

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Воронежский государственный технический университет»



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**  
**дисциплины**  
**«Основы теории надёжности и теории риска»**

**Направление подготовки** 08.04.01 «Строительство»

**Программа** «Теория и проектирование зданий и сооружений»

**Квалификация выпускника** магистр

**Нормативный период обучения** 2 года

**Форма обучения** Очная

**Год начала подготовки** 2021 г.

Автор программы

Сафронов В.С.

Заведующий кафедрой  
Строительной механики

Козлов В.А.

Руководитель ОПОП

Сафронов В.С.

Воронеж 2021

## **1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **1.1. Цели дисциплины**

Ознакомление будущего специалиста с методами теории надежности и теории риска, используемыми при проектировании и прочностных расчетах конструкций зданий и сооружений.

### **1.2. Задачи освоения дисциплины**

– научить студента владеть и применять методы теории надежности и теории риска при проектировании и прочностных расчетах конструкций зданий и сооружений;

– ознакомиться с особенностями статического и динамического расчета зданий и сооружений на действие эксплуатационных нагрузок в вероятностной постановке с использованием современных вычислительных комплексов.

## **2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП**

Дисциплина «Основы теории надёжности и теории риска» относится к дисциплинам, части, формируемой участниками образовательных отношений блока Б.1 учебного плана.

## **3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

Процесс изучения дисциплины «Основы теории надёжности и теории риска» направлен на формирование следующих компетенций:

ПК-1 - Овладение знаниями методов проектирования и мониторинга зданий и сооружений, их конструктивных элементов, включая методы расчётного обоснования, в том числе с использованием универсальных и специализированных программно-вычислительных комплексов и систем автоматизированного проектирования

ПК-2 - Способностью вести разработку эскизных, технических и рабочих проектов сложных объектов, в том числе с использованием систем автоматизированного проектирования

ПК-3 - Способностью разрабатывать методики, планы и программы проведения научных исследований и разработок, готовить задания для исполнителей, организовывать проведение экспериментов и испытаний, анализировать и обобщать их результаты

| <b>Компетенция</b> | <b>Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции</b> |
|--------------------|--------------------------------------------------------------------------|
|--------------------|--------------------------------------------------------------------------|

|      |                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ПК-1 | <p>знать теоретические основы современных методов проектирования и мониторинга зданий и сооружений, их конструктивных элементов, включая методы расчётного обоснования</p>                                                                                                                      |
|      | <p>уметь использовать универсальные и специализированные программно-вычислительные комплексы и системы автоматизированного проектирования</p>                                                                                                                                                   |
|      | <p>владеть современными методами проектирования и мониторинга зданий и сооружений, их конструктивных элементов, включая методы расчётного обоснования, с использованием универсальных и специализированных программно-вычислительных комплексов и систем автоматизированного проектирования</p> |
| ПК-2 | <p>знать современные методики разработки эскизных, технических и рабочих проектов сложных объектов, в том числе с использованием систем автоматизированного проектирования</p>                                                                                                                  |
|      | <p>уметь применять современные методики разработки эскизных, технических и рабочих проектов сложных объектов, в том числе с использованием систем автоматизированного проектирования</p>                                                                                                        |
|      | <p>владеть практическими приемами разработки эскизных, технических и рабочих проектов сложных объектов, в том числе с использованием систем автоматизированного проектирования</p>                                                                                                              |
| ПК-3 | <p>знать современные методики подготовки планов и программ проведения научных исследований и разработок</p>                                                                                                                                                                                     |
|      | <p>уметь организовывать проведение экспериментов и испытаний, анализировать и обобщать их результаты готовить задания для исполнителей,</p>                                                                                                                                                     |
|      | <p>владеть практическими приемами проведения научных исследований и разработок, а также проведения анализа и обобщения их результатов</p>                                                                                                                                                       |
|      | <p>владеть современными педагогическими приёмами проведения образовательной деятельности в структурных подразделениях образовательной организации по профилю направления подготовки</p>                                                                                                         |

#### 4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины «Основы теории надёжности и теории риска» составляет 4 з.е.

Распределение трудоемкости дисциплины по видам занятий  
**очная форма обучения**

| Виды учебной работы                     | Всего часов | Семестры |
|-----------------------------------------|-------------|----------|
|                                         |             | 3        |
| <b>Аудиторные занятия (всего)</b>       | 36          | 36       |
| В том числе:                            |             |          |
| Лекции                                  | 18          | 18       |
| Практические занятия (ПЗ)               | 18          | 18       |
| <b>Самостоятельная работа</b>           | 108         | 108      |
| <b>Курсовая работа</b>                  | +           | +        |
| Виды промежуточной аттестации - экзамен | 36          | 36       |
| Общая трудоемкость:                     |             |          |
| академические часы                      | 180         | 180      |
| зач.ед.                                 | 5           | 5        |

#### 5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

**5.1 Содержание разделов дисциплины и распределение трудоемкости по видам занятий**

**очная форма обучения**

| № п/п | Наименование темы                                                                                         | Содержание раздела                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Лекц | Прак зан. | СРС | Всего , час |
|-------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|-----------|-----|-------------|
| 1     | Основные понятия и теоремы теории вероятности<br><br>Основные понятия и методы математической статистики: | Случайные события: классификация. Теоремы сложения и умножения случайных величин, следствия. Формула поной вероятности. Теорема гипотез (Байеса). Основные понятия теории вероятностей: функция и плотность распределения, статистический ряд, гистограмма. Закон распределения случайных величин: нормальный, Вейбулла, Гумбеля.<br><br>Числовые характеристики статистических рядов, математическое ожидание, дисперсия, стандарт, | 4    | 4         | 17  | 25          |

|   |                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |   |   |    |    |
|---|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|---|----|----|
|   |                                                                                                                                               | коэффициент асимметрии, эксцесс, мода, медиана, коэффициент вариации, выравнивание статистических рядов. Критерии согласия: хи-квадрат, омега-квадрат, Колмогорова                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |   |   |    |    |
| 2 | <p>Ознакомление с вероятностным вычислительным комплексом STADIA.</p> <p>Обработка экспериментальных данных.</p> <p>Регрессионный анализ.</p> | <p>Изучение приёмов работы по определению числовых характеристик распределений. Выравнивание статистических рядов с помощью трёх аналитических законов: Гаусса, Вейбулла, Гумбеля. Расчёт показателей прочности и нагрузок с заданной обеспеченностью.</p> <p>Сглаживание экспериментальных данных по методу наименьших квадратов. Простая и множественная регрессии. Определение параметров регрессионных зависимостей для линейных и нелинейных зависимостей. Сравнение линейных регрессий. Пошаговая регрессия.</p> | 4 | 4 | 17 | 25 |
| 3 | <p>Основные понятия теории надёжности строительных конструкций</p> <p>Статистическое описание прочности материалов.</p>                       | <p>Отказ конструкции как появление признаков предельного состояния. Классификация отказов. Качества конструкций: надёжность, безопасность, ремонтпригодность. Количественные характеристики надёжности: наработка на отказ, технический ресурс, вероятность безотказного функционирования строительной конструкции, вероятность отказа, частота отказов, средняя частота</p>                                                                                                                                           | 4 | 4 | 14 | 25 |

|   |                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |   |   |    |    |
|---|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|---|----|----|
|   |                                                                                                                                       | <p>отказов, интенсивность отказов, среднее время безотказной работы. Характеристики надёжности мостовых конструкций: резерв прочности, вероятность отказа, вероятность безотказной эксплуатации, характеристика безопасности, логарифмический показатель надёжности, коэффициент запаса прочности. Соотношения между количественными характеристиками.</p> <p>Изменчивость прочностных свойств бетона, строительных сталей, арматуры, грунтов. Статистическая интерпретация нормативного сопротивления, его обеспеченность.</p>                |   |   |    |    |
| 4 | <p>Статистическое описание постоянных и временных нагрузок на строительные конструкции</p> <p>Надёжность строительных конструкций</p> | <p>Флуктуации нагрузок на строительные конструкции: постоянной, снеговой, ветровой. Сочетание нагрузок. Модуль суммы нагрузок. Продолжительность одновременной действия нескольких нагрузок. Определение расчётной нагрузки с заданной обеспеченностью.</p> <p>Надёжность строительных конструкций как системы последовательно, параллельно или произвольно соединённых элементов. Примеры. Примеры строительных конструкций, где используются различные модели: ферма, неразрезная балка, тонкостенный стержень, плитно-балочная система,</p> | 2 | 2 | 19 | 23 |

|   |                                                                                                                                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |   |   |    |    |
|---|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|---|----|----|
|   |                                                                                                                                                                                  | стержневая рамная система                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |   |   |    |    |
| 5 | <p>Стохастическая оптимизация строительных конструкций</p> <p>Основные понятия теории случайных функций</p>                                                                      | <p>Постановка задачи стохастической оптимизации. Обратная и прямая задачи оптимизации. Формирование целевой функции. Алгоритмы решения прямой и обратной задач оптимизации надёжности. Современные модели износа строительных конструкций. Оценка срока службы конструкций</p> <p>Определение случайной функции. Числовые характеристики случайных функций: математическое ожидание, дисперсия, корреляционная функция, спектральная плотность. Стационарные и нестационарные случайные функции, эргодические и неэргодические случайные функции. Восстановление реализаций случайных функций по заданным статистическим характеристикам. Определение числа превышений случайной функцией заданного уровня.</p> | 2 | 2 | 19 | 23 |
| 6 | <p>Динамический расчет каркасного здания на действие пульсационной составляющей ветровой нагрузки</p> <p>Динамический расчет зданий и сооружений на сейсмические воздействия</p> | <p>Общие принципы нормирования пульсационной составляющей ветровой нагрузки. Статистическое описание ветровой нагрузки: спектральная плотность, энергетический спектр скорости. Коэффициенты корреляции скорости ветра и пульсаций давления. Общее решение вероятностной задачи о колебаниях сооружения при случайных ветровых нагрузках. Определение статистических</p>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | 2 | 2 | 19 | 23 |

|       |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |    |    |     |     |
|-------|--|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|----|-----|-----|
|       |  | <p>характеристик реакции сооружения: среднего и дисперсии перемещений и усилий. Применение современных вычислительных комплексов «MicroFE», « LIRA» или «SCAD» для динамического расчета зданий и сооружений на пульсационную составляющую ветровой нагрузки</p> <p>Землетрясения. Классификация. Районирование сейсмоопасных зон. Балльность района и строительной площадки. Методы динамического расчета зданий и сооружений по СНиП II-7-81* и типовым акселерограммам землетрясений. Применение современных вычислительных комплексов «ProfetSTARK», «ЛИРА» или «SCAD» для динамического расчета зданий и сооружений на сейсмические воздействия</p> |    |    |     |     |
| Итого |  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | 18 | 18 | 108 | 144 |

## 5.2 Перечень лабораторных работ

Не предусмотрено учебным планом

## 6. ПРИМЕРНАЯ ТЕМАТИКА КУРСОВЫХ ПРОЕКТОВ (РАБОТ) И КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ

В соответствии с учебным планом освоение дисциплины предусматривает выполнение курсовой работы в 3 семестре для очной формы обучения.

Тема курсовой работы: «Динамический расчет каркасного здания на действие сейсмических нагрузок»

Каждому студенту выдается план и разрезы конструктивной схемы здания с указанием вида материала несущих элементов каркаса.

Задачи, решаемые при выполнении курсовой работы:

- Расчет собственных частот и форм свободных колебаний здания с использованием динамической расчетной схемы с конечным числом степеней свободы с помощью вычислительных комплексов MicroFE, ЛИРА, SCAD или Midas.



- Динамический расчет каркасного здания на действие сейсмической нагрузки с помощью вычислительных комплексов MicroFE , ЛИРА, SCAD или Midas по методике СНиП

- Динамический расчет каркасного здания на действие сейсмической нагрузки с помощью вычислительных комплексов MicroFE , ЛИРА, SCAD или Midas по заданной акселерограмме.

Курсовая работа включает в себя графическую часть и расчетно-пояснительную записку.

## 7. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

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

### 7.1.1 Этап текущего контроля

Результаты текущего контроля знаний и межсессионной аттестации оцениваются по следующей системе:

«аттестован»;

«не аттестован».

| Компетенция | Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции                                                                                                                    | Критерии оценивания                                                                                                     | Аттестован                                                    | Не аттестован                                                   |
|-------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|
| ПК-1        | знать теоретические основы современных методов проектирования и мониторинга зданий и сооружений, их конструктивных элементов, включая методы расчётного обоснования                  | знание теоретических основ современных методов проектирования и мониторинга                                             | Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах | Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах |
|             | уметь использовать универсальные и специализированные программно-вычислительные комплексы и системы автоматизированного проектирования                                               | умение использовать специализированные программно-вычислительные комплексы и системы автоматизированного проектирования | Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах | Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах |
|             | владеть современными методами проектирования и мониторинга зданий и сооружений, их конструктивных элементов, включая методы расчётного обоснования, с использованием универсальных и | владение современными методами проектирования и мониторинга                                                             | Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах | Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах |

|      |                                                                                                                                                                                   |                                                                                                            |                                                               |                                                                 |
|------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|
|      | специализированных программно-вычислительных комплексов и систем автоматизированного проектирования                                                                               |                                                                                                            |                                                               |                                                                 |
| ПК-2 | знать современные методики разработки эскизных, технических и рабочих проектов сложных объектов, в том числе с использованием систем автоматизированного проектирования           | знание современных методик разработки эскизных, технических и рабочих проектов сложных объектов            | Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах | Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах |
|      | уметь применять современные методики разработки эскизных, технических и рабочих проектов сложных объектов, в том числе с использованием систем автоматизированного проектирования | умение применять современные методики разработки эскизных, технических и рабочих проектов сложных объектов | Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах | Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах |
|      | владеть практическими приемами разработки эскизных, технических и рабочих проектов сложных объектов, в том числе с использованием систем автоматизированного проектирования       | владение практическими приемами разработки эскизных, технических и рабочих проектов сложных объектов       | Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах | Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах |
| ПК-3 | знать современные методики подготовки планов и программ проведения научных исследований и разработок                                                                              | знание современных методик проведения научных исследований                                                 | Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах | Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах |
|      | уметь организовывать проведение экспериментов и испытаний, анализировать и обобщать их результаты готовить задания для исполнителей,                                              | умение анализировать результаты научных исследований                                                       | Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах | Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах |
|      | владеть практическими приемами проведения научных исследований и разработок, а также проведения анализа и обобщения их результатов                                                | владение практическими приемами проведения научных исследований                                            | Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах | Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах |

### 7.1.2 Этап промежуточного контроля знаний

Результаты промежуточного контроля знаний оцениваются в 3 семестре для очной формы обучения по двухбалльной системе:

«зачтено»

«не зачтено»

| Компетенция | Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции                                                                                                                                                                                                                        | Критерии оценивания                                      | Зачтено                                                  | Не зачтено           |
|-------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|----------------------|
| ПК-1        | знать теоретические основы современных методов проектирования и мониторинга зданий и сооружений, их конструктивных элементов, включая методы расчётного обоснования                                                                                                                      | Тест                                                     | Выполнение теста на 70-100%                              | Выполнение менее 70% |
|             | уметь использовать универсальные и специализированные программно-вычислительные комплексы и системы автоматизированного проектирования                                                                                                                                                   | Решение стандартных практических задач                   | Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач | Задачи не решены     |
|             | владеть современными методами проектирования и мониторинга зданий и сооружений, их конструктивных элементов, включая методы расчётного обоснования, с использованием универсальных и специализированных программно-вычислительных комплексов и систем автоматизированного проектирования | Решение прикладных задач в конкретной предметной области | Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач | Задачи не решены     |
| ПК-2        | знать современные методики разработки эскизных, технических и рабочих проектов сложных объектов, в том числе с использованием систем автоматизированного проектирования                                                                                                                  | Тест                                                     | Выполнение теста на 70-100%                              | Выполнение менее 70% |
|             | уметь применять современные методики разработки эскизных,                                                                                                                                                                                                                                | Решение стандартных практических задач                   | Продемонстрирован верный ход решения в большинстве       | Задачи не решены     |

|      |                                                                                                                                                                             |                                                          |                                                          |                      |
|------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|----------------------|
|      | технических и рабочих проектов сложных объектов, в том числе с использованием систем автоматизированного проектирования                                                     |                                                          | задач                                                    |                      |
|      | владеть практическими приемами разработки эскизных, технических и рабочих проектов сложных объектов, в том числе с использованием систем автоматизированного проектирования | Решение прикладных задач в конкретной предметной области | Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач | Задачи не решены     |
| ПК-3 | знать современные методики подготовки планов и программ проведения научных исследований и разработок                                                                        | Тест                                                     | Выполнение теста на 70-100%                              | Выполнение менее 70% |
|      | уметь организовывать проведение экспериментов и испытаний, анализировать и обобщать их результаты готовить задания для исполнителей,                                        | Решение стандартных практических задач                   | Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач | Задачи не решены     |
|      | владеть практическими приемами проведения научных исследований и разработок, а также проведения анализа и обобщения их результатов                                          | Решение прикладных задач в конкретной предметной области | Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач | Задачи не решены     |

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

### 7.2.1 Примерный перечень заданий для подготовки к тестированию

|   |                                                                                                                                  |
|---|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 | Что характеризует модуль упругости?<br>- Деформативность материала                                                               |
| 2 | Размерность модуля упругости?<br>-Па, КПа, МПа, ГПа                                                                              |
| 3 | Что характеризует коэффициент Пуассона?<br>- Соотношение между относительными поперечной и продольной деформациями стержня       |
| 4 | Размерность коэффициента Пуассона ?<br>- Безразмерная                                                                            |
| 5 | Диапазон изменения коэффициента Пуассон?<br>- 0 – 0,500                                                                          |
| 6 | Что называется пределом пропорциональности материала?<br>- Максимальное напряжение, до которого материал подчиняется закону Гука |

|    |                                                                                                                                                                                                |
|----|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 7  | Что называется пределом текучести материала?<br>- Напряжение, при котором материал деформируется без увеличения нагрузки                                                                       |
| 8  | Что представляет собой ползучесть материала?<br>- Увеличение деформации во времени при постоянном напряжении                                                                                   |
| 9  | Что такое релаксация материала?<br>- Снижение напряжения при постоянной деформации                                                                                                             |
| 10 | Что характеризует эксцесс для случайных величин постоянных нагрузок?<br>- Остро или плоско вершинность распределений случайных значений прочности и нагрузок по сравнению с нормальным законом |

### 7.2.2 Примерный перечень заданий для решения стандартных задач

|    |                                                                                                                                                                                                        |
|----|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1  | Вычислить логарифмический показатель надежности конструкции, если вероятности отказа составляет $Q=3,2 \times 10^{-4}$<br>- $\rho=4,34$                                                                |
| 2  | Определить вероятность отказа строительной конструкции, если характеристика безопасности составляет $\beta=3,45$<br>- $Q=3,2 \times 10^{-4}$                                                           |
| 3  | Определить риск предельного состояния в строительной конструкции, если вероятность безотказного состояния составляет $H=0,99945$<br>- $Q=5,5 \times 10^{-5}$                                           |
| 4  | Определить логарифмический показатель надежности конструкции при заданном значении характеристики безопасности $\beta=3,65$<br>- $\rho=3,84$                                                           |
| 5  | Какое значение имеет характеристики безопасности при следующей величине логарифмический показатель надежности $\rho=3,75$ ?<br>- $\beta=3,72$                                                          |
| 6  | Вычислить коэффициент запаса прочности при следующей величине вероятности отказа $Q=3,5 \times 10^{-4}$ и коэффициентах вариации прочности и нагрузки $v_R=v_F=0,10$<br>- $K=1,46$                     |
| 7  | Вычислить коэффициент запаса прочности при следующей величине логарифмического показателя надежности $\rho=3,82$ и коэффициентах вариации прочности и нагрузки $v_R=v_F=0,10$<br>- $K=1,29$            |
| 8  | Вычислить коэффициент запаса прочности при следующей величине надежности $H=0,99945$ и коэффициентах вариации прочности и нагрузки $v_R=v_F=0,10$<br>- $K=1,31$                                        |
| 9  | Определить логарифмический показатель надежности конструкции при заданном значении коэффициент запаса прочности $K=1,52$ и коэффициентах вариации прочности и нагрузки $v_R=v_F=0,10$<br>- $\rho=4,44$ |
| 10 | Определить надежность конструкции при заданном значении коэффициент запаса прочности $K=1,48$ и коэффициентах вариации прочности и нагрузки $v_R=v_F=0,10$<br>- $H=0,99934$                            |

### 7.2.3 Примерный перечень заданий для решения прикладных задач

|   |                                                                                                                                                                            |
|---|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 | Вычислить с обеспеченностью $P=0,95$ нормативное сопротивление материала, для которого известны следующие статистические характеристики $m_R=300$ МПа и $\sigma_R=25$ МПа. |
|---|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

|    |                                                                                                                                                                                                    |
|----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|    | - 259 МПа                                                                                                                                                                                          |
| 2  | Вычислить с обеспеченностью $P=0,95$ расчетную нагрузку на строительную конструкцию, для которой известны следующие статистические характеристики $m_F=30$ кПа и $\sigma_F=3,5$ кПа.<br>- 35,7 кПа |
| 3  | Определить расчетное сопротивление материала по следующим величинам нормативного сопротивления $R_n=360$ МПа и коэффициента надежности по материалу $\gamma=1.20$<br>- $R=300$ МПа                 |
| 4  | Определить расчетную нагрузку на конструкцию по следующим величинам нормативной нагрузки $F_n=30$ кПа и коэффициента надежности по нагрузке $\gamma_f=1.20$<br>- $F_p=36$ МПа                      |
| 5  | Определить среднее значение прочности материала по заданной в СНиП величине нормативного сопротивления $R_n=420$ МПа<br>- $m_R=489$ МПа                                                            |
| 6  | Определить среднее значение действующей нагрузки по заданной в СНиП величине нормативной нагрузки $F_n=30$ кПа<br>- $m_R=F_n=30$ кПа                                                               |
| 7  | Определить коэффициент вариации действующей нагрузки по заданной в СНиП величине коэффициента надежности по материалу $\gamma_f=1.20$<br>- $v_R=0,08$                                              |
| 8  | Какой аналитический закон используется для описания разброса прочности материалов?<br>- Нормальный закон Гаусса                                                                                    |
| 9  | Какой аналитический закон используется для описания разброса ветровой нагрузки?<br>- Двухпараметрический закон Вейбулла                                                                            |
| 10 | Какой аналитический закон используется для описания разброса снеговой нагрузки?<br>- Двойной экспоненциальный и закон Гумбеля                                                                      |

#### 7.2.4 Примерный перечень вопросов для подготовки к экзамену

1. Понятия случайной функции, случайной величины, случайного события, вероятности, частоты. Классификация случайных событий. Сумма и произведение событий.
2. Теоремы сложения случайных событий.
3. Теоремы умножения случайных событий. Упрощение в случае нескольких зависимых событий.
4. Теоремы полной вероятности и гипотез (Байеса).
5. Способы представления распределений случайных величин: неупорядоченная и упорядоченная последовательности, числовая ось, гистограмма, статистический ряд. Плотность и функция распределения.
6. Числовые характеристики случайных величин: среднее, дисперсия, стандарт, коэффициент вариации, коэффициент асимметрии, эксцесс, медиана, мода, коэффициент корреляции.
7. Законы распределения случайных величин: равномерной плотности, Пуассона, нормальный, Вейбулла, Гумбеля.

8. Порядок выравнивания распределений случайных величин, критерии согласия. Их сущность.
9. Основные понятия теории надежности: отказ, дефекты, надежность как комплексное качество. Количественные характеристики надежности: наработка на отказ, технический ресурс, интенсивность отказов, надежность.
10. Статистическое описание прочности материалов и нагрузок на здания и сооружения. Понятие расчетной нагрузки и нормативного сопротивления. Обеспеченность
11. Количественные характеристики надежности: резерв прочности, вероятность отказа, надежность, характеристика безопасности, логарифмический показатель надежности, коэффициент запаса прочности.
12. Расчет надежности конструкций, состоящих из совокупности элементов
13. Динамическая расчетная схема. Дифференциальные уравнения свободных колебаний. Расчет собственных частот и форм. Ортогональность, нормирование
14. Анализ собственных частот и форм для оценки динамических свойств сооружения. Определение факторов участия для заданных направлений воздействия
15. Сейсмический расчет сооружения по нормативной методике.
16. Сейсмический расчет сооружения по заданной акселерограмме.
17. Два способа описания случайной функции. Числовые характеристики случайной функции: математическое ожидание, дисперсия, средне-квадратическое отклонение.
18. Два способа описания случайной функции. Числовые характеристики случайной функции общего вида: корреляционная функция.
19. Классификация случайных функций. Числовые характеристики стационарной случайной функции: среднее, стандарт, корреляционная функция и спектральная плотность.
20. Вероятностный расчет надежности конструкции по величине коэффициента запаса прочности.
21. Определение вероятности отказа конструкции на основе теории выбросов случайных функций.
22. Основные понятия теории риска. Классификация рисков в строительстве. Два способа расчета вероятности возникновения катастрофического состояния. Варианты постановок задач, решаемых методами теории риска.
23. Регрессионный анализ. Классификация алгоритмов регрессионного анализа. Сущность метода наименьших квадратов.
24. Подбор аналитической зависимости при регрессионном анализе. Виды зависимостей.
25. Простая линейная регрессия. Анализ погрешностей сглаживания экспериментальных данных. Сравнение линейных регрессий.
26. Простая параболическая регрессия. Прогнозирование зависимости за границы заданного интервала
27. Применение метода наименьших квадратов для зависимостей с

- нелинейными параметрами
28. Множественная линейная регрессия. Анализ значимости параметров с помощью пошаговой регрессии.
29. Множественная нелинейная регрессия. Методы численного определения параметров зависимости

#### **7.2.6. Методика выставления оценки при проведении промежуточной аттестации**

Экзамен проводится по тест-билетам, каждый из которых содержит три вопроса из числа включенных в перечень, представленных в разделе 7.2.4 настоящей программы, и контрольную задачу по определению статистических параметров (математического ожидания, коэффициента вариации) прочности строительной конструкции при заданной вероятности возникновения предельного состояния. Правильное решение задачи оценивается в четыре балла, правильный ответ на теоретический вопрос оценивается в два балла. Максимальное количество набранных баллов – 10.

1. Оценка «Неудовлетворительно» ставится в случае, если студент набрал менее 3 баллов.
2. Оценка «Удовлетворительно» ставится в случае, если студент набрал от 3 до 6 баллов
3. Оценка «Хорошо» ставится в случае, если студент набрал от 6 до 8 баллов.
4. Оценка «Отлично» ставится, если студент набрал от 8 до 10 баллов.)

#### **7.2.7 Паспорт оценочных материалов**

| <b>№ п/п</b> | <b>Контролируемые разделы (темы) дисциплины</b>                                                                          | <b>Код контролируемой компетенции</b> | <b>Наименование оценочного средства</b>       |
|--------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|-----------------------------------------------|
| 1            | Основные понятия и теоремы теории вероятности. Основные понятия и методы математической статистики                       | ПК-1, ПК-2, ПК-3                      | Тестирование, защита курсовой работы, экзамен |
| 2            | Ознакомление с вероятностным вычислительным комплексом STADIA. Обработка экспериментальных данных. Регрессионный анализ. | ПК-1, ПК-2, ПК-3                      | Тестирование, защита курсовой работы, экзамен |
| 3            | Основные понятия теории надёжности строительных конструкций. Статистическое описание прочности материалов.               | ПК-1, ПК-2, ПК-3                      | Тестирование, защита курсовой работы, экзамен |



|   |                                                                                                                                                                     |                  |                                               |
|---|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|-----------------------------------------------|
| 4 | Статистическое описание постоянных и временных нагрузок на строительные конструкции. Надёжность строительных конструкций                                            | ПК-1, ПК-2, ПК-3 | Тестирование, защита курсовой работы, экзамен |
| 5 | Стохастическая оптимизация строительных конструкций. Основные понятия теории случайных функций                                                                      | ПК-1, ПК-2, ПК-3 | Тестирование, защита курсовой работы, экзамен |
| 6 | Динамический расчет каркасного здания на действие пульсационной составляющей ветровой нагрузки. Динамический расчет зданий и сооружений на сейсмические воздействия | ПК-1, ПК-2, ПК-3 | Тестирование, защита курсовой работы, экзамен |

### **7.3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности**

Тестирование осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных тест-заданий на бумажном носителе. Время тестирования 30 мин. Затем осуществляется проверка теста экзаменатором и выставляется оценка согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение стандартных задач осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется проверка решения задач экзаменатором и выставляется оценка, согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение прикладных задач осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется проверка решения задач экзаменатором и выставляется оценка, согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Защита курсовой работы, курсового проекта или отчета по всем видам практик осуществляется согласно требованиям, предъявляемым к работе, описанным в методических материалах. Примерное время защиты на одного студента составляет 20 мин.

## **8. УЧЕБНО МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ)**

### **8.1 Перечень учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины**

#### **8.1.1 Основная литература:**

1. Старов В. Н., Жулай В. А., Нилов В. А. Основы работоспособности технических систем: учебное пособие : рекомендовано ВГАСУ. - Воронеж :

- [б. и.], 2012. -269 с.
2. Балдин, К. В. Основы теории вероятностей и математической статистики : учебник / К. В. Балдин, В. Н. Башлыков, А. В. Рукосуев ; под общ. ред. К. В. Балдина. – 5-е изд., стер. – Москва : ФЛИНТА, 2021. – 489 с. – Режим доступа: по подписке. – URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=500648> – Библиогр.: с. 460-461. – ISBN 978-5-9765-2069-1. – Текст : электронный
  3. Панин А. В. Долговечность, надежность, восстановление и усиление конструкций: лабораторный практикум : рек. ВГАСУ . - Воронеж : [б. и.], 2010 -1 электрон. опт. диск.

### **8.1.2 Дополнительная литература:**

1. Шапиро Д. М. Метод конечных элементов в строительном проектировании: монография. - Воронеж : Научная книга, 2013 -181 с.
2. Сафронов В.С., Гриднев С.Ю., Барченкова Н.А. Обучение в магистратуре по программе «Теория и проектирование зданий и сооружений». Учебно-методическое пособие. [Электронный ресурс]/Воронеж, 2020.
3. Лычёв А.С. Надежность строительных конструкций: учеб. пособие / А.С. Лычёв. – М.: АСВ, 2008. – 184 с.

### **8.2 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень лицензионного программного обеспечения, ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем**

1. Консультирование посредством электронной почты, Skype, WhatsApp, Viber.
2. Использование презентаций при проведении лекционных занятий.
3. Базы данных, информационно-справочная и нормативная документация по разделам «Строительство» и «Расчёт строительных конструкций».
4. Программные продукты MS Office Word, MS Office Excel.
5. Программные комплекс ЛИРА-САПР-2016
6. Вычислительная статистическая программа STADIA разработки Московского государственного университета (НПО «Информатика и компьютеры»).
7. Информационно-поисковая система «СтройКонсультант»: доступ в локальной сети ВГТУ (библиотечный корпус).
8. <http://www.cchgeu.ru>. Учебный портал ВГТУ.
9. <http://cchgeu.ru/university/library/elektronnyy-katalog/> Электронный каталог Научной Библиотеки ВГТУ.
10. <http://cchgeu.ru/education/cafedras/kafsm/> Учебно-методические разработки кафедры строительной механики.
11. <https://картанауки.рф/>
12. [dwg.ru](http://dwg.ru).

## **9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БАЗА, НЕОБХОДИМАЯ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА**

| <b>№<br/>п/п</b> | <b>Вид<br/>аудиторного<br/>фонда</b> | <b>Требования</b>                                                                                                                                                                                                                                             |
|------------------|--------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1.               | Лекционная аудитория                 | Аудитория должна быть оборудована, как обычной доской, так и техническими средствами для реализации мультимедийной технологии проведения лекции (проектор, экран или интерактивная доска, Notebook или другой ПК).                                            |
| 2.               | Компьютерные классы                  | Оснащение специализированной учебной мебелью. Оснащение техническими средствами обучения: ПК с возможностью подключения к локальным сетям и Интернету. Наличие вычислительной техники из расчёта один ПК на одного студента.                                  |
| 3.               | Аудитория для практических занятий   | Аудитория должна быть оборудована как обычной доской, так и техническими средствами для реализации мультимедийной технологии проведения практических занятий (проектор, экран, или интерактивная доска, ноутбук или другой ПК с процессором не ниже 1,2 ГГц). |

В наличии имеется специализированная учебная аудитория (Лаборатория вычислительной техники кафедры строительной механики, ауд. № 2121).

Она оснащена специализированной учебной мебелью и техническими средствами обучения: ПК с возможностью подключения к локальным сетям и Интернету. Наличие вычислительной техники из расчёта один ПК на одного студента. Также, аудитория оборудована, как обычной доской, так и техническими средствами для реализации мультимедийной технологии проведения лекционных и практических занятий, а также проведения конференций (проектор, интерактивная доска, персональный компьютер или ноутбук).

## **10. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

По дисциплине «Основы теории надёжности и теории риска» читаются лекции, проводятся практические занятия, выполняется курсовая работа.

Основой изучения дисциплины являются лекции, на которых излагаются наиболее существенные и трудные вопросы, а также вопросы, не нашедшие отражения в учебной литературе.

Практические занятия направлены на приобретение практических навыков владения и применения метода теории надёжности и теории риска при проектировании и прочностных расчетах конструкций зданий и сооружений; ознакомление студентов с особенностями статического и динамического расчета зданий и сооружений на действие эксплуатационных нагрузок в вероятностной постановке с использованием современных вычислительных комплексов.

Занятия проводятся путем решения конкретных задач в аудитории.

Методика выполнения курсовой работы изложена в учебно-методическом пособии. Выполнять этапы курсовой работы должны своевременно и в установленные сроки.

Контроль усвоения материала дисциплины производится проверкой курсовой работы, защитой курсовой работы.

| Вид учебных занятий                   | Деятельность студента                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |
|---------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Лекция                                | Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; пометать важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Проверка терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь. Обозначение вопросов, терминов, материала, которые вызывают трудности, поиск ответов в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на лекции или на практическом занятии.           |
| Практическое занятие                  | Конспектирование рекомендуемых источников. Работа с конспектом лекций, подготовка ответов к контрольным вопросам, просмотр рекомендуемой литературы. Прослушивание аудио- и видеозаписей по заданной теме, выполнение расчетно-графических заданий, решение задач по алгоритму.                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
| Самостоятельная работа                | Самостоятельная работа студентов способствует глубокому усвоению учебного материала и развитию навыков самообразования. Самостоятельная работа предполагает следующие составляющие: <ul style="list-style-type: none"><li>- работа с текстами: учебниками, справочниками, дополнительной литературой, а также проработка конспектов лекций;</li><li>- выполнение домашних заданий и расчетов;</li><li>- работа над темами для самостоятельного изучения;</li><li>- участие в работе студенческих научных конференций, олимпиад;</li><li>- подготовка к промежуточной аттестации.</li></ul> |
| Подготовка к промежуточной аттестации | Готовиться к промежуточной аттестации следует систематически, в течение всего семестра. Интенсивная подготовка должна начаться не позднее, чем за месяц-полтора до промежуточной аттестации. Данные перед зачетом три дня эффективнее всего использовать для повторения и систематизации материала.                                                                                                                                                                                                                                                                                        |

