



МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
«Волгоградский государственный технический университет»



Факультет строительства и жилищно-коммунального хозяйства

УТВЕРЖДЕНО

Факультет строительства и жилищно-коммунального хозяйства

Декан Поляков Владимир Геннадьевич  
04.06.2024 г.

## Вероятностные методы строительной механики и теория надёжности строительных конструкций

рабочая программа дисциплины (модуля, практики)

Закреплена за кафедрой	Строительные конструкции, основания и надежность сооружений
Учебный план	08.05.01 Строительство уникальных зданий и сооружений
Профиль	Строительство высотных и большепролетных зданий и сооружений
Квалификация	специалист
Срок обучения	6 года

Форма обучения	очная	Общая трудоемкость	6 ЗЕТ
Виды контроля в семестрах:	экзамены 10 зачеты 9		

Семестр(Курс.Номер семестра на курсе)	9(5.1)		10(5.2)		Итого	
	УП	ПП	УП	ПП	УП	ПП
Лекции	16	16	16	16	32	32
Практические	32	32	32	32	64	64
Итого ауд.	48	48	48	48	96	96
Контактная работа	48.25	48.25	48.35	48.35	96.6	96.6
Сам. работа	59.75	59.75	24	24	83.75	83.75
Часы на контроль	0	8.75	35.65	35.65	35.65	44.4
Практическая подготовка	0	0	0	0	0	0
Итого трудоемкость в часах	108	116.75	108	108	0	0

## ЛИСТ ОДОБРЕНИЯ, СОГЛАСОВАНИЯ И АКТУАЛИЗАЦИИ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ

Разработчик(и) программы:

профессор В. А. Пшеничкина дтн

Рецензент(ы):

(при наличии)

*дтн, профессор, Бурлаченко О.В.*

Рабочая программа дисциплины (модуля, практики)

**Вероятностные методы строительной механики и теория надёжности строительных конструкций**

разработана в соответствии с ФГОС ВО:

Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования - специалитет по специальности 08.05.01  
Строительство уникальных зданий и сооружений (приказ Минобрнауки России от 31.05.2017 г. № 483)

составлена на основании учебного плана:

08.05.01 Строительство уникальных зданий и сооружений

Профиль: Строительство высотных и большепролетных зданий и

..

утвержденного учёным советом вуза от 31.05.2023 протокол № 10.

Рабочая программа одобрена на заседании кафедры

**Строительные конструкции, основания и надёжность сооружений**

29.08.2024 номер протокола 1 2023 г.

Зав. кафедрой Пшеничкина Валерия Александровна

СОГЛАСОВАНО:

Факультет строительства и жилищно-коммунального хозяйства

Председатель НМС факультета: Полякова Владимира Геннадьевича

Протокол заседания НМС от

04.06.2024 г. № 10

<b>1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ, ПРАКТИКИ). ВИД, ТИП ПРАКТИКИ, СПОСОБ И ФОРМА (ФОРМЫ) ЕЕ ПРОВЕДЕНИЯ.</b>
Целью дисциплины является получение студентами знаний в области теории надежности строительных конструкций, базирующейся на вероятностных методах строительной механики, моделировании работы сооружений с учетом случайных факторов: нагрузок, прочностных характеристик материалов, условий эксплуатации.
Освоение настоящей дисциплины позволит получить практические навыки использования вероятностных методов строительной механики при проектировании и прочностных расчетах конструкций высотных и большепролетных зданий и сооружений для численной оценки их надежности и безопасности

<b>2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ, ПРАКТИКИ) В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ</b>	
Цикл (раздел) ОП:	Б1.В
<b>2.1</b>	<b>Требования к предварительной подготовке обучающегося:</b>
2.1.1	Основания и фундаменты зданий и сооружений
2.1.2	Теория расчета пластин и оболочек
2.1.3	Железобетонные и каменные конструкции
2.1.4	Системы автоматизированного проектирования и расчета строительных конструкций
2.1.5	Строительная механика
<b>2.2</b>	<b>Дисциплины (модули) и практики, для которых освоение данной дисциплины (модуля) необходимо как предшествующее:</b>
2.2.1	Производственная практика, преддипломная
2.2.2	Производственная практика, научно-исследовательская работа
2.2.3	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы
2.2.4	Сейсмостойкость сооружений
2.2.5	Проектирование конструкций высотных и большепролетных зданий и сооружений
<b>3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ, ПРАКТИКИ)</b>	
<b>ПК-1: Разработка концепции конструктивной схемы и основных проектно-технологических решений объекта капитального строительства, относящегося к категории уникальных</b>	
<i>ПК-1.1: Сбор сведений о существующих и проектируемых объектах капитального строительства, относящихся к категории уникальных</i>	
Результаты обучения: Знает методы оценки надежности конструкций и оснований по предельным состояниям	
<i>ПК-1.2: Формирование вариантов проектных решений для объектов капитального строительства, относящихся к категории уникальных</i>	
Результаты обучения: Знает основные вероятностные методы прочностного расчета несущих конструкций зданий и сооружений и их эле-ментов на различные воздействия	
<i>ПК-1.3: Утверждение и оформление концепции основных технических решений по соединению несущих и ограждающих конструкций объектов капитального строительства, относящихся к категории уникальных</i>	
Результаты обучения: Владеет навыками использования практических приемов и методов расчета на надежность реальных строительных конструкций с использованием современных программных комплексов	
<i>ПК-1.4: Формирование перечня вероятных аварийных ситуаций на объектах капитального строительства, относящихся к категории уникальных</i>	
Результаты обучения: Владеет приемами стохастической оптимизации параметров несущих конструкций зданий и сооружений при действии экстремальных нагрузок	
<b>ПК-2: Формирование задания на проектирование и контроль разработки проектной и рабочей документации на объекты капитального строительства, относящиеся к категории уникальных</b>	
<i>ПК-2.1: Составление технического задания на разработку проектной документации для объектов капитального строительства, относящихся к категории уникальных.</i>	
Результаты обучения: Владеет методами составления технического задания на разработку проектной документации для объектов капитального строительства, относящихся к категории уникальных	
<i>ПК-2.2: Проверка и согласование текстовой и графической частей проектной документации для объектов капитального строительства, относящихся к категории уникальных.</i>	
Результаты обучения: Способен проверить и согласовать текстовые и графические части проектной документации для объектов капитального строительства, относящихся к категории уникальных	

<i>ПК-2.3: Выполнение технико-экономического анализа принятых решений при разработке раздела проектной документации, проверка принятых проектных решений проектной документации для объектов капитального строительства, относящихся к категории уникальных, их утверждение и оформление заключения по результатам.</i>
Результаты обучения: Умеет вести прочностные расчеты строительных конструкций на надежность с учетом разброса прочностных характеристик материалов и действующих нагрузок с использованием современных программных комплексов
<i>ПК-2.4: Контроль осуществления экспертизы проектной документации и внесения в нее изменений по результатам.</i>
Результаты обучения: Способен производить контроль экспертизы проектной документации
<i>ПК-2.5: Проверка оформленной технической документации на заданном этапе жизненного цикла объекта капитального строительства, относящегося к категории уникальных.</i>
Результаты обучения: Способен произвести проверку оформленной технической документации на заданном этапе жизненного цикла объекта капитального строительства, относящегося к категории уникальных.
<i>ПК-2.6: Выполнение проверочных расчетов железобетонных конструкций и оформление заключения по результатам.</i>
Результаты обучения: Способен произвести проверочные расчеты железобетонных конструкций
<b>ПК-4: Организация и контроль создания проектной информационной модели каркаса здания или сооружения из металлических конструкций</b>
<i>ПК-4.1: Сбор сведений о существующих и проектируемых объектах с применением металлических конструкций</i>
Результаты обучения: Владеет навыками вероятностных расчетов конструкций из металла
<i>ПК-4.2: Формирование требований к объему и составу исходных данных для создания проектной информационной модели каркаса здания и сооружения из металлических конструкций</i>
Результаты обучения:
<i>ПК-4.3: Проверка созданной информационной модели объекта капитального строительства из компонентов металлических конструкций на предмет коллизий</i>
Результаты обучения:
<i>ПК-4.4: Согласование дисциплинарной цифровой модели объекта с применением металлических конструкций с руководителями смежных разделов и с цифровой моделью объекта капитального строительства</i>
Результаты обучения:
<i>ПК-4.5: Выполнение технико-экономического анализа принятых решений при разработке дисциплинарной цифровой модели объекта с применением металлических конструкций для зданий и сооружений</i>
Результаты обучения:

#### 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ, ПРАКТИКИ)

Код занятия	Наименование разделов и тем /вид занятия/	Семестр / Курс	Часов	Форма контроля
1	<b>Раздел 1. Основная часть</b>			
1.1	Введение. /Тема/	9	0	
1.1.1	Здания и сооружения как стохастические системы. Надежность как показатель качества системы. Вероятностная концепция оценки надежности. /Лек/	9	2	
1.2	Основные понятия и теоремы теории вероятностей /Тема/	9	0	
1.2.1	Случайные события: классификация. Теоремы сложения и умножения случайных величин, следствия. Основные правила вычисления вероятностей сложных событий. Формула полной вероятности. /Лек/	9	2	
1.2.2	Основные понятия и теоремы теории вероятностей /Ср/	9	11.75	
1.3	Основные понятия теории вероятностей /Тема/	9	0	
1.3.1	Случайные величины. Статистический ряд распределения Плотность распределения. Интегральная функция распределения. Числовые (статистические) характеристики случайных величин. Нормальный закон распределения. Интеграл вероятностей. Правило трех стандартов. Статистический характер прочности. Статистическое обоснование нормативных значений прочности материала Законы распределения случайных величин. Равномерный закон распределения. Экспоненциальный закон распределения (закон Пуассона). Распределение экстремальных значений. Распределение Гумбеля (двойное экспоненциальное распределение). /Лек/	9	4	
1.3.2	Системы случайных величин. Правила линейных преобразований математических ожиданий и дисперсий. Метод вероятностных расчетов строительных конструкций. Метод статистической линеаризации для нелинейных функций. Метод статистического моделирования (Монте-Карло). Рассмотрение примера решения вероятностной задачи и получение статистических характеристик выходных параметров. /Пр/	9	12	

1.3.3	Подготовка к лекционным и практическим занятиям /Ср/	9	20	
1.4	Модели нагрузок в виде последовательности независимых случайных величин. /Тема/	9	0	
1.4.1	Плотность распределения. Функция распределения. Математическое ожидание периода повторяемости экстремальных значений нагрузок. Применение закона Гумбеля для исследования снеговых нагрузок. Нормативные снеговые нагрузки по СП 20. «Нагрузки и воздействия». Статистические данные годовых максимумов запаса воды в снеге, на примере данных метеостанции 27625 Коломна. Плотность распределения случайной величины ежегодных максимумов веса снежного покрова. Вычисление значения нормативной снеговой нагрузки $S_g$ по статистическим данным при среднем периоде ее повторяемости 25 лет. Вероятность превышения значения $S_g$ за заданный период. Практический способ оценки статистических характеристик снеговой нагрузки по нормативным данным /Лек/	9	4	
1.4.2	Плотность распределения. Функция распределения. Математическое ожидание периода повторяемости экстремальных значений нагрузок. Применение закона Гумбеля для исследования снеговых нагрузок. Нормативные снеговые нагрузки по СП 20. «Нагрузки и воздействия». Статистические данные годовых максимумов запаса воды в снеге, на примере данных метеостанции 27625 Коломна. Плотность распределения случайной величины ежегодных максимумов веса снежного покрова. Вычисление значения нормативной снеговой нагрузки $S_g$ по статистическим данным при среднем периоде ее повторяемости 25 лет. Вероятность превышения значения $S_g$ за заданный период. Практический способ оценки статистических характеристик снеговой нагрузки по нормативным данным /Пр/	9	8	
1.4.3	Подготовка к практическим и лекционным занятиям /Ср/	9	8	
1.5	Надежность конструкций и оснований. Нормы проектирования /Тема/	9	0	
1.5.1	Основные понятия теории надежности: безотказность, работоспособность, наработка, долговечность, ремонтпригодность, сохраняемость. Отказ: понятие, классификация. Надежность конструкций и нормы проектирования. Метод расчета по допускаемым напряжениям. Метод расчета железобетонных и каменных конструкций по разрушающим нагрузкам. Метод предельных состояний. Группа ПС. Положения МПС по расчету конструкций на силовые воздействия. Предельные неравенства. Основные характеристики МПС: нормативные значения прочности и нагрузок; коэффициенты надежности. Классификация сооружений по уровню ответственности. Нормативные и расчетные сопротивления бетона. Нормативные и расчетные сопротивления арматуры. Нормативные и расчетные сопротивления металлических конструкций. Основания сооружений. Основные выводы по нормативному методу предельных состояний. /Лек/	9	2	
1.5.2	Подготовка к лекционным занятиям /Ср/	9	10	
1.6	Расчет сооружений на безопасность. /Тема/	9	0	
1.6.1	Условие неразрушимости. Резерв прочности. Характеристика безопасности (индекс надежности). Статистические характеристики величины резерва прочности. Асимптотическая формула для определения вероятности разрушения по характеристике безопасности. Интегральный коэффициент запаса. Проектирование конструкций с заданным уровнем риска. Целесообразный уровень надежности (риска) конструкций. Общая структурная схема для определения надежности строительных конструкций. Еврокод EN 1990 (Основы проектирования сооружений). Основы проектирования с применением парциальных коэффициентов и анализа надежности. Целевые значения индекса надежности. Определение классов последствий разрушения. Рекомендуемые минимальные значения индекса надежности для предельных состояний по несущей способности. Сравнительный анализ расчета надежности стального растянутого стержня по Еврокоду 0 и СП 16.133330 «Стальные конструкции». /Лек/	9	2	

1.6.2	Условие неразрушимости. Резерв прочности. Характеристика безопасности (индекс надежности). Статистические характеристики величины резерва прочности. Асимптотическая формула для определения вероятности разрушения по характеристике безопасности. Интегральный коэффициент запаса. Проектирование конструкций с заданным уровнем риска. Целесообразный уровень надежности (риска) конструкций. Общая структурная схема для определения надежности строительных конструкций. Еврокод EN 1990 (Основы проектирования сооружений). Основы проектирования с применением парциальных коэффициентов и анализа надежности. Целевые значения индекса надежности. Определение классов последствий разрушения. Рекомендуемые минимальные значения индекса надежности для предельных состояний по несущей способности. Сравнительный анализ расчета надежности стального растянутого стержня по Еврокоду 0 и СП 16.133330 «Стальные конструкции». /Пр/	9	12	
1.6.3	Подготовка к практическим и лекционным занятиям /Ср/	9	10	
1.7	Характеристики случайных функций. /Тема/	10	0	
1.7.1	Математическое ожидание, Дисперсия, Корреляционная функция. Стационарные случайные функции. Спектральное разложение стационарной случайной функции на конечном участке времени. Спектр дисперсий. Примеры корреляционных функций и спектральных плотностей стационарных случайных процессов. Линейные преобразования случайных функций. Понятие оператора. Преобразование случайной функции линейным оператором. /Лек/	10	2	
1.7.2	Математическое ожидание, Дисперсия, Корреляционная функция. Стационарные случайные функции. Спектральное разложение стационарной случайной функции на конечном участке времени. Спектр дисперсий. Примеры корреляционных функций и спектральных плотностей стационарных случайных процессов. Линейные преобразования случайных функций. Понятие оператора. Преобразование случайной функции линейным оператором. /Пр/	10	6	
1.7.3	Подготовка к лекционным и практическим занятиям /Ср/	10	10	
1.8	Канонические разложения случайных функций. /Тема/	10	0	
1.8.1	Элементарные случайные функции. Статистические характеристики элементарной случайной функции. Идея метода канонических разложений. Коэффициенты канонического разложения, координатные функции. Линейные преобразования случайных функций, заданных каноническими разложениями. Пример применения канонических разложений к решению задачи колебания одномассовой системы под действием случайной нагрузки. /Лек/	10	2	
1.8.2	Элементарные случайные функции. Статистические характеристики элементарной случайной функции. Идея метода канонических разложений. Коэффициенты канонического разложения, координатные функции. Линейные преобразования случайных функций, заданных каноническими разложениями. Пример применения канонических разложений к решению задачи колебания одномассовой системы под действием случайной нагрузки. /Пр/	10	6	
1.8.3	Подготовка к практическим и лекционным занятиям /Ср/	10	6	
1.9	Надежность строительных систем при случайных перегрузках /Тема/	10	0	
1.9.1	Задачи прочности конструкций при случайных перегрузках: расчет конструкций на действие кратковременных нестационарных нагрузок с высоким уровнем интенсивности; накопление макроскопических деформаций в конструкциях, нагруженных стационарными или квазистационарными нагрузками; накопление усталостных разрушений в конструкциях, нагруженных стационарными или квазистационарными случайными силами. Выбросы случайной функции за данный уровень. Вероятность выброса в единицу времени. Среднее число выбросов процесса за уровень Q в единицу времени. Формула Райса для среднего числа выбросов в единицу времени выше уровня Q. Интенсивностью отказов. Период отказа. Полная вероятность отказа конструкции. Надежность конструкции при заданном сроке службы. /Лек/	10	2	

1.9.2	Задачи прочности конструкций при случайных перегрузках: расчет конструкций на действие кратковременных нестационарных нагрузок с высоким уровнем интенсивности; накопление макроскопических деформаций в конструкциях, нагруженных стационарными или квазистационарными нагрузками; накопление усталостных разрушений в конструкциях, нагруженных стационарными или квазистационарными случайными силами. Выбросы случайной функции за данный уровень. Вероятность выброса в единицу времени. Среднее число выбросов процесса за уровень $Q$ в единицу времени. Формула Райса для среднего числа выбросов в единицу времени выше уровня $Q$ . Интенсивностью отказов. Период отказа. Полная вероятность отказа конструкции. Надежность конструкции при заданном сроке службы. /Ср/	10	4	
1.10	Оценка надёжности и способы снижения риска обрушения строительных конструкций от сейсмических воздействий. /Тема/	10	0	
1.10.1	Общие сведения о сейсмических воздействиях. Характеристика силы землетрясения. Фазы движения грунта во время землетрясения. Характерные группы землетрясений. Способы описания землетрясения: шкала магнитуд Рихтера, шкалы интенсивности землетрясения, эмпирические зависимости, карты сейсмического районирования, микросейсморайонирование. Количественные характеристики сейсмических движений грунта. Спектры отклика. Расчетные спектры отклика. Расчетные законы колебаний грунта. Динамические модели зданий. Связь между расчетными моделями сооружений. Сейсмический расчет строительных конструкций. Сейсмическая опасность (риск). Карты ОСР-97. Собственные частоты. Количество учитываемых частот Условности спектрального метода с точки зрения вероятностной теории надежности строительных конструкций. Прямой метод вероятностного решения задачи сейсмостойкости. Вероятностная модель здания. Оценка сейсмического риска. Целесообразный уровень надежности (риска) конструкций. Особенности строительства сейсмоустойчивых зданий. Динамические характеристики зданий по данным натурных измерений. Учет влияния основания в сейсмических расчетах сооружений. Метод эквивалентных динамических характеристик. Вероятностно-оптимизационный метод оценки расчетных параметров сейсмостойких конструкций. Управление риском. /Лек/	10	6	
1.10.2	Общие сведения о сейсмических воздействиях. Характеристика силы землетрясения. Фазы движения грунта во время землетрясения. Характерные группы землетрясений. Способы описания землетрясения: шкала магнитуд Рихтера, шкалы интенсивности землетрясения, эмпирические зависимости, карты сейсмического районирования, микросейсморайонирование. Количественные характеристики сейсмических движений грунта. Спектры отклика. Расчетные спектры отклика. Расчетные законы колебаний грунта. Динамические модели зданий. Связь между расчетными моделями сооружений. Сейсмический расчет строительных конструкций. Сейсмическая опасность (риск). Карты ОСР-97. Собственные частоты. Количество учитываемых частот Условности спектрального метода с точки зрения вероятностной теории надежности строительных конструкций. Прямой метод вероятностного решения задачи сейсмостойкости. Вероятностная модель здания. Оценка сейсмического риска. Целесообразный уровень надежности (риска) конструкций. Особенности строительства сейсмоустойчивых зданий. Динамические характеристики зданий по данным натурных измерений. Учет влияния основания в сейсмических расчетах сооружений. Метод эквивалентных динамических характеристик. Вероятностно-оптимизационный метод оценки расчетных параметров сейсмостойких конструкций. Управление риском. /Пр/	10	20	
1.10.3	Подготовка к практическим и лекционным занятиям /Ср/	10	4	

1.11	Оценка остаточного ресурса несущих конструкций на примере покрытия эксплуатируемого промышленного здания /Тема/	10	0	
1.11.1	Краткая характеристика объекта. Этапы обследования. Классификация повреждений. Построение функций снижения резерва прочности и индекса надежности для стропильных и подстропильных ферм во времени. Оценка долговечности. Гамма-ресурс. Полный технический ресурс. Значения гамма-ресурса при заданном индексе надежности. Исследование надежности несущих конструкций покрытия промздания как сложной системы. Полная вероятность отказа ферм покрытия как сложной системы за время эксплуатации. /Лек/	10	4	
2	<b>Раздел 2. Аппестация</b>			
2.1	Зачет /Тема/	9	0	
2.1.1	Контактная работа ППС /КоРа/	9	0.25	
2.1.2	Подготовка к зачету /Зачёт/	9	8.75	
2.2	Экзамен /Тема/	10	0	
2.2.1	Контактная работа ППС /КоРа/	10	0.35	
2.2.2	Экзамен /Экзамен/	10	35.65	

Примечание. Формы контроля: Эк – экзамен, К- контрольная работа, Ко- контрольный опрос, Сз- семестровое задание, З-зачет, ОП -отчет по практике, Зд-задание, Р-реферат.

## 5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Оценочные средства планируемых результатов обучения представлены в виде фондов оценочных средств (ФОС), разработанных в соответствии с локальным нормативным актом университета. ФОС может быть представлен в Приложении к рабочей программе.

Критерии и шкала оценивания по оценочному средству «Курсовая работа».

Шкала оценивания (интервал баллов) и критерии оценивания

Отлично (31-40) Курсовая работа выполнена на высоком уровне (расчет выполнен без ошибок, ответы на 90-100% вопросов, задаваемых в процессе защиты, правильные)

Хорошо (21-30) Курсовая работа выполнена на хорошем уровне (имеются незначительные замечания, ответы на 75-90% вопросов, задаваемых в процессе защиты, правильные)

Удовлетворительно (10-20) Курсовая работа выполнена на удовлетворительном уровне (работа в целом соответствует предъявляемым требованиям, но имеются замечания, ответы на вопросы, задаваемые в процессе защиты, правильные в 65-75% случаев)

Неудовлетворительно (0-9) Курсовая работа выполнена на неудовлетворительном уровне (работа отсутствует, выполнена с принципиальными отклонениями от предъявляемых требований, имеются серьезные ошибки, ответы на вопросы, задаваемые в процессе защиты, правильные менее, чем в 65 %)

Критерии и шкала оценивания по оценочному средству «Практические занятия»

Шкала оценивания (интервал баллов) и критерии оценивания

Отлично (8 – 10) Материал практических занятий усвоен на высоком уровне, соблюдена последовательность освещения всех пунктов перечня, пройденных тем (ответы на 80-100% правильные)

Хорошо (5- 7) Материал практических занятий усвоен на хорошем уровне, соблюдена последовательность освещения всех пунктов перечня, пройденных тем, имеются незначительные замечания (ответы на 70-79 % правильные)

Удовлетворительно

(1 – 4) Материал практических занятий усвоен на удовлетворительном уровне, не соблюдена последовательность освещения всех пунктов перечня, пройденных тем, имеются замечания (ответы на 50 -69 % правильные)

Неудовлетворительно

0 Материал практических занятий усвоен на неудовлетворительном уровне, с принципиальными отклонениями от предъявляемых требований, имеются серьезные ошибки (ответы правильные менее, чем на 50 %)

Критерии и шкала оценивания по итоговому оценочному средству «Экзамен»

Шкала оценивания (интервал баллов) и критерии оценивания

Отлично (41-50) Продемонстрировано уверенное владение материалом теоретического курса, студент разбирается в категорийном аппарате дисциплины, владеет научными терминами, может их использовать в ответе, показывает глубину знаний, критерий отражен полностью.

Ответы на экзаменационные вопросы выполнены на высоком уровне (ответы на 90-100% правильные).

Хорошо (31-40) Продемонстрировано хорошее владение материалом теоретического курса, студент разбирается в категорийном аппарате дисциплины, владеет научными терминами, может их использовать в ответе, показывает глубину знаний, критерий отражен частично.

Ответы на экзаменационные вопросы выполнены на хорошем уровне (ответы на 70-89 % правильные)

Удовлетворительно

(21-30) Удовлетворительное владение материалом теоретического курса, студент имеет общее представление о тематике дисциплины, умеет различать и пояснять основные понятия. В категорийном аппарате дисциплины разбирается слабо.

Ответы на экзаменационные вопросы выполнены на удовлетворительном уровне (ответы на 50 -69 % правильные)

Неудовлетворительно

(0-20) Ответ студента демонстрирует слабые знания теоретического курса или полное их отсутствие.



Ответы на экзаменационные вопросы выполнены на неудовлетворительном уровне (ответы правильные менее, чем на 50 %)

Расчетно-графическая работа 1 включает в себя следующие основные расчеты:

1. «СТАТИСТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПРОЧНОСТИ БЕТОНА»

По результатам испытаний прочности бетона на сжатие построить:

1. Статистический ряд распределения;
2. Гистограмму плотности распределения;
3. Гистограмму функции распределения;
4. Математическое ожидание (марочную прочность), дисперсию, стандарт, коэффициент вариации для данной выборки;
5. Класс бетона (нормативную кубиковую прочность).

2. ПРИМЕНЕНИЕ ЗАКОНА ГУМБЕЛЯ  
ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ СНЕГОВЫХ НАГРУЗОК

По данным одной из метеостанций Росгидромета многолетних мар-штурных снегосъемок о запасах воды в снеговом покрове определить нормативное значение снеговой нагрузки:

1. Построить таблицу годовых максимумов запаса воды в снеге.
2. Вычислить статистические характеристики годовых максимумов: математическое ожидание, дисперсию, стандарт, коэффициент вариации.
3. Определить параметры закона Гумбеля.
4. Построить графики плотности распределения и функция распределения случайной величины ежегодных максимумов веса снежного покрова.
5. Найти обеспеченность снеговой нагрузки при среднем периоде ее повторяемости 50 лет ( $S_{g,50}$ )
6. По картам СП определить номер снегового района заданной метеостанции и соответствующую ему нормативную снеговую нагрузку  $S_{gn}$ .
7. Вычислить фактическую нормативную снеговую нагрузку для заданной метеостанции  $S_{g,50}$  и  $S_g$ .
8. Найти обеспеченность значений нормативной снеговой нагрузки  $S_g$  и  $S_{gn}$ .
9. Найти вероятность того, что наибольшая снеговая нагрузка на поверхности земли в рассматриваемом районе за период 50 лет превысит значение, равное  $S_g$ .

3. «РАСЧЕТ ПРЯМОУГОЛЬНОГО ЖЕЛЕЗОБЕТОННОГО СЕЧЕНИЯ НА БЕЗОПАСНОСТЬ»

1. Требуется рассчитать несущую способность прямоугольного железобетонного сечения с одиночной арматурой тремя методами:

- предельных состояний (по нормам);
- статистической линеаризации (прямой вероятностный расчет);
- статистических испытаний (Монте-Карло).

Сравнить полученные результаты.

2. определить характеристику безопасности (индекс надежности)  $\square$ , вероятность безотказной работы  $P(S>0)$ , вероятность разрушения  $V=P(S<0)$ , интегральный коэффициент запаса .
3. Определить расчетные характеристики нагрузочного фактора и несущей способности сечения при заданном уровне безопасности  $\square=3,0$ .

Варианты задания размещены в файловом хранилище кафедры СКОиНС

Расчетно-графическая работа 2 включает в себя следующие основные расчеты:

Расчет надежности водонапорной башни на действие сейсмических нагрузок

Цель работы:

Провести расчет сейсмической надежности водонапорной металлической башни (рис.1,а), высотой  $H=20,5$  м, которая строится в районе с сейсмичностью  $s$  баллов (по заданию). Вес бака с водой и вес утепляющей конструкции равны 14,6 т. Вес металлоконструкций башни 4 т.

Категория грунта основания (по заданию).

В качестве расчетной схемы сооружения принимается система с одной степенью свободы, при этом массу будем считать сосредоточенной наверху, на уровне центра тяжести бака. Принимаем, что вес башни равномерно распределен по высоте и ее деформация близка к деформации изгибаемой консольной балки.

Варианты задания размещены в файловом хранилище кафедры СКОиНС

Задание:

1. Вычислить динамических характеристик системы
2. Провести расчет по нормативной методике:
  - a. Определить коэффициента динамичности
  - b. Вычислить инерционную расчетную сейсмическую нагрузку
3. Провести вероятностный расчет системы:
  - a. Определить статистические характеристики (дисперсию, спектральную плотность) случайной функции сейсмического ускорения грунтового основания. Построить график спектральной плотности.
  - b. Найти статистические характеристики перемещения массы системы (спектральную плотность, дисперсию,

стандарт, коэффициент динамичности)

- c. Вычислить математическое ожидание, дисперсию и стандарт инерционной нагрузки
4. . Вычислить вероятность разрушения и ожидаемый срок службы сооружения
- a. Вычислить эффективный период и эффективную частоту изменения функции перемещения
- b. Определить среднее число выбросов функции прогиба за заданный уровень
- c. Вычислить условную вероятность отказа (степень уязвимости сооружения)
- d. С учетом сейсмической опасности территории вычислить полный сейсмический риск (сейсмическую надежность) сооружения за период его эксплуатации 50 лет.
- e. Построить график полной функции надежности.
- f. Найти целесообразный уровень надежности

Исходные данные для расчета и все необходимые требования к выполнению работы приведены в указаниях по выполнению расчетно-графической работы: Практические занятия по дисциплине «Вероятностные методы в строительной механике и теории надежности» в Файловом хранилище кафедры СКОиНС.

Нормативный срок выполнения расчетно-графической работы №1 – 8 недель с момента получения задания. Контрольный срок сдачи – вторая неделя декабря.

Защита расчетно-графической работы проводится устно, в виде собеседования.

Примерный перечень вопросов для самоподготовки к защите расчетно-графической работы 1:

1. Какова цель работы?
2. Как построить статистический ряд распределения?
3. Что такое плотность и функция распределения?
4. Перечислите основные статистические характеристики случайной величины и дайте их определение.
5. Правило трех стандартов.
6. Что такое обеспеченность прочности материала и нагрузки?
7. Каковы численные значения обеспеченности для нормативных значений прочности бетона, стали, нагрузок на сооружение?
8. Как определяется класс бетона по выборочным данным прочности?
9. К какому снеговому району согласно СП 20.13320.2011 «Нагрузки и воздействия» относится заданная метеостанция и населенный пункт?
10. Как по данным статистики величины запаса воды в снежном покрове за 1960-2012 гг формируется последовательность годовых максимумов?
11. Каково соотношение между весом снежного покрова на поверхности земли и величиной запаса воды в снежном покрове?
12. Какой закон распределения используется для описания годовых максимумов снеговой нагрузки на поверхности земли?
13. Как находятся параметры закона Гумбеля по имеющейся выборке годовых максимумов?
14. Какое значение снеговой нагрузки принимается за нормативную?
15. Как, используя функцию распределения, найти нормативную нагрузку  $S_g$  ?
16. Как находится обеспеченность нормативной снеговой нагрузки  $S_q$  ?
17. Что означает «обеспеченность нагрузки»?
18. Как находится расчетная снеговая нагрузка согласно СП 20.13320.2011 «Нагрузки и воздействия»?
19. Какая из нагрузок – нормативная или расчетная имеет большее значение (большую обеспеченность) и с чем это связано?
20. Насколько совпадают значения нормативной снеговой нагрузки, полученной прямым вероятностным расчетом и по таблице снеговых СП 20.13320.2011 «Нагрузки и воздействия» для рассматриваемого района. Если есть отличия, поясните их причину.
21. Сущность метода статистической линеаризации.
22. Алгоритм применения метода Монте-Карло для вероятностного расчета конструкций.
23. Что такое индекс надежности и как он связан с вероятностью безотказной работы конструкции и вероятностью разрушения?
24. Что такое интегральный коэффициент запаса?
25. Как определить расчетные характеристики конструкции с заданным уровнем надежности?

Нормативный срок выполнения расчетно-графической работы №2 – 8 недель с момента получения задания. Контрольный срок сдачи – вторая неделя мая.

Защита расчетно-графической работы проводится устно, в виде собеседования.

Примерный перечень вопросов для самоподготовки к защите расчетно-графической работы 2:

1. Какова цель работы?
2. Как формируется расчетная схема (динамическая модель) водонапорной металлической башни?
3. Какая принимается расчетная модель основания?
4. Какие параметры характеризуют динамические характеристики рассматриваемой одномассовой системы?
5. Опишите алгоритм расчета системы по нормативному методу.
6. Что такое коэффициент динамичности?
7. Как находится инерционная нагрузка?
8. Как находятся статистические характеристики случайной функции сейсмического ускорения грунтового основания?
9. Как находятся статистические характеристики перемещения массы системы

10. Что такое спектральная плотность случайного процесса? Что она характеризует?
11. Как вычислить математическое ожидание, дисперсию и стандарт инерционной нагрузки без учета и с учетом податливости основания?
12. Как отличаются статистические характеристики перемещения массы системы (стандарт, коэффициент динамичности) без учета и с учетом податливости основания?
13. Что характеризуют эффективный период и эффективную частоту изменения функции перемещения?
14. Как найти среднее число выбросов функции прогиба за заданный уровень?
15. Что такое «условная вероятность отказа (условный риск)?»
16. Как найти полную вероятность отказа?
17. Из каких условий определяется целесообразный уровень надежности?

### 3.3. Экзамен

Промежуточная аттестация по дисциплине – экзамен – проводится письменно в виде письменных ответов на вопросы. Экзаменационный билет включает 3 вопроса: по одному из разделов «Вероятностные методы строительной механики», «Теория надежности», «Статистическая теория сейсмостойкости». Время подготовки – 90 минут.

Примерный перечень вопросов для подготовки к экзамену:

1. Основные положения метода расчета строительных конструкций и оснований по предельным состояниям.
2. Расчет строительных конструкций и оснований по I группе ПК.
3. Расчет строительных конструкций и оснований по деформациям (II группа ПК).
4. Нормативные и расчетные сопротивления стали
5. Нормативные и расчетные сопротивления арматуры.
6. Нормативные и расчетные значения нагрузок и воздействий.
7. Статистические характеристики прочности бетона и арматуры. Закон распределения прочности. Правило трех стандартов. Нормативная прочность.
8. Применение нормального закона распределения для статистического описания прочности материалов и грунтов.
9. Расчетные сопротивления бетона для предельных состояний первой и второй групп.
10. Уровни ответственности зданий и сооружений и соответствующие им коэффициенты надежности по назначению.
11. Коэффициенты надежности по материалу, по нагрузкам, коэффициент точности, коэффициент условий работы.
12. Предельные состояния I и II групп для оснований. Перечислить, в каких случаях производится расчет оснований по несущей способности.
13. Пути дальнейшего совершенствования метода предельных состояний.
14. Модели постоянной, полезной ветровой, снеговой, сейсмической нагрузок на здания и сооружения.
15. Распределение экстремальных значений. Основные понятия.
16. Случайные величины: дискретные и непрерывные. Генеральная совокупность, выборка, выборочные значения.
17. Последовательность независимых случайных величин.
18. Функция и плотность распределения случайной величины.
19. Применение закона Гумбеля для определения нормативной снеговой нагрузки.
20. Статистический ряд распределения случайной величины. Гистограмма, закон распределения. Нормальный закон распределения.
21. Применение закона Пуассона в теории надежности для оценки вероятности появления редких событий.
22. Нормальный закон распределения.
23. Экспоненциальный закон распределения
24. Закон распределения Гумбеля.
25. Числовые характеристики статистических рядов: математическое ожидание, дисперсия, стандарт, коэффициент вариации.
26. Системы случайных величин. Числовые характеристики системы случайных величин.
27. Правила линейных преобразований случайных величин.
28. Функции случайных величин. Метод статистической линеаризации. Общие принципы вероятностного расчета строительных конструкций.
29. Метод статистического моделирования.
30. Правила преобразования математических ожиданий и дисперсий для линейных функций.
31. Основные понятия теории надежности: надежность, безотказность, работоспособность, долговечность, ремонтопригодность, сохраняемость.
32. Расчет сооружений на безопасность. Резерв прочности. Обобщенная прочность и обобщенная нагрузка. Характеристика безопасности.
33. Проектирование конструкций с заданным уровнем надежности (риска). Целесообразный уровень надежности.
34. Характеристики случайных функций: математическое ожидание, дисперсия, корреляционная функция, спектральная плотность.
35. Корреляционная функция случайного процесса как характеристика взаимосвязи между его сечениями.
36. Метод канонических разложений.
37. Динамические модели зданий и сооружений
38. Наиболее известные шкалы землетрясений.
39. Способы генерирования акселерограмм.
40. Фоновая сейсмичность 7 баллов, грунт глинистый II категории по сейсмическим свойствам, уровень грунтовых

- вод 3 м. Какова расчетная сейсмичность площадки?
41. Правила учета числа собственных форм колебаний для динамических моделей консольно-маятникового типа и МКЭ.
42. Роль коэффициента  $K_1$  в формуле для инерционной нагрузки. Используется ли этот коэффициент при расчете сооружения на МРЗ?
43. Как учитывается жесткость основания для консольно-маятниковой модели сооружения?
44. Как учитывается жесткость основания для модели сооружения в виде МКЭ?
45. Линейная модель основания при расчете сооружений на сейсмо-стойкость. Характеристики жесткости основания.
46. Фоновая сейсмичность района 8 баллов, категория грунта строительной площадки по сейсмическим свойствам – I, объект строительства – жилое 16-этажное здание. Какова величина риска превышения расчетной сейсмической нагрузки за 50-летний период эксплуатации здания?
47. Фоновая сейсмичность района 7 баллов, категория грунта строительной площадки по сейсмическим свойствам – II, объект строительства – 4-этажное здание школы. Какова величина риска превышения расчетной сейсмической нагрузки за 50-летний период эксплуатации здания?
48. Фоновая сейсмичность района 7 баллов, категория грунта строительной площадки по сейсмическим свойствам – III, объект строительства – одноэтажное промышленное здание по производству железобетонных конструкций. Какова величина риска превышения расчетной сейсмической нагрузки за 50-летний период эксплуатации здания?
49. Что включает в себя понятие полного сейсмического риска? Как находятся составляющие его компоненты?
50. Преимущества вероятностного описания сейсмической нагрузки по сравнению с использованием реальной или синтетической акселеро-граммы.
51. Моделирование сейсмической нагрузки методом канонических разложений.
52. Способы описания землетрясения.
53. Моделирование сейсмического ускорения грунта в виде стационарного случайного процесса. Статистические характеристики процесса.
54. Описание линейно-спектрального метода, его преимущества и недостатки.
55. Что такое спектр отклика. Нормативный спектр отклика.
56. Статистические характеристики сейсмического ускорения грунтового основания как стационарного процесса.
57. Спектральная плотность случайного процесса, ее связь с корреляционной функцией. Отличительная особенность процессов с узкополосной и широкополосной спектральными плотностями.
58. Как определяется сейсмичность площадки строительства при отсутствии карт сейсмического микрорайонирования?
59. Карты сейсмического районирования ОСР-97. Карты А, В и С, их отличия, в каких случаях применяется каждая карта?
60. Конструктивные особенности сейсмоустойчивых зданий: предпочтительные формы, характер распределения масс в плане и по высоте, мероприятия для снижения нагрузки на сложные в плане здания.
61. Что такое динамические характеристики здания и как они определяются натурными экспериментами?
62. Правила учета числа собственных форм колебаний для динамических моделей консольно-маятникового типа и МКЭ.
63. Как учитывается жесткость основания для консольно-маятниковой модели сооружения?
64. Как учитывается жесткость основания для модели сооружения в виде МКЭ?

## 6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ, ПРАКТИКИ)

### 6.1. Рекомендуемая литература

	Авторы, составители	Заглавие	Издательство,	Электронный адрес
ЛП.1	Добромыслов	Оценка надежности зданий и сооружений по внешним признакам: справ. пособие	М.: АСВ, 2008	
ЛП.2	Белоусов, Кулешова, Чураков, Пшеничкина	Надежность зданий как пространственных составных систем при сейсмических воздействиях	Волгоград: Изд-во ВолгГАСУ, 2010	
ЛП.3	Масленников А. М.	Динамика и устойчивость сооружений: учеб. и практикум для вузов	Москва: Юрайт, 2020	
ЛП.4	Пшеничкина В. А., Воронкова Г. В., Дроздов В. В., Рекунов С. С., Сухина К. Н., Чураков А. А.	Вероятностные методы строительной механики и теория надежности строительных конструкций: учеб. пособие : в 2-х ч.	Волгоград: Изд-во ВолгГТУ, 2021	

### 6.3 Перечень программного обеспечения

6.3.1.1	СДО "Moodle"
6.3.1.2	Windows
6.3.1.3	Adobe Acrobat Reader DC
6.3.1.4	LibreOffice

### 6.4 Перечень информационных справочных систем и электронных библиотечных систем (ЭБС)

6.3.2.1	Библиотека (НТБ)
6.3.2.2	ЭБС "Лань"
6.3.2.3	ЭБС "Book.ru"
6.3.2.4	Электронный каталог ИБЦ ВолгГТУ
6.3.2.5	Электронный каталог ИБЦ ИАиС
6.3.2.6	Справочная правовая система КонсультантПлюс

#### **7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ, ПРАКТИКИ) /ОБОРУДОВАНИЕ**

7.1	Мультимедийная учебная аудитория для проведения занятий лекционного и семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации. /Учебная доска, учебная мебель, интерактивная трибуна, видеопроектор.
7.2	Лаборатория информационных технологий. /Учебная мебель, компьютерная техника, оснащенная программным обеспечением, доступом в Интернет и в электронную информационно-образовательную среду университета
7.3	Аудитория для самостоятельной работы обучающихся./Учебная мебель, компьютерная техника с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета (читальный зал информационно-библиотечного центра)

#### **8. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ, ПРАКТИКИ)**

Организация образовательного процесса по данной дисциплине регламентируется учебным планом и расписанием учебных занятий. При формировании своей индивидуальной образовательной траектории обучающийся имеет право на перезачет дисциплины (переаттестации ее части), если она была освоена в процессе предшествующего обучения. Перезачёт (переаттестации ее части)освобождает обучающегося от необходимости повторного освоения дисциплины (полностью или частично).

Учебный процесс при преподавании курса основывается на использовании традиционных, инновационных и информационных образовательных технологий. Традиционные образовательные технологии представлены лекциями и практическими занятиями. Инновационные образовательные технологии используются в виде широкого применения активных и интерактивных форм проведения занятий. Информационные образовательные технологии реализуются путем активизации самостоятельной работы студентов в электронной информационной образовательной среде.

Лекционный курс предполагает систематизированное изложение основных вопросов учебного плана. На первой лекции лектор информирует студентов о рекомендуемой литературе и электронных источниках информации по дисциплине, с указанием, какой учебник (учебное пособие) является базовым.

Практические занятия представляют собой детализацию лекционного теоретического материала, проводятся в целях закрепления курса и охватывают основные разделы дисциплины.

Основной формой проведения практических занятий является решение конкретных задач, аналогичные которым, будут предложены студентам для выполнения курсовой работы.

Самостоятельная работа студентов включает изучение законспектированного на лекционных занятиях материала, дополнение его с учетом рекомендованной по данной теме литературы, самостоятельную подготовку к практическим занятиям, самостоятельное выполнение и оформление заданий курсовой работы, аналогичных выполненным на занятиях.

Перечень методических указаний для освоения дисциплины представлен в таблице 6.1.3

В течении семестра для студентов проводятся групповые текущие консультации по учебной дисциплине, а также консультация перед экзаменом.

Методические рекомендации по обучению лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

Профессорско-педагогический состав знакомится с психолого-физиологическими особенностями обучающихся инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья (ОВЗ), индивидуальными программами реабилитации инвалидов (при наличии). При необходимости осуществляется дополнительная поддержка преподавания тьюторами, психологами, социальными работниками, прошедшими подготовку ассистентами.

В соответствии с методическими рекомендациями Минобрнауки РФ (утв. 8 апреля 2014 г. N АК-44/05вн), в курсе предполагается использовать социально-активные и рефлексивные методы обучения, технологии социокультурной реабилитации с целью оказания помощи в установлении полноценных межличностных отношений с другими студентами, создании комфортного психологического климата в студенческой группе. Подбор и разработка учебных материалов производится с учетом предоставления материала в различных формах: аудиальной, визуальной, с использованием специальных технических средств и информационных систем.

Освоение дисциплины лицами с ОВЗ осуществляется с использованием средств обучения общего и специального назначения (персонального и коллективного использования). Материально-техническое обеспечение предусматривает приспособление аудиторий к нуждам лиц с ОВЗ (при необходимости).

Форма проведения аттестации для студентов-инвалидов устанавливается с учетом индивидуальных психофизических особенностей. Для студентов с ОВЗ предусматривается доступная форма предоставления заданий оценочных средств. Студентам с инвалидностью увеличивается время на подготовку ответов на контрольные вопросы. Для таких студентов предусматривается доступная форма предоставления ответов на задания.

При необходимости для обучающихся с инвалидностью процедура оценивания результатов обучения может проводиться в несколько этапов