

**МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ**  
**УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ**  
**«РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ТРАНСПОРТА»**  
**(РУТ (МИИТ))**



Рабочая программа дисциплины (модуля),  
как компонент образовательной программы  
высшего образования - программы специалитета  
по специальности  
08.05.01 Строительство уникальных зданий и  
сооружений,  
утвержденной первым проректором РУТ (МИИТ)  
Тимониным В.С.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

**Динамика и устойчивость уникальных сооружений**

Специальность: 08.05.01 Строительство уникальных зданий и сооружений

Специализация: Строительство гидротехнических сооружений повышенной ответственности

Форма обучения: Очная

Рабочая программа дисциплины (модуля) в виде электронного документа выгружена из единой корпоративной информационной системы управления университетом и соответствует оригиналу

Простая электронная подпись, выданная РУТ (МИИТ)  
ID подписи: 1054812  
Подписал: заведующий кафедрой Сахненко Маргарита Александровна  
Дата: 29.03.2022

## 1. Общие сведения о дисциплине (модуле).

Дисциплина "Динамика и устойчивость уникальных сооружений" относится к базовой части программы подготовки, целью которой является расчеты связанные с проектными решениями при выборе типов и видов конструкций сооружений с учетом выбора строительных материалов и конструктивных элементов, для проектирования гидротехнических сооружений в сейсмически опасных районах.

Задачи:

Изучение сейсмического воздействия на конструкции сооружений, определение сейсмостойкости гидротехнических сооружений, изучение сейсмостойкого строительства

## 2. Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю).

Перечень формируемых результатов освоения образовательной программы (компетенций) в результате обучения по дисциплине (модулю):

**ОПК-11** - Способен осуществлять постановку и решение научно-технических задач строительной отрасли, выполнять экспериментальные исследования и математическое моделирование, анализировать их результаты, осуществлять организацию выполнения научных исследований;

**ПК-5** - Владеть методами проведения инженерных изысканий, технологией проектирования деталей и конструкций в соответствии с техническим заданием с использованием лицензионных универсальных и специализированных программно-вычислительных комплексов, систем автоматизированного проектирования и графических пакетов программ;

**ПК-7** - Способен проводить анализ объекта градостроительной деятельности с прогнозированием природно-техногенной опасности, внешних воздействий для оценки и управления рисками применительно к исследуемому объекту градостроительной деятельности;

**ПК-8** - Владеть методами и технологиями мониторинга, оценки технического состояния, остаточного ресурса строительных материалов и конструкций и повышения ресурса гидротехнических объектов водного транспорта.

Обучение по дисциплине (модулю) предполагает, что по его результатам обучающийся будет:

**Знать:**

-основные законы динамического поведения конструкций при

землетрясениях;

- теоретические основы и алгоритмы основных методов расчётов сооружений на сейсмические воздействия;

- основные нормативные документы по расчёту зданий и сооружений на сейсмические воздействия;

- основные принципы проектирования и обеспечения сейсмостойкости конструкций зданий и сооружений при землетрясениях,

- конструктивные решения сейсмостойких зданий и сооружений,

- социально-эколого-экономические последствия от землетрясений

**Уметь:**

- разрабатывать конструктивные мероприятия по обеспечению сейсмостойкости зданий и сооружений,

- составлять расчётную схему для сложных инженерных конструкций и их элементов при выполнении динамических и сейсмических расчётов,

- анализировать и оценивать получаемые на ЭВМ результаты расчётов сооружений на сейсмические нагрузки

**Владеть:**

- навыками выполнения динамических расчётов строительных конструкций методами строительной механики;

- навыками выполнения динамических расчётов сооружений с использованием современных программных комплексов.

3. Объем дисциплины (модуля).

3.1. Общая трудоемкость дисциплины (модуля).

Общая трудоемкость дисциплины (модуля) составляет 5 з.е. (180 академических часа(ов)).

3.2. Объем дисциплины (модуля) в форме контактной работы обучающихся с педагогическими работниками и (или) лицами, привлекаемыми к реализации образовательной программы на иных условиях, при проведении учебных занятий:

| Тип учебных занятий                                       | Количество часов |         |    |
|---|------------------|---------|----|
|   | Всего            | Семестр |    |
|   |                  | №5      | №6 |
| Контактная работа при проведении учебных занятий (всего): | 96               | 32      | 64 |
| В том числе:  |                  |         |    |
| Занятия лекционного типа                                  | 48               | 16      | 32 |

|                           |    |    |    |
|---------------------------|----|----|----|
| Занятия семинарского типа | 48 | 16 | 32 |
|---------------------------|----|----|----|

3.3. Объем дисциплины (модуля) в форме самостоятельной работы обучающихся, а также в форме контактной работы обучающихся с педагогическими работниками и (или) лицами, привлекаемыми к реализации образовательной программы на иных условиях, при проведении промежуточной аттестации составляет 84 академических часа (ов).

3.4. При обучении по индивидуальному учебному плану, в том числе при ускоренном обучении, объем дисциплины (модуля) может быть реализован полностью в форме самостоятельной работы обучающихся, а также в форме контактной работы обучающихся с педагогическими работниками и (или) лицами, привлекаемыми к реализации образовательной программы на иных условиях, при проведении промежуточной аттестации.

#### 4. Содержание дисциплины (модуля).

##### 4.1. Занятия лекционного типа.

| № п/п | Тематика лекционных занятий / краткое содержание   |
|-------|--|
| 1     | Основные сведения о землетрясениях.<br>Рассматриваются вопросы:<br>Основные сведения о землетрясениях. Некоторые современные сведения о строении Земли. Причины возникновения землетрясений. Основные понятия сейсмологии. Сейсмические волны. Распространение и отражение.  |
| 2     | Основы теории сейсмостойкости.<br>Рассматриваются вопросы:<br>Основы теории сейсмостойкости. Краткий очерк развития теории сейсмостойкости. Расчетные схемы зданий и сооружений. Дифференциальные уравнения движения линейного осциллятора. Определение сейсмических сил при различных законах движения основания. Нормативный метод расчета линейного осциллятора на сейсмическое воздействие. Определение сейсмических нагрузок для систем со многими степенями свободы. Определение внутренних усилий. Расчет на воздействие акселерограмм. |
| 3     | Расчет сооружений на расчетное и проектное землетрясение<br>Рассматриваются вопросы:<br>Общие положения; определение нормативной, исходной и расчетной сейсмичности. Расчет ГТС сооружений на максимальное расчетное землетрясение МРЗ и проектное землетрясение ПЗ  |
| 4     | Учет сейсмических воздействий и определение их<br>Рассматриваются вопросы:<br>Учет сейсмических воздействий и определение их характеристик. Значение периода повторяемости проектного землетрясения. Величины максимальных пиковых ускорений основания.  |
| 5     | Расчет зданий и сооружений на сейсмические воздействия.  |

| №<br>п/п | Тематика лекционных занятий / краткое содержание  |
|----------|---|
|          | Рассматриваются вопросы:<br>Расчет зданий и сооружений на сейсмические воздействия. Нормативный расчет. Определение собственных частот и собственных форм колебаний. Определение сейсмических нагрузок и внутренних усилий. Определение расчетных значений внутренних усилий.   |
| 6        | <b>Методы расчета сейсмичности в ГТС</b><br>Рассматриваются вопросы:<br>Общие положения метода. Метод динамической теории. Метод линейно-спектральной теории. Расчетные акселерограммы. Сейсмическое ускорение основания.   |
| 7        | <b>Расчет ГТС на сейсмичность</b><br>Рассматриваются вопросы:<br>Расчет ГТС. Расчетные значения возникающих в сооружении смещений (деформаций, напряжений и усилий) с учетом всех учитываемых в расчете форм собственных колебаний сооружений. Динамические деформационные и прочностные характеристики материалов сооружений и грунтов оснований. Оценка прочности и устойчивости. Напряженно-деформированное состояние гидротехнического сооружения при сейсмических воздействиях. Двумерные расчетные схемы.   |
| 8        | <b>Взаимодействие сооружения с грунтом в сейсмических условиях.</b><br>Рассматриваются вопросы:<br>Взаимодействие сооружения с грунтом в сейсмических условиях. Влияние сейсмических воздействий на величину бокового давления грунта. Сейсмическое давление грунта, вызванное прохождением в грунтовой среде сейсмических волн сжатия-растяжения и сдвига. Инерционные сейсмические нагрузки от массы конструкции подземного сооружения и массы породного свода  |
| 9        | <b>Применение метода конечных элементов для расчета сооружений на сейсмичность.</b><br>Рассматриваются вопросы:<br>Применение метода конечных элементов для расчета сооружений на сейсмичность. Основы метода конечных элементов. Свободные колебания. Расчет сооружений на сейсмические воздействия с помощью программного комплекса   |
| 10       | <b>Сейсмический анализ.</b><br>Рассматриваются вопросы:<br>Сейсмический анализ. Исследование сейсмостойкости. Экспериментальная проверка сейсмостойкости. Сейсмический анализ. Исследование сейсмостойкости. Сопутствующие испытания. Виброконтроль.  |
| 11       | <b>Мероприятия по повышению сейсмостойкости гидротехнических сооружений</b><br>Рассматриваются вопросы:<br>Мероприятия по повышению сейсмостойкости гидротехнических сооружений. Мероприятий, исключая образование оползневых деформаций в основании сооружения и береговых склонах в створе сооружения, а также катастрофического обрушения бортов водохранилища, способного привести к переливу воды через гребень плотины.   |
| 12       | <b>Геодинамический мониторинг гидротехнических сооружений в процессе эксплуатации.</b><br>Рассматриваются вопросы:<br>Геодинамический мониторинг гидротехнических сооружений в процессе эксплуатации. Сейсмологический мониторинг. Инженерно-сейсмометрический мониторинг. Геофизический мониторинг физико-механических свойств и напряженно-деформированного состояния сооружения и основания. Геодезический мониторинг деформационных процессов. тестовые динамические испытания сооружения. Проведение поверочных расчетов сейсмостойкости и оценка сейсмического риска. Систему регламентных мероприятий персонала. |

#### 4.2. Занятия семинарского типа.

## Лабораторные работы

| №<br>п/п | Наименование лабораторных работ / краткое содержание  |
|----------|---|
| 1        | <p><b>Определение изменения характеристик грунтов при вибрационном воздействии</b></p> <p>В результате выполнения лабораторной работы студент получает навык:<br/>                     Определение изменения характеристик грунтов при вибрационном воздействии. В лабораторных условиях отбираются образцы грунтов песчаных, глинистых, крупнообломочных. Собирается модель сооружения подпорной стенки и производится вибрирование с помощью вибратора в точечном воздействии. Производится замер характеристик грунта до начала испытания и после. далее производится анализ полученных данных. Делаются выводы</p>  |
| 2        | <p><b>Сейсмологический анализ площадки строительства</b></p> <p>В результате выполнения лабораторной работы студент получает навык:<br/>                     Сейсмологический анализ площадки строительства производится в соответствии с нормами проектирования и данными сейсмического районирования выбранного района. Работа представляет аналитический анализ выбранного местоположения площадки строительства.</p>  |
| 3        | <p><b>Составление сценариев воздействия динамических сил на сооружение плотины из грунта, причальной стенки в виде свайной эстакады. оградительного сооружения гравитационного типа</b></p> <p>В результате выполнения лабораторной работы студент получает навык:<br/>                     Производится построение модели конструкции в геологических условиях заданных исходных данных в программном комплексе САПР. далее разрабатываются сценарии воздействия землетрясения на конструкцию при бальности 7,8,9 баллов по шкале МСК-64. Посл чего определяются воздействия динамической вВ результате выполнения лабораторной работы студент полуолны, волны цунами при 9 балльном землетрясении. Результаты полученных расчетов по параметрам изменения формы конструкции и деформациям при динамических нагрузках анализируются, делается вывод.</p> |

## Практические занятия

| №<br>п/п | Тематика практических занятий/краткое содержание   |
|----------|--|
| 1        | <p><b>Определение динамических характеристик грунтов и строительных материалов.</b></p> <p>В результате выполнения практической работы студент получает навык:<br/>                     По нормативным данным определяются физико-механические нормативные характеристики грунтов. Методами расчета на сейсмические воздействия определяются изменения физико-механических характеристик грунтов. Производится анализ и делаются выводы.</p>   |
| 2        | <p><b>Решение задач о свободных колебаниях системы с одной и несколькими степенями свободы</b></p> <p>В результате выполнения практической работы студент получает навык:<br/>                     для расчета принимается упругая невесомая балка и некоторое количество (по индивидуальному заданию) сосредоточенных масс. Пренебрегая продольными деформациями оси балки в процессе колебаний определяем положение системы при перемещении сосредоточенных масс в произвольные моменты времени, вызванными упругими деформациями балки в поперечном направлении. используем уравнения и метод сил. определяем перемещение произвольной массы. определяем инертционную силу. составляем систему дифференциальных уравнений движения которые описывают колебания заданной балки Решается система уравнений с несколькими решениями.</p> |
| 3        | <p><b>Решение задач о вынужденных колебаниях систем с одной или несколькими степенями свободы</b></p> <p>В результате выполнения практической работы студент получает навык:<br/>                     Рассматривается установившееся вынужденное колебание системы без учета внешнего или внутреннего сопротивления. Требуется определить:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Частоты и период собственных колебаний рассматриваемой системы</li> <li>2. определяется амплитуда собственных колебаний и графическое изображение собственных форм</li> <li>3. проверяется ортогональность собственных форм колебаний</li> </ol>  |

| №<br>п/п | Тематика практических занятий/краткое содержание  |
|----------|---|
|          | <p>4. определяется круговая частота вынужденных колебаний и изображение примерного вида графика коэффициента динамичности в зависимости от отношения частот вынужденных колебаний и собственных колебаний</p> <p>5. определяется амплитуда значений инерционных сил. определяется эпюры изгибающих моментов и амплитуда изгибающих моментов при вынужденных колебаниях стационарного режима колебаний рамы.</p> <p>7. построение эпюры моментов при одновременном действии статических и динамических сил. определяется положение опасного сечения конструкции</p>  |
| 4        | <p><b>Определение сейсмических сил на основе линейно-спектральной методики</b></p> <p>В результате выполнения практической работы студент получает навык:<br/>Для расчета заданной конструкции причального сооружения производится расчет методом линейно-спектрального анализа с применением нормативных требований проектирования в сейсмических районах гидротехнических сооружений. Исходные данные выдаются в соответствии с сейсмическим районированием объектов строительства</p>  |
| 5        | <p><b>Расчёт форм собственных колебаний сооружений с использованием программных средств</b></p> <p>В результате выполнения практической работы студент получает навык:<br/>Расчёт форм собственных колебаний сооружений с использованием программных средств.<br/>Производится в программном комплексе САПР построение модели гравитационного сооружения. далее вводятся все внешние нагрузки и производится расчет по деформациям и изменения форм конструкции при сейсмическом воздействии. Определяются смещения и сдвиги сооружения. Определяется его устойчивость.</p>   |
| 6        | <p><b>Расчёт сооружений на сейсмическое воздействие с использованием программных средств</b></p> <p>В результате выполнения практической работы студент получает навык:<br/>Создается модель гидротехнического сооружения в виде бетонной плотины средненапорного гидроузла. определяются исходные данные для ввода в программный комплекс САПР. Определяются частоты собственных колебаний при горизонтально-вращательном движении сооружения, предполагая его жесткость. Определяются собственные частоты колебаний сооружения при одновременном учете изгибающих и сдвиговых деформаций сооружения без учета податливости основания. Производится построение формы колебаний. определяются коэффициенты формы колебаний. Определяются коэффициенты динамичности для каждой формы колебаний. Определяются спектральные значения сейсмических сил с учетом всех форм колебаний и строится эпюра изгибающих моментов и поперечных сил в программе. далее производится оформление результатов и их анализ.</p> |
| 7        | <p><b>Оценка влияния особенностей конструкции сооружения на его сейсмостойкость.</b></p> <p>В результате выполнения практической работы студент получает навык:<br/>Рассматриваются три основных конструкции гидротехнических сооружений с определенными граничными условиями:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. причальные сооружения</li> <li>2. плотины подпорные</li> <li>3. оградительные сооружения</li> </ol> <p>Производится конструирование этих сооружений по трем вариантам конструктивных схем. Далее производится расчет в программном комплексе этих вариантов конструкции. Определяются все параметры изгибающих моментов, поперечных сил, деформаций и изменения формы конструкции. Производится анализ сейсмостойкости каждой конструкции.</p>   |
| 8        | <p><b>Взаимодействие сооружений с основанием при сейсмическом воздействии</b></p> <p>В результате выполнения практической работы студент получает навык:<br/>По заданию выдается конструкция гидротехнического сооружения индивидуально. Определяются характеристики грунтов физико-механические. Производится анализ взаимодействия грунтов и</p>  |

| №<br>п/п | Тематика практических занятий/краткое содержание   |
|----------|--|
|          | сооружения при сейсмическом воздействии на сооружение. Изменение геометрии конструкции и физико-механических характеристик грунтов. Мероприятия способствующие улучшению сейсмостойкости объекта исследования.   |
| 9        | <b>Взаимодействие сооружений с водной средой при сейсмическом воздействии</b><br>В результате выполнения практической работы студент получает навык:<br>По заданию определяются конструктивные характеристики и строительные материалы сооружения. Определяется гидрологический режим в момент обрушения волны цунами на сооружение. Производится расчет устойчивости и прочности конструкции комбинированным методом расчета теории упругости   |
| 10       | <b>Расчет причальной конструкции типа больверк на сейсмические нагрузки.</b><br>В результате выполнения практической работы студент получает навык:<br>Производится расчет по исходным данным сооружения причальной стенки типа больверк в соответствии с нормативным документом по расчету причального сооружения типа больверк на сейсмические воздействия. Работа предназначена для закрепления компетенций связанных со способностью обучающихся использовать нормативные документы в проектировании сооружений водного транспорта |
| 11       | <b>Нормативный расчет бетонной плотины на сейсмостойкость.</b><br>В результате выполнения практической работы студент получает навык:<br>Выдается индивидуальное задание для расчета на сейсмические нагрузки бетонной водосливной или глухой плотины. В соответствии с нормативными документами гидротехнические сооружения проектируемые в сейсмических районах производится расчет на сейсмоустойчивость заданных параметров плотины. Разрабатываются рекомендации по улучшению сейсмостойкости конструкций сооружения              |
| 12       | <b>Сейсмический анализ гидротехнического сооружения на сейсмостойкость.</b><br>В результате выполнения практической работы студент получает навык:<br>Работа представляет собой аналитический обзор сейсмостойкости сооружений гидротехнических и выявления недостатков и проблем работы сооружения в сейсмических условиях. Разработка мероприятий или инновационных предложений по усилению сооружений и улучшению сейсмостойкости   |

#### 4.3. Самостоятельная работа обучающихся.

| №<br>п/п | Вид самостоятельной работы                        |
|----------|---|
| 1        | Работа с конспектом лекций, изучение литературы.  |
| 2        | Выполнение курсовой работы                        |
| 3        | Подготовка к текущему контролю.                   |
| 4        | Подготовка к промежуточной аттестации (зачет).    |
| 5        | Подготовка к промежуточной аттестации ( экзамен). |
| 6        | Выполнение курсовой работы.                       |
| 7        | Подготовка к промежуточной аттестации.            |
| 8        | Подготовка к текущему контролю.                   |

#### 4.4. Примерный перечень тем курсовых работ

1. Исследование воздействия землетрясения на комплексные гидроузлы



2. Анализ землетрясений происходящих в море и их последствия. Изучение Цунами.

3. Анализ конструкции причального сооружения подвергнутого воздействию цунами.

4. Исследование влияния землетрясения на поведение водохранилища.

5. Построение модели гидротехнического сооружения и исследование динамических воздействий на данную модель.

5. Перечень изданий, которые рекомендуется использовать при освоении дисциплины (модуля).

| № п/п | Библиографическое описание   | Место доступа   |
|-------|--|---|
| 1     | Сейсмостойкость зданий и сооружений Саркисов, Д. Ю. Учебное пособие Томск : ТГАСУ , 2021   | <a href="https://e.lanbook.com/book/231440">https://e.lanbook.com/book/231440</a> — Текст : электронный                           |
| 2     | Натурные и модельные исследования динамических явления в строительных конструкциях энергетических и гражданских объектов Шаблинский Г.Э., Зубков Д.А., Монография М.:МИСИ-Московский государственный строительный университет , 2017 | URL:<br><a href="https://znanium.com/catalog/product/970147">https://znanium.com/catalog/product/970147</a> -Текст : электронный. |
| 3     | Динамика и устойчивость сооружений Масленников, А. М. Учебник Москва : Издательство Юрайт , 2022   | URL: <a href="https://urait.ru/bcode/489590">https://urait.ru/bcode/489590</a> - Текст : электронный                              |
| 4     | Физическое и математическое моделирование строительных систем В.Т. Чемодуров, Э.В. Литвинова. Учебное пособие Москва : ИНФРА-М,  | URL:<br><a href="https://znanium.com/catalog/product/101419">https://znanium.com/catalog/product/101419</a> –Текст : электронный. |
| 5     | Строение и физика Земли. В.С. Захаров, В.Б. Смирнов. Учебное пособие Долгопрудный : Издательский Дом «Интеллект» , 2018  | <a href="https://znanium.com/catalog/product/1022504">https://znanium.com/catalog/product/1022504</a> – Текст : электронный.      |

6. Перечень современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем, которые могут использоваться при освоении дисциплины (модуля).

1.Базы данных, информационно-поисковые системы Google, Yandex

2. Научно-техническая библиотека РУТ (МИИТ) (<http://library.miit.ru>)

3.Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU ([www.elibrary.ru](http://www.elibrary.ru))

4. Электронная библиотека Znanium.com (<http://znanium.com>)
5. Справочно-правовая система КонсультантПлюс ([www.consultant.ru](http://www.consultant.ru)).
6. Информационный сайт (<http://www.gost.ru>)

7. Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства, необходимого для освоения дисциплины (модуля).

1. Операционная система Microsoft Windows
2. Офисный пакет приложений MS Office (Word, Excel, PowerPoint)

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

Учебные аудитории оснащенные компьютерным и демонстрационным оборудованием

9. Форма промежуточной аттестации:

Зачет в 5 семестре.

Курсовая работа в 6 семестре.

Экзамен в 6 семестре.

10. Оценочные материалы.

Оценочные материалы, применяемые при проведении промежуточной аттестации, разрабатываются в соответствии с локальным нормативным актом РУТ (МИИТ).

## Авторы

Доцент, доцент, к.н. кафедры  
«Водные пути, порты и портовое  
оборудование» Академии водного  
транспорта

Сахненко Маргарита  
Александровна

## Лист согласования

Заведующий кафедрой ВППиГС  
Председатель учебно-методической  
комиссии

М.А. Сахненко

А.Б. Володин