2, УК-8.3, УК-8.4, УК-8.5, ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3, ОПК-1.4, ОПК-1.5, ОПК- 1.6, ОПК-1.7, ОПК-1.8, ОПК-1.9, ОПК-1.10, ОПК-1.11, ОПК-2.1, ОПК-2.2, ОПК-2.3, ОПК-2.4, ОПК- 2.5, ОПК-2.6, ОПК-2.7, ОПК-2.8, ОПК-3.1, ОПК-3.2, ОПК-3.3, ОПК- 3.4, ОПК-3.5, ОПК-3.6, ОПК-3.7, ОПК-3.8, ОПК-3.9, ОПК-3.10, ОПК-3.11, ОПК-3.12, ОПК-3.13, ОПК-3.14, ОПК-3.15, ОПК-3.16, ОПК-3.17, ОПК-4.1, ОПК-4.2, ОПК-4.3, ОПК-4.4, ОПК-4.5, ОПК- 4.6, ОПК-4.7, ОПК-5.1, ОПК-5.2, ОПК-5.3, ОПК-5.4, ОПК-5.5, ОПК- 5.6, ОПК-5.7, ОПК-5.8, ОПК-5.9, ОПК-5.10, ОПК-5.11, ОПК-6.1, ОПК-6.2, ОПК-6.3, ОПК-6.4, ОПК- 6.5, ОПК-6.6, ОПК-6.7, ОПК-6.8, ОПК-6.9, ОПК-6.10, ОПК-6.11, ОПК-6.12, ОПК-6.13, ОПК-6.14,

	ОПК-6.15, ОПК-6.16, ОПК-6.17, ОПК-6.18, ОПК-6.19, ОПК-6.20, ОПК-6.21, ОПК-6.22, ОПК-6.23, ОПК-6.24, ОПК-6.25, ОПК-6.26, ОПК-6.27, ОПК-6.28, ОПК-6.29, ОПК-7.1, ОПК-7.2, ОПК-7.3, ОПК- 7.4, ОПК-7.5, ОПК-7.6, ОПК-7.7, ОПК-7.8, ОПК-7.9, ОПК-8.1, ОПК- 8.2, ОПК-8.3, ОПК-8.4, ОПК-8.5, ОПК-8.6, ОПК-8.7, ОПК-8.8, ОПК- 8.9, ОПК-9.1, ОПК-9.2, ОПК-9.3, ОПК-9.4, ОПК-9.5, ОПК-9.6, ОПК- 9.7, ОПК-9.8, ОПК-9.9, ОПК-9.10, ОПК-9.11, ОПК-9.12, ОПК-10.1, ОПК-10.2, ОПК-10.3, ОПК-10.4, ОПК-10.5, ОПК-10.6, ОПК-10.7, ОПК-11.1, ОПК-11.2, ОПК-11.3, ОПК-11.4, ОПК-11.5, ОПК-11.6, ОПК-11.7, ОПК-11.8, ОПК-11.9, ОПК-11.10, ОПК-11.11, ОПК- 11.12, ОПК-11.13, ОПК-11.14, ПКС -1.1, ПКС-1.2, ПКС-1.3, ПКС-2.1, ПКС- 2.2, ПКС-2.3, ПКС-2.4, ПКС- 2.5, ПКС-3.1, ПКС-3.2, ПКС-3.3, ПКС- 3.4, ПКС-4.1, ПКС-4.2, ПКС- 4.3, ПКС-4.4, ПКС-4.5, ПКС-5.1, ПКС- 5.2, ПКС-5.3, ПКС-5.4, ПКС- 5.5, УК-9.1, УК-9.2, УК-9.3, УК- 9.4, УК- 9.5, УК-10.1, УК-10.2, УК- 10.3, ПК(Ц)-1.1, ПК(Ц)-1.2, ПК(Ц)- 1.3, ПК(Ц)-1.4, ПК(Ц)-1.5
--	--

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

Вид учебной работы	Всего часов	Из них часы на практическую подготовку	Семестр
			11
<b>Контактная работа</b>	48		48
Лекционные занятия (Лек)	32	0	32
Практические занятия (Пр)	16	0	16
<b>Иная контактная работа, в том числе:</b>	0,65		0,65
консультации по курсовой работе (проекту), контрольным работам (РГР)	0,4		0,4
контактная работа на аттестацию (сдача зачета, зачета с оценкой; защита курсовой работы (проекта); сдача контрольных работ (РГР))	0,4		0,4
контактная работа на аттестацию в сессию (консультация перед экзаменом и сдача	0,25		0,25
<b>Часы на контроль</b>	26,75		26,75
<b>Самостоятельная работа (СР)</b>	68,2		68,2
<b>Общая трудоемкость дисциплины (модуля)</b>			
<b>часы:</b>	144		144
<b>зачетные единицы:</b>	4		4



5.1.	Краткий очерк развития сейсмостойкого строительства	11	2					4	6	
5.2.	Современный подход к задаче обеспечения сейсмостойкости зданий и сооружений. Общие принципы проектирования сейсмостойких конструкций.	11	2					2	4	
6.	6 раздел. 6. Методы расчета конструкций и сооружения на сейсмические воздействия.									
6.1.	Спектральный метод расчета сооружений на сейсмические воздействия	11	4		6			8	18	
6.2.	Динамический метод расчета сооружений на сейсмические воздействия	11	2					3	5	
6.3.	Моделирование грунтового основания	11	2					3	5	
7.	7 раздел. 7. Методы антисейсмического усиления строительных конструкций. Сейсмоизоляция и сейсмогашение.									
7.1.	Традиционные методы антисейсмического усиления. Сейсмоизоляция зданий.	11	2					3	5	
7.2.	Сейсмогашение	11	2					4,2	6,2	
8.	8 раздел. Иная контактная работа									
8.1.	Иная контактная работа	11							0,8	
9.	9 раздел. Контроль									
9.1.	Экзамен	11							27	

### 5.1. Лекции

№ п/п	Наименование раздела и темы лекций	Наименование и краткое содержание лекций
1	Колебание систем с одной степенью свободы	Колебание систем с одной степенью свободы Основные понятия теории колебаний. Системы с одной степенью свободы. Свободные колебания линейной системы. Линейный осциллятор. Период колебаний. Круговая частота колебаний. Техническая частота колебаний. Свободные затухающие колебания осциллятора. Логарифмический декремент колебаний. Вынужденные колебания линейной системы с одной степенью свободы. Общее и частное решение. Разложение силы на сумму импульсов. Внезапное действие на систему постоянной силы. Коэффициент динамичности
2	Колебание систем с конечным числом степеней свободы	Колебание систем с конечным числом степеней свободы Колебание системы с конечным числом степеней свободы. Определение собственных частот и форм свободных колебаний. Метод главных координат

3	Основные понятия теории случайных колебаний	Основные понятия теории случайных колебаний Основные понятия теории случайных колебаний. Сейсмические воздействия. Уравнения движения
4	Вывод формул СНиПа. Пластическое разрушение	Вывод формул СНиПа. Пластическое разрушение Вывод формул СНиПа. Пластическое (вязкое) разрушение. Предельное равновесие при изгибе
5	Нелинейная система с одной степенью свободы	Нелинейная система с одной степенью свободы Нелинейная система с одной степенью свободы. Методика анализа. Модель с конечным числом степеней свободы. Анализ адекватности модели с одной степенью свободы
6	Физическое моделирование ветрового воздействия на сооружение	Физическое моделирование ветрового воздействия на сооружение Физическое моделирование ветрового воздействия на сооружение. Проблемы применения аэродинамических труб.
7	Изгибно-крутильный и срывной флаттер	Изгибно-крутильный и срывной флаттер Изгибно-крутильный флаттер (классический флаттер). Срывной флаттер. Галопирование поперек воздушного потока
8	Ветровой резонанс	Ветровой резонанс Колебания структуры, вызванные турбулентным потоком (ветровой резонанс). Методы расчета сооружений на ветровые нагрузки (ветровой резонанс) в современных программных комплексах
9	Характеристика сейсмических воздействий и сейсмическая опасность территории	Характеристика сейсмических воздействий и сейсмическая опасность территории Основные сведения о землетрясениях. Характеристики сейсмической опасности территории. Статистический подход к выявлению сейсмоопасности территории. Геофизический подход к выявлению сейсмоопасности территории. Сейсмическое районирование территории.
10	Краткий очерк развития сейсмостойкого строительства	Краткий очерк развития сейсмостойкого строительства Особенности строительства в сейсмически опасных районах в разрезе времени. Развитие расчета сооружений на сейсмическое воздействие.
11	Современный подход к задаче обеспечения сейсмостойкости зданий и сооружений. Общие принципы проектирования сейсмостойких конструкций.	Современный подход к задаче обеспечения сейсмостойкости зданий и сооружений. Общие принципы проектирования сейсмостойких конструкций Современная идеология в сейсмостойком строительстве. Многоуровневое проектирование. Прогнозируемые и непргнозируемые повреждения конструкций.
12	Спектральный метод расчета сооружений на сейсмические воздействия	Спектральный метод расчета сооружений на сейсмические воздействия Понятие о линейно-спектральном методе (ЛСМ) расчета сооружений на сейсмические нагрузки. Теоретические основы спектрального метода. Нормирование сейсмических нагрузок по спектральной методике.
13	Динамический метод расчета сооружений на сейсмические воздействия	Динамический метод расчета сооружений на сейсмические воздействия Постановка задачи динамического расчета сооружений на сейсмические воздействия. Задание расчетного воздействия для динамического расчета сооружений. Методы численного интегрирования уравнений сейсмических колебаний. Использование результатов динамических расчетов.



14	Моделирование грунтового основания	Моделирование грунтового основания Оценка влияния взаимодействия сооружения с основанием на колебания сооружения. Модели основания с малым числом степеней свободы и с большим числом степеней свободы.
15	Традиционные методы антисейсмического усиления. Сейсмоизоляция зданий.	Традиционные методы антисейсмического усиления. Сейсмоизоляция зданий. Традиционные методы антисейсмического усиления для разных типов зданий. Сейсмоизоляция зданий и сооружений. Принципы сейсмоизоляции зданий и сооружений. Краткий обзор систем сейсмоизоляции зданий и сооружений. Задача расчета и подбора параметров сейсмоизолирующих фундаментов.
16	Сейсмогашение	Сейсмогашение Применение демпфирующих устройств для повышения сейсмостойкости зданий и сооружений. Применение динамических гасителей колебаний (ДГК) для сейсмозащиты зданий и сооружений. Постановка задач динамического гашения сейсмических колебаний. Рекомендации и опыт практического применения ДГК в сейсмостойком строительстве.

### 5.2. Практические занятия

№ п/п	Наименование раздела и темы практических занятий	Наименование и содержание практических занятий
2	Колебание систем с конечным числом степеней свободы	Колебание систем с конечным числом степеней свободы Исследование движения систем с конечным числом степеней свободы. Расчет частот малых свободных колебаний и формы главных колебаний системы с конечным числом степеней свободы
5	Нелинейная система с одной степенью свободы	Нелинейная система с одной степенью свободы. Расчет на малоцикловую усталость
6	Физическое моделирование ветрового воздействия на сооружение	Физическое моделирование ветрового воздействия на сооружение Расчет высотного сооружения на ветровое воздействие
12	Спектральный метод расчета сооружений на сейсмические воздействия	Спектральный метод расчета сооружений на сейсмические воздействия Расчет многоэтажного здания на сейсмическое воздействие

### 5.3. Самостоятельная работа обучающихся

№ п/п	Наименование раздела дисциплины и темы	Содержание самостоятельной работы
1	Колебание систем с одной степенью свободы	Колебание систем с одной степенью свободы Влияние сил сопротивления на колебания диссипативных систем. Учет затухания в системе с конечным числом степеней свободы. Подготовка к устному опросу.
2	Колебание систем с конечным числом степеней свободы	Колебание систем с конечным числом степеней свободы Разложение нагрузки по формам колебаний ортогональность с весом. Учет затухания в системе с конечным числом степеней свободы. Построение матриц демпфирования. Подготовка к устному опросу. Выполнение задач.
3	Основные понятия теории случайных колебаний	Основные понятия случайных колебаний Изучение материала. Подготовка к устному опросу.

4	Вывод формул СНиПа. Пластическое разрушение	Вывод формул СНиПа. Пластическое разрушение. Изучение материала. Подготовка к устному опросу.
5	Нелинейная система с одной степенью свободы	Нелинейная система с одной степенью свободы. Изучение материала. Подготовка к устному опросу.
6	Физическое моделирование ветрового воздействия на сооружение	Физическое моделирование ветрового воздействия на сооружение. Применение программных комплексов CFD (Вычислительная гидродинамика). Основные подходы для моделирования течений. Подготовка к устному опросу. Решение задач.
7	Изгибно-крутильный и срывной флаттер	Изгибно-крутильный и срывной флаттер. Изучение материала. Подготовка к устному опросу.
8	Ветровой резонанс	Ветровой резонанс. Изучение материала. Подготовка к устному опросу. Решение задач
9	Характеристика сейсмических воздействий и сейсмическая опасность территории	Характеристика сейсмических воздействий и сейсмическая опасность территории. Изучение материала. Подготовка к устному опросу.
10	Краткий очерк развития сейсмостойкого строительства	Краткий очерк развития сейсмостойкого строительства. Изучение материала. Подготовка к устному опросу.
11	Современный подход к задаче обеспечения сейсмостойкости зданий и сооружений. Общие принципы проектирования сейсмостойких конструкций.	Современный подход к задаче обеспечения сейсмостойкости зданий и сооружений. Общие принципы проектирования сейсмостойких конструкций. Изучение материала. Подготовка к устному опросу.
12	Спектральный метод расчета сооружений на сейсмические воздействия	Спектральный метод расчета сооружений на сейсмические воздействия. Частотно зависимое и частотно независимое затухание. Гипотеза Сорокина. Приближенное и точное разложение уравнений движения с учетом затухания по формам колебаний. Подготовка к устному опросу. Решение задач.
13	Динамический метод расчета сооружений на сейсмические воздействия	Динамический метод расчета сооружений на сейсмические воздействия. Изучение материала. Подготовка к устному опросу.
14	Моделирование грунтового основания	Моделирование грунтового основания. Изучение материала. Подготовка к устному опросу.
15	Традиционные методы антисейсмического усиления. Сейсмоизоляция зданий.	Традиционные методы антисейсмического усиления. Сейсмоизоляция зданий. Изучение материала. Подготовка к устному опросу.
16	Сейсмогашение	Сейсмогашение. Изучение материала. Подготовка к устному опросу.

## 6. Методические материалы для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

Программой дисциплины предусмотрено проведение лекционных занятий, на которых дается основной систематизированный материал, практических и лабораторных занятий, предполагающих закрепление изученного материала и формирование у обучающихся необходимых знаний, умений и навыков. Кроме того, важнейшим этапом изучения дисциплины является самостоятельная работа обучающихся с использованием всех средств и возможностей современных образовательных технологий.

В объем самостоятельной работы по дисциплине включается следующее:

- изучение теоретических вопросов по всем темам дисциплины;
- подготовка к практическим занятиям;
- подготовка к лабораторной работе;
- выполнение задач контрольных работ.

Залогом успешного освоения этой дисциплины является обязательное посещение лекционных, практических и лабораторных занятий, так как пропуск одного (тем более нескольких) занятий может осложнить освоение разделов курса. На практических занятиях материал, изложенный на лекциях, закрепляется выполнением контрольных работ по темам дисциплины согласно РПД.

Приступая к изучению дисциплины, необходимо в первую очередь ознакомиться содержанием РПД для студентов очной формы обучения, а также методическими указаниями по организации самостоятельной работы и подготовки к практическим и лабораторным занятиям.

При подготовке к практическим и лабораторным занятиям и в рамках самостоятельной работы по изучению дисциплины обучающимся необходимо:

- повторить законспектированный на лекционном занятии материал и дополнить его с учетом рекомендованной по данной теме литературы;
- при самостоятельном изучении теоретической темы сделать конспект, используя рекомендованные в РПД источники;
- выполнить практические в рамках изучаемой темы;
- ознакомиться с методическими рекомендациями к выполнению лабораторной работы;
- подготовить отчет по выполненной лабораторной работе
- подготовиться к промежуточной аттестации.

Итогом изучения дисциплины является экзамен.

В экзаменационный билет включено два теоретических вопроса и практическое задание, соответствующие содержанию формируемых компетенций.

Экзамен проводится в устной форме. Для подготовки по экзаменационному билету отводится 40 минут.

Студенты, не прошедшие аттестацию по графику сессии, должны ликвидировать задолженность в установленном порядке.

## 7. Оценочные материалы для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю)

### 7.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения дисциплины

№ п/п	Контролируемые разделы дисциплины (модуля)	Код и наименование индикатора контролируемой компетенции	Вид оценочного средства
1	Колебание систем с одной степенью свободы		Устный опрос
2	Колебание систем с конечным числом степеней свободы		Устный опрос. Решение задач.
3	Основные понятия теории случайных колебаний		Устный опрос
4	Вывод формул СНиПа. Пластическое разрушение		Устный опрос
5	Нелинейная система с одной степенью свободы		Устный опрос

6	Физическое моделирование ветрового воздействия на сооружение		Устный опрос. Решение задач
7	Изгибно-крутильный и срывной флаттер		Устный опрос
8	Ветровой резонанс		Устный опрос. Решение задач.
9	Характеристика сейсмических воздействий и сейсмическая опасность территории		Устный опрос
10	Краткий очерк развития сейсмостойкого строительства		Устный опрос
11	Современный подход к задаче обеспечения сейсмостойкости зданий и сооружений. Общие принципы проектирования сейсмостойких конструкций.		Устный опрос
12	Спектральный метод расчета сооружений на сейсмические воздействия		Устный опрос. Решение задач
13	Динамический метод расчета сооружений на сейсмические воздействия		Устный опрос
14	Моделирование грунтового основания		Устный опрос
15	Традиционные методы антисейсмического усиления. Сейсмоизоляция зданий.		Устный опрос
16	Сейсмогашение		Устный опрос
17	Иная контактная работа		
18	Экзамен		

7.2. Типовые контрольные задания или иные материалы текущего контроля успеваемости, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта профессиональной деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения дисциплины

Контрольная работа №1

(комплект заданий для контрольной работы)

(для проверки сформированности индикатора достижений компетенций ПКС-1.4; ПКС-1.6)

Комплект заданий размещен по адресу: ЭИОС Moodle (<https://moodle.spbgasu.ru/course/view.php?id=3651>(кафедра Строительная механика/ специалитет/ ТРнаДиСВ)

7.3. Система оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю) при проведении текущего контроля успеваемости

<p>Оценка «отлично» (зачтено)</p>	<p>знания:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- систематизированные, глубокие и полные знания по всем разделам дисциплины, а также по основным вопросам, выходящим за пределы учебной программы;</li> <li>- точное использование научной терминологии, систематически грамотное и логически правильное изложение ответа на вопросы;</li> <li>- полное и глубокое усвоение основной и дополнительной литературы, рекомендованной рабочей программой по дисциплине (модулю)</li> </ul> <p>умения:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- умеет ориентироваться в теориях, концепциях и направлениях дисциплины и давать им критическую оценку, используя научные достижения других дисциплин</li> </ul> <p>навыки:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- высокий уровень сформированности заявленных в рабочей программе компетенций;</li> <li>- владеет навыками самостоятельно и творчески решать сложные проблемы и нестандартные ситуации;</li> <li>- применяет теоретические знания для выбора методики выполнения заданий;</li> <li>- грамотно обосновывает ход решения задач;</li> <li>- безупречно владеет инструментарием учебной дисциплины, умение его эффективно использовать в постановке научных и практических задач;</li> <li>- творческая самостоятельная работа на практических/семинарских/лабораторных занятиях, активно участвует в групповых обсуждениях, высокий уровень культуры исполнения заданий</li> </ul>
<p>Оценка «хорошо» (зачтено)</p>	<p>знания:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- достаточно полные и систематизированные знания по дисциплине;</li> <li>- усвоение основной и дополнительной литературы, рекомендованной рабочей программой по дисциплине (модулю)</li> </ul> <p>умения:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- умеет ориентироваться в основных теориях, концепциях и направлениях дисциплины и давать им критическую оценку;</li> <li>- использует научную терминологию, лингвистически и логически правильно излагает ответы на вопросы, умеет делать обоснованные выводы;</li> <li>- владеет инструментарием по дисциплине, умение его использовать в постановке и решении научных и профессиональных задач</li> </ul> <p>навыки:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- самостоятельная работа на практических занятиях, участие в групповых обсуждениях, высокий уровень культуры исполнения заданий;</li> <li>- средний уровень сформированности заявленных в рабочей программе компетенций;</li> <li>- без затруднений выбирает стандартную методику выполнения заданий;</li> <li>- обосновывает ход решения задач без затруднений</li> </ul>

<p>Оценка «удовлетворительно» (зачтено)</p>	<p>знания: - достаточный минимальный объем знаний по дисциплине; - усвоение основной литературы, рекомендованной рабочей программой; - использование научной терминологии, стилистическое и логическое изложение ответа на вопросы, умение делать выводы без существенных ошибок умения: - умеет ориентироваться в основных теориях, концепциях и направлениях по дисциплине и давать им оценку; - владеет инструментарием учебной дисциплины, умение его использовать в решении типовых задач; - умеет под руководством преподавателя решать стандартные задачи навыки: - работа под руководством преподавателя на практических занятиях, допустимый уровень культуры исполнения заданий; - достаточный минимальный уровень сформированности заявленных в рабочей программе компетенций; - испытывает затруднения при обосновании алгоритма выполнения заданий</p>
<p>Оценка «неудовлетворительно» (не зачтено)</p>	<p>знания: - фрагментарные знания по дисциплине; - отказ от ответа (выполнения письменной работы); - знание отдельных источников, рекомендованных рабочей программой по дисциплине; умения: - не умеет использовать научную терминологию; - наличие грубых ошибок навыки: - низкий уровень культуры исполнения заданий; - низкий уровень сформированности заявленных в рабочей программе компетенций; - отсутствие навыков самостоятельной работы; - не может обосновать алгоритм выполнения заданий</p>

7.4. Теоретические вопросы и практические задания для проведения промежуточной аттестации обучающихся, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта профессиональной деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы

7.4.1. Теоретические вопросы для проведения промежуточной аттестации обучающихся

1. Системы с одной степенью свободы.
2. Уравнение колебаний линейного осциллятора. Свободные колебания.
3. Свободные затухающие колебания линейного осциллятора.
4. Элементарная теория удара.
5. Вынужденные колебания линейного осциллятора.
6. Интеграл Дюамеля.
7. Вынужденные периодические колебания линейного осциллятора.
8. Резонанс.
9. Коэффициент динамичности.
10. Системы со многими степенями свободы. Уравнения колебаний.
11. Уравнения колебаний в прямой и обратной форме.
12. Собственные частоты и формы колебаний.
13. Метод нормальных координат.
14. Уравнения движения при сейсмическом воздействии. Акселерограммы.
15. Линейная спектральная теория.
16. Нелинейная пластическая деформация. Уравнения колебаний пластически деформируемой системы.

17. Понятие о срывном флаттере.
18. Понятие о ЛСМ. Расчеты сооружения на сейсмические нагрузки для системы с одной степенью свободы. Спектральные кривые, пиковые ускорения, учет демпфирования.
19. Учет бокового сейсмического давления грунта.
20. Развитие ЛСМ. Задание амплитуды и коэффициента динамики.
21. Динамический гаситель колебаний.
22. Разложение уравнений движения по формам колебаний (без учета демпфирования). Частоты и формы колебаний. Нормирование собственных векторов. Ортогональность с весом.
23. Основные принципы сейсмостойкого строительства. Многоуровневое проектирование.
24. Математическая и физическая интерпретация разложения уравнения движения по формам колебаний. Собственные числа и собственные векторы.
25. Проектное, умеренное и максимальное расчетное землетрясение. Задание расчетных уровней воздействий.
26. Разложение нагрузки по формам колебаний. Вектор проекции воздействия на направление обобщенных координат.
27. Порядок расчета на сейсмические воздействия по действующим нормам, с использованием многоуровневого проектирования.
28. Методы интегрирования дифференциальных уравнений
29. Особенности расчета систем с сейсмоизоляцией. Область применения ЛСМ.
30. Частотно зависимое и частотно независимое демпфирование. Обобщенная гипотеза Со - рокина.
31. Учет демпферов при расчете систем сейсмозащиты.
32. Разложение уравнений движений по формам колебаний недемпфированной системы.
33. Классификация систем специальной сейсмозащиты зданий и сооружений.
34. Однородное и пропорциональное демпфирование.
35. Основные параметры очага землетрясений.
36. Использование ЛСМ для систем с несколькими степенями свободы. Коэффициент формы колебаний.
37. Сейсмическая опасность территорий.
38. Эквивалентное вязкое демпфирование.
39. Проектирование конструкций с заданными параметрами предельных состояний. Переход от равнопрочных конструкций к не равнопрочным конструкциям.
40. Учет демпфирования и корреляции форм колебаний в рамках ЛСМ.
41. Ситуационная сейсмичность и ее учет при задании сейсмического воздействия.
42. Особенности применения ЛСМ для расчета на ПЗ. Учет ситуационной сейсмичности.
43. Учет грунтовых условий при назначении расчетной сейсмичности.
44. Особенности применения ЛСМ для расчета на МРЗ. Коэффициент редукции.
45. Основные особенности сейсмических колебаний грунта. Типы сейсмических волн.
46. Нормативный вариант ЛСМ.
47. Возможность применения ЛСМ для расчета зданий с сейсмоизоляцией.
48. Пиковые ускорения в расчетах на сейсмические воздействия. Зависимость от преобладающего периода.
49. Учет бокового сейсмического давления воды.
50. Статистический и геофизический подходы к оценке сейсмической опасности территорий.
51. Спектр демпфирования. Разложение уравнения движений по формам колебания недемпфированной системы.
52. Основные характеристики реальных акселерограмм. Энергетические, кинематические, спектральные характеристики.
53. Построение спектров реакций (кривая динамичности).
54. Методы интегрирования дифференциальных уравнений с использованием интеграла Дюамеля.
55. Оценка смещений при использовании ЛСМ.
56. Методы задания расчетного сейсмического воздействия. Задание для площадки

строительства и для сооружения.

57. Критерии разжижения грунта.

58. Способы генерации расчетных акселерограмм.

59. Частотно зависимое и частотно независимое демпфирование. Представление сил сопротивления по Фойхту в форме Рэлея.

60. Оценка сейсмостойкости сооружения со скользящим поясом.

61. Статистические методы моделирования. Представление воздействия как произведение детерминистической функции на стационарный случайный процесс. Автокорреляционная функция и спектральная плотность.

62. Рассеивание энергии в материале строительных конструкциях. Учет потерь энергии в грунтовое основание.

63. Построение матрицы демпфирования при расчете сложных систем. Лисмерова граница.

64. Шкала балльности. Инструментальная часть.

65. Использование результатов динамических расчетов.

66. Учет взаимодействия сооружения с основанием в расчетах на сейсмические воздействия.

67. Назначение расчетной балльности при расчетах сооружений.

7.4.2. Практические задания для проведения промежуточной аттестации обучающихся

для контроля формирования компетенции ПКС-1.4; ПКС-1.6 предусмотрены, следующие задачи:

Практические задания размещены по адресу ЭИОС Moodle (<https://moodle.spbgasu.ru/course/view.php?id=3651>) (кафедра Строительная механика/ специалитет/ ТРнаДиСВ)

7.4.3. Примерные темы курсовой работы (проекта) (при наличии)

Курсовая работа учебным планом не предусмотрена

7.5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта профессиональной деятельности, характеризующие этапы формирования компетенций

Процедура проведения промежуточной аттестации и текущего контроля успеваемости регламентируется локальным нормативным актом, определяющим порядок организации и проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся.

Процедура оценивания формирования компетенций при проведении текущего контроля приведена в п. 7.2.

Типовые контрольные задания приведены в п. 7.3.

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в форме экзамена.

В экзаменационный билет включено два теоретических вопроса и практическое задание, соответствующие содержанию формируемых компетенций.

Экзамен проводится в устной форме. Для подготовки по экзаменационному билету отводится 40 минут.

7.6. Критерии оценивания сформированности компетенций при проведении промежуточной аттестации

Критерии оценивания	Уровень освоения и оценка			
	Оценка «неудовлетворительно»	Оценка «удовлетворительно»	Оценка «хорошо»	Оценка «отлично»
	«не зачтено»	«зачтено»		



	<p>Уровень освоения компетенции «недостаточный». Компетенции не сформированы. Знания отсутствуют, умения и навыки не сформированы</p>	<p>Уровень освоения компетенции «пороговый». Компетенции сформированы. Сформированы базовые структуры знаний. Умения фрагментарны и носят репродуктивный характер. Демонстрируется низкий уровень самостоятельности практического навыка.</p>	<p>Уровень освоения компетенции «продвинутый». Компетенции сформированы. Знания обширные, системные. Умения носят репродуктивный характер, применяются к решению типовых заданий. Демонстрируется достаточный уровень самостоятельности устойчивого практического навыка.</p>	<p>Уровень освоения компетенции «высокий». Компетенции сформированы. Знания аргументированные, всесторонние. Умения успешно применяются к решению как типовых, так и нестандартных творческих заданий. Демонстрируется высокий уровень самостоятельности, высокая адаптивность практического навыка</p>
знания	<p>Обучающийся демонстрирует: -существенные пробелы в знаниях учебного материала; -допускаются принципиальные ошибки при ответе на основные вопросы билета, отсутствует знание и понимание основных понятий и категорий; -непонимание сущности дополнительных вопросов в рамках заданий билета.</p>	<p>Обучающийся демонстрирует: -знания теоретического материала; -неполные ответы на основные вопросы, ошибки в ответе, недостаточное понимание сущности излагаемых вопросов; -неуверенные и неточные ответы на дополнительные вопросы.</p>	<p>Обучающийся демонстрирует: -знание и понимание основных вопросов контролируемого объема программного материала; -знания теоретического материала -способность устанавливать и объяснять связь практики и теории, выявлять противоречия, проблемы и тенденции развития; -правильные и конкретные, без грубых ошибок, ответы на поставленные вопросы.</p>	<p>Обучающийся демонстрирует: -глубокие, всесторонние и аргументированные знания программного материала; -полное понимание сущности и взаимосвязи рассматриваемых процессов и явлений, точное знание основных понятий, в рамках обсуждаемых заданий; -способность устанавливать и объяснять связь практики и теории, -логически последовательные, содержательные, конкретные и исчерпывающие ответы на все задания билета, а также дополнительные вопросы экзаменатора.</p>

умения	При выполнении практического задания билета обучающийся продемонстрировал недостаточный уровень умений. Практические задания не выполнены. Обучающийся не отвечает на вопросы билета при дополнительных наводящих вопросах преподавателя.	Обучающийся выполнил практическое задание билета с существенными неточностями. Допускаются ошибки в содержании ответа и решении практических заданий. При ответах на дополнительные вопросы было допущено много неточностей.	Обучающийся выполнил практическое задание билета с небольшими неточностями. Показал хорошие умения в рамках освоенного учебного материала. Предложенные задания решены с небольшими неточностями. Ответил на большинство дополнительных вопросов.	Обучающийся правильно выполнил практическое задание билета. Показал отличные умения в рамках освоенного учебного материала. Решает предложенные практические задания без ошибок. Ответил на все дополнительные вопросы.
владение навыками	Не может выбрать методику выполнения заданий. Допускает грубые ошибки при выполнении заданий, нарушающие логику решения задач. Делает некорректные выводы. Не может обосновать алгоритм выполнения заданий.	Испытывает затруднения по выбору методики выполнения заданий. Допускает ошибки при выполнении заданий, нарушения логики решения задач. Испытывает затруднения с формулированием корректных выводов. Испытывает затруднения при обосновании алгоритма выполнения заданий.	Без затруднений выбирает стандартную методику выполнения заданий. Допускает ошибки при выполнении заданий, не нарушающие логику решения задач. Делает корректные выводы по результатам решения задачи. Обосновывает ход решения задач без затруднений.	Применяет теоретические знания для выбора методики выполнения заданий. Не допускает ошибок при выполнении заданий. Самостоятельно анализирует результаты выполнения заданий. Грамотно обосновывает ход решения задач.

Оценка по дисциплине зависит от уровня сформированности компетенций, закрепленных за дисциплиной, и представляет собой среднее арифметическое от выставленных оценок по отдельным результатам обучения (знания, умения, владение навыками).

Оценка «отлично»/«зачтено» выставляется, если среднее арифметическое находится в интервале от 4,5 до 5,0.

Оценка «хорошо»/«зачтено» выставляется, если среднее арифметическое находится в интервале от 3,5 до 4,4.

Оценка «удовлетворительно»/«зачтено» выставляется, если среднее арифметическое находится в интервале от 2,5 до 3,4.

Оценка «неудовлетворительно»/«не зачтено» выставляется, если среднее арифметическое находится в интервале от 0 до 2,4.

## 8. Учебно-методическое и материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

### 8.1. Перечень основной и дополнительной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

№ п/п	Автор, название, место издания, издательство, год издания учебной и учебно-методической литературы	Количество экземпляров/электронный адрес ЭБС
<b>Основная литература</b>		
1	Кроткова Л.В., Филипович А.И., Архипов В.Г., Луцык Е.В., Сборник задач по строительной механике, Москва: АСВ, 2011	ЭБС
2	Бабанов В. В., Строительная механика, М.: Академия, 2011	ЭБС
3	Анохин Н.Н., СТРОИТЕЛЬНАЯ МЕХАНИКА В ПРИМЕРАХ И ЗАДАЧАХ. Ч III. Динамика сооружений, Москва: АСВ, 2018	ЭБС
4	Мкртычев О.В., Решетов А.А., Сейсмические нагрузки при расчете зданий и сооружений, Москва: АСВ, 2017	ЭБС
<b>Дополнительная литература</b>		
1	Рутман Ю. Л., Островская Н. В., Динамика сооружений: сейсмостойкость, сейсмозащита, ветровые нагрузки, СПб., 2019	ЭБС
2	Масленников А. М., Бабанов В. В., Лаппо Е. Л., Сборник задач по строительной механике, Л., 1991	ЭБС
3	Масленников А. М., Бабанов В. В., Лаппо Е. Л., Сборник задач по строительной механике, Л., 1991	ЭБС
4	Масленников А. М., Динамика и устойчивость сооружений, М.: Юрайт, 2016	ЭБС
5	Масленников А. М., Основы динамики и устойчивости стержневых систем, М., 2000	ЭБС

Обучающиеся из числа инвалидов и лиц с ОВЗ обеспечиваются печатными и (или) электронными образовательными ресурсами в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья.

### 8.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля)

Наименование ресурса сети «Интернет»	Электронный адрес ресурса
Уздин А.М. Сейсмостойкие конструкции транспортных зданий и сооружений [Электронный ресурс] : учебное пособие / А.М. Уздин, С.В. Елизаров, Т.А. Белаш. — Электрон. текстовые данные. — М. : Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте, 2012. — 501 с. — 978-5-89035-653-6. — Режим доступа: <a href="http://www.iprbookshop.ru/16136.html">http://www.iprbookshop.ru/16136.html</a>	<a href="http://www.iprbookshop.ru/16136.html">http://www.iprbookshop.ru/16136.html</a>
Синицын С.Б. Теория сейсмостойкости [Электронный ресурс] : курс лекций / С.Б. Синицын. — Электрон. текстовые данные. — М. : Московский государственный строительный университет, ЭБС АСВ, 2014. — 88 с. — 978- 5-7264-0789-0. — Режим доступа: <a href="http://www.iprbookshop.ru/23752.html">http://www.iprbookshop.ru/23752.html</a>	<a href="http://www.iprbookshop.ru/23752.html">http://www.iprbookshop.ru/23752.html</a>

### 8.3. Перечень современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем

Наименование	Электронный адрес ресурса
Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации в области строительства и проектирования, безопасности и охраны труда, энергетики и нефтегаза, права.	<a href="http://docs.cntd.ru">http://docs.cntd.ru</a>
Тех.Лит.Ру - техническая литература	<a href="http://www.tehlit.ru/">http://www.tehlit.ru/</a>

Единый электронный ресурс учебно-методической литературы СПбГАСУ	www.spbgasu.ru
Электронно-библиотечная система издательства "IPRbooks"	http://www.iprbookshop.ru/
Электронно-библиотечная система издательства "ЮРАЙТ"	https://www.biblio-online.ru/
Система дистанционного обучения СПбГАСУ Moodle	https://moodle.spbgasu.ru/
Электронная библиотека Ирбис 64	http://ntb.spbgasu.ru/irbis64r_plus/
Электронно-библиотечная система издательства "Лань"	https://e.lanbook.com/

8.4. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения

Наименование	Способ распространения (лицензионное или свободно распространяемое)
Microsoft Windows 10 Pro	Договор № Д32009689201 от 18.12.2020г Программные продукты Майкрософт, договор № Д32009689201 от 18.12.2020 с АО "СофтЛайн Трейд": Windows 10, Project Professional 2016, Visio Professional 2016, Office 2016.
Microsoft Office 2016	Договор № Д32009689201 от 18.12.2020г Программные продукты Майкрософт, договор № Д32009689201 от 18.12.2020 с АО "СофтЛайн Трейд": Windows 10, Project Professional 2016, Visio Professional 2016, Office 2016.
MathCad версия 15	Mathcad сублицензионное соглашение на использование продуктов "РТС" с ООО"Софт Лоджистик" договор №20716/SPB9 2010 г.
Matlab версия R2019a	MATLAB договор №Д31908369487 от 01.11.2019 с ООО "Софтлайн Проекты"
Scad Office версия 21	SCAD Office договор №113 от 13.03.2015 с ООО "Автоматизация Проектных работ" бессрочный

8.5. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Сведения об оснащённости учебных аудиторий и помещений для самостоятельной работы

Наименование учебных аудиторий и помещений для самостоятельной работы	Оснащённость оборудованием и техническими средствами обучения
---	---

<p>59. Учебные аудитории для проведения практических занятий, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации</p>	<p>Учебная аудитория для проведения практических занятий, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации – комплект мультимедийного оборудования (персональный компьютер, мультимедийный проектор, экран, аудио-система), доска, комплект учебной мебели, подключение к компьютерной сети СПбГАСУ, выход в Интернет.</p>
<p>59. Учебные аудитории для проведения лекционных занятий</p>	<p>Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, комплект мультимедийного оборудования (персональный компьютер, мультимедийный проектор, экран, аудио-система), доска, экран, комплект учебной мебели, подключение к компьютерной сети СПбГАСУ, выход в Интернет.</p>
<p>59. Помещения для самостоятельной работы</p>	<p>Помещение для самостоятельной работы (читальный зал библиотеки, ауд. 217): ПК-23 шт., в т.ч. 1 шт.- ПК для лиц с ОВЗ (системный блок, монитор, клавиатура, мышь) с подключением к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду СПбГАСУ. ПО Microsoft Windows 10, Microsoft Office 2016</p>

Для инвалидов и лиц с ОВЗ обеспечиваются специальные условия для получения образования в соответствии с требованиями нормативно-правовых документов.