

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования

«Владимирский государственный университет  
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»  
(ВлГУ)

Институт архитектуры, строительства и энергетики

УТВЕРЖДАЮ

Директор института



Авдеев С.Н.

2021 г.

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Численное моделирование строительных конструкций,

зданий и сооружений

(наименование дисциплины)

**направление подготовки / специальность**

**08.03.01 Строительство**

(код и наименование направления подготовки (специальности))

**направленность (профиль) подготовки**

**«Промышленное и гражданское строительство»**

(направленность (профиль) подготовки)

г. Владимир

2021 год

## 1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель освоения дисциплины «Численное моделирование строительных конструкций, зданий и сооружений» – формирование профессиональных знаний в области расчета и моделирования реальной работы элементов, узлов, конструкций, зданий и сооружений в целом с привлечением современных расчетных программных комплексов.

Достижение названных целей предполагает решение следующих задач:

- изучение основ метода конечных элементов;
- изучение основ моделирования элементов конструкций с использованием стержневых, пластинчатых и объемных конечных элементов;
- изучение особенностей моделирования грунтовых условий;
- изучение компоновки конструктивной схемы каркаса;
- изучение особенностей моделирования статических и динамических нагрузок.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина «*Численное моделирование строительных конструкций, зданий и сооружений*» относится к вариативной части.

## 3. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения ОПОП (компетенциями и индикаторами достижения компетенций):

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине, в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства
	Индикатор достижения компетенции (код, содержание индикатора)	Результаты обучения по дисциплине	
<b>ПК-1</b> Способность выполнять работы по проектированию зданий и сооружений промышленного и гражданского назначения	<p>ПК-1.1. Знает назначение основных параметров строительной конструкции здания (сооружения) промышленного и гражданского назначения;</p> <p>ПК-1.2. Умеет производить выбор нормативно-технических документов, устанавливающих требования к зданиям (сооружениям) промышленного и гражданского назначения;</p> <p>ПК-1.3. Владеет навыками подготовки технического задания на разработку раздела проектной документации здания (сооружения) промышленного и гражданского назначения;</p> <p>ПК-1.4. Умеет производить определение основных параметров объемно-планировочного решения здания (сооружения) промышленного и гражданского назначения в соответствии с нормативно-техническими документами, техническим заданием;</p> <p>ПК-1.5. Умеет производить выбор варианта конструктивного решения зда-</p>	<p>Знает:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- принципы проектирования металлических, деревянных железобетонных и каменных конструкций;</li> <li>- нормативную базу проектирования в строительстве</li> <li>- виды интеллектуальных систем, применяемых при проектировании объектов строительства.</li> </ul> <p>Умеет:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- производить выбор нормативно-технических документов, устанавливающих требования к зданиям и сооружениям промышленного и гражданского назначения;</li> <li>- производить определение основных параметров объемно-планировочного решения здания (сооружения) промышленного и гражданского назначения в соответствии с нормативно-техническими</li> </ul>	Тестовые вопросы

	<p>ния промышленного и гражданского назначения в соответствии с техническим заданием;</p> <p>ПК-1.6. Умеет производить выбор исходной информации для проектирования здания промышленного и гражданского назначения;</p> <p>ПК-1.7. Умеет производить корректировку основных параметров по результатам расчётного обоснования строительной конструкции здания (сооружения) промышленного и гражданского назначения;</p> <p>ПК-1.8. Умеет выполнять оформление текстовой и графической части проекта здания (сооружения) промышленного и гражданского назначения;</p> <p>ПК-1.9. Владеет навыками по представлению и защите результатов работ по архитектурно-строительному проектированию здания (сооружения) промышленного и гражданского назначения.</p>	<p>документами, техническим заданием;</p> <p>- производить выбор исходной информации для проектирования здания промышленного и гражданского назначения, анализировать и корректировать её.</p> <p>Владеет:</p> <p>- навыками выполнения работы по проектированию зданий и сооружений промышленного и гражданского назначения и оформлению материалов проектной документации.</p>	
<p><b>ПК-2</b> Способность выполнять обоснование проектных решений зданий и сооружений промышленного и гражданского назначения</p>	<p>ПК-2.1. Знает методы расчётов строительной конструкции, здания (сооружения), основания по первой, второй группам предельных состояний;</p> <p>ПК-2.2. Умеет производить выбор нормативно-технических документов, устанавливающих требования к расчётному обоснованию проектного решения здания (сооружения) промышленного и гражданского назначения;</p> <p>ПК-2.3. Умеет производить сбор нагрузок и воздействий на здание (сооружение) промышленного и гражданского назначения;</p> <p>ПК-2.4. Умеет производить выбор методики расчётного обоснования проектного решения конструкции здания (сооружения) промышленного и гражданского назначения;</p> <p>ПК-2.5. Умеет производить выбор параметров расчётной схемы здания (сооружения), строительной конструкции здания (сооружения) промышленного и гражданского назначения;</p> <p>ПК-2.6. Умеет производить выбор исходной информации и нормативно-технических документов для выполнения расчётного обоснования проектных решений здания (сооружения) промышленного и гражданского</p>	<p>Знает:</p> <p>- методические аспекты подготовки отчетов по результатам расчета узлов, строительных конструкций, зданий и сооружений в целом;</p> <p>- методы расчётов строительных конструкций, зданий и сооружений по первой и второй группам предельных состояний;</p> <p>- принципы разработки и реализации алгоритмов для решения задач строительства с применением средств вычислительной техники.</p> <p>Умеет:</p> <p>- производить выбор нормативно-технических документов, устанавливающих требования к расчётному обоснованию проектного решения здания (сооружения) промышленного и гражданского назначения;</p> <p>- планировать процесс моделирования и вычислительного эксперимента, выбирать методику расчётного обоснования проектного решения;</p> <p>- выполнять сбор нагрузок, построение численной модели (расчётной схемы), экспертизу модели, анализировать полученные результаты.</p> <p>Владеет:</p> <p>- навыками контроля соответствия разрабатываемых проектов и техни-</p>	<p>Тестовые вопросы</p>

	назначения; ПК-2.7. Владеет навыками конструирования и графическому оформлению проектной документации на строительную конструкцию.	ческой документации заданию, стандартам, техническим условиям и другим нормативным документам. - технологией проектирования и расчета строительных конструкций в соответствии с техническим заданием с использованием универсальных и специализированных программно-вычислительных комплексов, и систем автоматизированного проектирования.	
--	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--

#### 4. ОБЪЁМ И СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

Трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единицы, 144 часа.

##### Тематический план форма обучения – очная

№ п/п	Наименование тем и/или разделов/тем дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Контактная работа обучающихся с педагогическим работником				Самостоятельная работа	Формы текущего контроля успеваемости, форма промежуточной аттестации (по семестрам)
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	в форме практической подготовки		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Тема 1. Основные положения. Анализ актуальных проблем строительной механики и теории упругости. Понятие об информационном моделировании, автоматизация выпуска проектной документации. Понятие о математической и компьютерной моделях.	7	1-2		4	-	1	2	
2	Тема 2. Современные программные комплексы для численного моделирования строительных конструкций, зданий и сооружений.	7	3-4	4		-	1	2	
3	Тема 3. Принципы реализации законов строительной механики и теории упругости в численных методах решения задач строительства с применением средств вычислительной техники.	7	5-6	2	2	-	1	4	рейтинг-контроль №1
4	Тема 4. Применимость расчетных схем к моделированию реальных зданий и сооружений.	7	7-8	2	2	-	1	4	
5	Тема 5. Моделирование стержневых систем.	7	9-10	2	2	-	1	2	

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
6	Тема 6. Особенности моделирования двумерных и объёмных тел.	7	11-12	2	2	-	1	4	рейтинг-контроль №2
7	Тема 7. Дифференциальные и вариационно-разностные формулировки задач строительной механики и теории упругости. Метод конечных элементов.	7	13-14	2	2	-	1	6	
8	Тема 8. Принципы построения расчетных программных комплексов на основе метода конечных элементов.	7	15-16	2	2	-	1	6	
9	Тема 9. Геометрическая и физическая нелинейность элементов строительных конструкций.	7	17-18	2	2	-	1	6	рейтинг-контроль №3
<b>Итого по 7 семестру</b>				<b>18</b>	<b>18</b>	<b>-</b>		<b>36</b>	<b>Зачёт с оценкой</b>
10	Тема 10. Планирование процесса моделирования и численного эксперимента.	8	1	2	1		0,5	2	
11	Тема 11. Обработка результатов численного эксперимента. Сходимость данных, погрешности вычислений и способы их устранения. Разработка программного средства для обработки экспериментальных данных.	8	2	2	1		0,5	1	
12	Тема 12. Расчет плитно-стержневых систем на жестких и упругих связях на статические и динамические воздействия.	8	3	2	4		2	1	
13	Тема 13. Расчет плитных фундаментов и пространственных фундаментных платформ на упругом основании.	8	4	2	4		2	1	рейтинг-контроль №1
14	Тема 14. Расчет антенно-мачтовых сооружений на ветровые воздействия.	8	5	2	6		3	1	
15	Тема 15. Особенности расчета зданий и сооружений при прогрессирующем обрушении и аварийных нагрузках.	8	6	2	6		3	2	
16	Тема 16. Особенности расчета зданий и сооружений в сейсмоопасных районах	8	7	2	6		3	1	рейтинг-контроль №2
17	Тема 17. Особенности расчета высотных сооружений в стадии монтажа и эксплуатации.	8	8	2	4		2	1	
18	Тема 18. Взаимная интеграция графических систем автоматизированного проектирования и расчетных программных комплексов.	8	9	2	4		2	1	
19	Тема 19. Особенности расчета строительных конструкций из нетрадиционных и перспективных строительных материалов.	8	10	2	4		2	1	рейтинг-контроль №3
<b>Итого по 8 семестру</b>				<b>20</b>	<b>40</b>	<b>-</b>		<b>12</b>	<b>Зачёт с оценкой</b>
<b>Наличие в дисциплине КП/КР:</b>						<b>-</b>			
<b>Итого по дисциплине:</b>				<b>38</b>	<b>58</b>	<b>-</b>		<b>48</b>	<b>Зачёт с оценкой, Зачёт с оценкой</b>

**Тематический план  
форма обучения – очно-заочная**

№ п/п	Наименование тем и/или разделов/тем дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Контактная работа обучающихся с педагогическим работником				Самостоятельная работа	Формы текущего контроля успеваемости, форма промежуточной аттестации (по семестрам)
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	в форме практической подготовки		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Тема 1. Основные положения. Анализ актуальных проблем строительной механики и теории упругости. Понятие об информационном моделировании, автоматизация выпуска проектной документации. Понятие о математической и компьютерной моделях.	9	20		4	-	4	4	
2	Тема 2. Современные программные комплексы для численного моделирования строительных конструкций, зданий и сооружений.	9	20		1	-	0,5	4	
3	Тема 3. Принципы реализации законов строительной механики и теории упругости в численных методах решения задач строительства с применением средств вычислительной техники.	9	20		1	-	0,5	6	
4	Тема 4. Применимость расчетных схем к моделированию реальных зданий и сооружений.	9	20		1	-	0,5	6	рейтинг-контроль №1
5	Тема 5. Моделирование стержневых систем.	9	21		1	-	1	6	
6	Тема 6. Особенности моделирования двумерных и объёмных тел.	9	21		1	-	1	8	
7	Тема 7. Дифференциальные и вариационно-разностные формулировки задач строительной механики и теории упругости. Метод конечных элементов.	9	21-22		1	-	1	8	рейтинг-контроль №2
8	Тема 8. Принципы построения расчетных программных комплексов на основе метода конечных элементов.	9	22		2	-	1	8	
9	Тема 9. Геометрическая и физическая нелинейность элементов строительных конструкций.	9	22		2	-	1	8	рейтинг-контроль №3
<b>Итого по 9 семестру</b>					<b>14</b>	<b>-</b>		<b>58</b>	<b>Зачёт с оценкой</b>
10	Тема 10. Планирование процесса моделирования и численного эксперимента.	10	20		1	-	0,5	4	

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
11	Тема 11. Обработка результатов численного эксперимента. Сходимость данных, погрешности вычислений и способы их устранения. Разработка программного средства для обработки экспериментальных данных.	10	20		1	-	0,5	4	
12	Тема 12. Расчет плитно-стержневых систем на жестких и упругих связях на статические и динамические воздействия.	10	20		1	-	0,5	6	
13	Тема 13. Расчет плитных фундаментов и пространственных фундаментных платформ на упругом основании.	10	20		1	-	0,5	6	рейтинг-контроль №1
14	Тема 14. Расчет антенно-мачтовых сооружений на ветровые воздействия.	10	21		1	-	0,5	6	
15	Тема 15. Особенности расчета зданий и сооружений при прогрессирующем обрушении и аварийных нагрузках.	10	21		2	-	1	8	
16	Тема 16. Особенности расчета зданий и сооружений в сейсмоопасных районах	10	21		2	-	1	8	рейтинг-контроль №2
17	Тема 17. Особенности расчета высотных сооружений в стадии монтажа и эксплуатации.	10	22		1	-	0,5	8	
18	Тема 18. Взаимная интеграция графических систем автоматизированного проектирования и расчетных программных комплексов.	10	22		2	-	1	8	
19	Тема 19. Особенности расчета строительных конструкций из нетрадиционных и перспективных строительных материалов.	10	22		2		1		рейтинг-контроль №3
<b>Итого по 10 семестру</b>					<b>14</b>	<b>-</b>		<b>58</b>	<b>Зачёт с оценкой</b>
<b>Наличие в дисциплине КП/КР:</b>					<b>-</b>				
<b>Итого по дисциплине:</b>					<b>58</b>	<b>-</b>		<b>116</b>	<b>Зачёт с оценкой, Зачёт с оценкой</b>

## Содержание лекционных занятий по дисциплине

### 7 семестр – очная ф.о.

**Тема 1. Основные положения. Анализ актуальных проблем строительной механики и теории упругости. Понятие об информационном моделировании, автоматизация выпуска проектной документации. Понятие о математической и компьютерной моделях.**

Определение курса, цель и задачи. Исторический экскурс. Направления развития технических наук. Понятия «информационное моделирование», «математическая модель», «компьютерная модель», «плоская задача», «пространственная задача». Применение техноло-

гий BIM-моделирования для автоматизации выпуска проектной документации, включая применение интеллектуальных программных модулей.

**Тема 2. Современные программные комплексы для численного моделирования строительных конструкций, зданий и сооружений.**

Обзор современных программных комплексов для численного моделирования строительных конструкций, зданий и сооружений, их назначение и анализ возможностей.

**Тема 3. Принципы реализации законов строительной механики и теории упругости в численных методах решения задач строительства с применением средств вычислительной техники.**

Основные принципы моделирования реальных объектов. Переход от идеализированных расчетных моделей к реальной работе сложных строительных конструкций.

**Тема 4. Применимость расчетных схем к моделированию реальных зданий и сооружений.**

Адекватность расчетной модели. Анализ эксперимента и практического опыта эксплуатации.

**Тема 5. Моделирование стержневых систем.**

Понятие о стержневой системе. Особенности расчёта плоских пространственных стержневых систем.

**Тема 6. Особенности моделирования двумерных и объёмных тел.**

Особенности расчёта двумерных конструкций. Основные понятия (сетка конечных элементов, ортотропные и анизотропные тела, местные и глобальные оси выравнивания напряжений и т.д.). Особенности расчёта объёмных тел. Основные понятия и реализация в расчетных программных комплексах.

**Тема 7. Дифференциальные и вариационно-разностные формулировки задач строительной механики и теории упругости. Метод конечных элементов.**

Гипотезы и допущения, используемые при расчете реальных строительных конструкций и их аппроксимации идеализированными расчетными схемами. Обзор особенностей метода конечных элементов и метода конечных разностей.

**Тема 8. Принципы построения расчетных программных комплексов на основе метода конечных элементов.**

Обзор интерфейса основных расчетных комплексов на основе метода конечных элементов. Основные принципы работы.

**Тема 9. Геометрическая и физическая нелинейность элементов строительных конструкций.**

Понятия физической и геометрической нелинейности конструктивных элементов и способы учета данных факторов при расчете.

**8 семестр – очная ф.о.**

**Тема 10. Планирование процесса моделирования и численного эксперимента.**

Изучение и освоение методов планирования эксперимента.

**Тема 11. Сходимость результатов расчета с экспериментальными данными. Погрешности вычислений и способы их устранения.**

Способы анализа полученных результатов, проверка адекватности расчетной схемы, способы устранения недостатков и погрешностей при расчете строительных конструкций.



**Тема 12. Расчет плитно-стержневых систем на жестких и упругих связях на статические и динамические воздействия.**

Выбор адекватных граничных условий соответствующих реальной работе строительных конструкций. Классификация связей. Особенности моделирования статических и динамических нагрузок.

**Тема 13. Расчет плитных фундаментов и пространственных фундаментных платформ на упругом основании.**

Особенности расчета плитных фундаментов на упругом основании. Основные методы расчета, заложенные в алгоритм основных программных комплексов. Построение объемной модели грунта.

**Тема 14. Расчет антенно-мачтовых сооружений на ветровые воздействия.**

Особенности расчета антенно-мачтовых сооружений при статических и динамических воздействиях. Обзор конструктивных решений и расчетных схем.

**Тема 15. Особенности расчета зданий и сооружений при прогрессирующем обрушении и аварийных нагрузках.**

Особенности расчета зданий и сооружений на устойчивость при прогрессирующем разрушении с учетом требований СП 385.1325800.2018.

**Тема 16. Особенности расчета зданий и сооружений в сейсмоопасных районах**

Особенности расчета зданий при сейсмических нагрузках. Обзор спектрального метода и метода прямого интегрирования уравнений движения по времени физически и геометрически-нелинейных систем.

**Тема 17. Особенности расчета высотных сооружений в стадии монтажа и эксплуатации.**

Особенности моделирования строительных конструкций в стадии монтажа и стадии эксплуатации с отслеживанием изменений физических свойств материалов.

**Тема 18. Взаимная интеграция графических систем автоматизированного проектирования и расчетных программных комплексов.**

Цели, возможности, примеры взаимной интеграции САПР.

**Тема 19. Особенности расчета строительных конструкций из нетрадиционных и перспективных строительных материалов.**

## **Содержание практических занятий по дисциплине**

**7 семестр – очная ф.о.; 9 семестр – очно-заочная ф.о.**

**Тема 1. Основные положения. Анализ актуальных проблем строительной механики и теории упругости. Понятие об информационном моделировании, автоматизация выпуска проектной документации. Понятие о математической и компьютерной моделях. Определение нагрузок, действующих на конструкцию.**

Определение курса, цель и задачи. Исторический экскурс. Направления развития технических наук. Понятия «информационное моделирование», «математическая модель», «компьютерная модель», «плоская задача», «пространственная задача». Применение техноло-

гий BIM-моделирования для автоматизации выпуска проектной документации, включая применение интеллектуальных программных модулей.

Сбор нагрузок в табличной форме. Определение нормативных и расчетных нагрузок.

**Тема 2. Расчет однопролетной металлической балки с использованием различных методов.**

Расчёт по первой и второй группе предельных состояний стальной балки, загруженной распределённой и сосредоточенными нагрузками с применением инженерного метода, численных методов и МКЭ. Сравнительный анализ результатов расчёта.

**Тема 4. Расчет многопролётной монолитной железобетонной балки.**

Задание геометрической схемы. Определение и задание связей и граничных условий. Задание жесткостей, материалов, параметров конструирования. Задание нагрузок. Подбор армирования. Проверка прочности по первой и второй группе предельных состояний с использованием диаграмм деформирования бетона и арматуры.

**Тема 5. Расчет одноэтажной плоской рамы.**

Задание геометрической схемы. Определение и задание связей и граничных условий. Задание жесткостей, материалов, параметров конструирования. Задание нагрузок. Проверка прочности по первой и второй группе предельных состояний с оформлением отчета по результатам расчета.

**Тема 6. Расчет многоэтажной плоской железобетонной рамы.**

Задание геометрической схемы. Определение и задание связей и граничных условий. Задание жесткостей, материалов, параметров конструирования. Задание нагрузок. Подбор армирования. Проверка прочности по первой и второй группе предельных состояний с оформлением отчета по результатам расчета.

**Тема 7. Расчет плоской железобетонной плиты.**

Задание геометрической схемы. Определение и задание связей и граничных условий. Задание жесткостей, материалов, параметров конструирования. Задание нагрузок. Согласование местных и глобальных осей. Подбор армирования. Проверка прочности по первой и второй группе предельных состояний с оформлением отчета по результатам расчета.

**Тема 8. Расчет мачты с учетом геометрической нелинейности.**

Задание геометрической схемы. Определение и задание связей и граничных условий. Задание жесткостей, материалов, параметров конструирования. Задание нагрузок. Задание конечных геометрически-нелинейных элементов оттяжек. Проверка прочности по первой и второй группе предельных состояний с оформлением отчета по результатам расчета.

**Тема 9. Расчет плоской фермы покрытия.**

Задание геометрической схемы. Определение и задание связей и граничных условий. Задание жесткостей, материалов, параметров конструирования. Задание нагрузок. Проверка прочности по первой и второй группе предельных состояний с оформлением отчета по результатам расчета.

**Тема 10. Планирование эксперимента.**

Виды экспериментов в зависимости от количества влияющих факторов. Метод латинских квадратов. Планирование численного эксперимента однопролётной монолитной железобетонной балки.

**Тема 11. Расчет железобетонной балки с учетом физической нелинейности (старт численного эксперимента).**

Задание геометрических схем, определение и задание связей, граничных условий. Приложение нагрузок. Задание жесткостей, физико-механических характеристик материалов, параметров физической нелинейности бетона, параметров конструирования (различные виды армирования). Проверка прочности по первой и второй группе предельных состояний, подбор армирования.

**Тема 12. Обработка результатов численного эксперимента.**

Стратегия анализа результатов экспериментального исследования. Разработка программного средства для обработки экспериментальных данных.

**Тема 13. Представление результатов экспериментальных исследований.**

Выявление межфакторных зависимостей для полученных экспериментальных данных. Построение диаграмм и графиков выявленных зависимостей. Формулировка выводов по результатам численных экспериментальных исследований.

**Тема 14. Особенности расчёта строительных конструкций на упругом основании.**

Расчёт плитно-стержневых систем, плитных фундаментов и пространственных фундаментных платформ.

**Тема 15. Компоновка и сбор действующих нагрузок на многоэтажное промышленное здание.**

Подготовка исходных данных. Создание информационной модели каркаса многоэтажного промышленного здания. Отладка модели.

**Тема 16. Статический расчёт конструкций каркаса многоэтажного промышленного здания.**

Анализ результатов расчёта. Подбор поперечных сечений основных несущих элементов каркаса.

**Тема 17. Расчет здания на сейсмические воздействия.**

Преобразование результатов в исходные данные. Задание динамических нагрузок от сейсмического воздействия. Расчёт и анализ результатов. Подбор поперечных сечений основных несущих элементов каркаса.

**Тема 18. Расчет здания на устойчивость против прогрессирующего разрушения.**

Задание эквивалентных расчетных схем. Приложение реакций. Анализ результатов расчёта здания на различные типы воздействий.

## **5. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ**

**5.1. Текущий контроль успеваемости** проводится в форме рейтинг-контроля. Предусмотрено проведение трёх рейтинг-контролей. Ниже приведены контрольные вопросы для проведения зачёта с оценкой.

**7 семестр – очная ф.о.; 9 семестр – очно-заочная ф.о.**

### **Рейтинг-контроль №1**

1. Понятие «искусственный интеллект», «нейросети»
2. Понятие «моделирование»;
3. Понятие «математическая модель»;
4. Понятие «компьютерная модель»;
5. Понятие «плоская задача»;
6. Понятие «пространственная задача».
7. Три группы уравнений, необходимых для полного процесса нагружения и деформирования тела.
8. Характеристика составных частей строительной механики.
9. Критерии проверки достоверности расчета.
10. Пассивный и активный подход к расчету строительных конструкций.
11. Требования к расчетной модели строительной конструкции.
12. Способы преодоления расхождения(противоречия) между расчетной моделью и действительной работой конструкции.
13. Цели и задачи натурного или модельного эксперимента.
14. Правила замены физической реальности аппроксимирующей расчетной моделью.
15. Базовая модель: определение, характеристики.
16. Особенности моделирования сложных систем.

### **Рейтинг-контроль №2**

1. Идеальное упругое тело: определение, характеристики, физические коэффициенты(модули).
2. Анизотропное упругое тело: определение, характеристики, физические коэффициенты (модули).
3. Численный эксперимент для определения модулей упругости, сдвига, коэффициента Пуассона.
4. Основные понятия метода конечных элементов, преимущества, область применения.
5. Порядок расчета строительных конструкций методом конечных элементов.
6. Способы дискретизации непрерывной области двумерных тел.
7. Типы конечных элементов для моделирования двумерных тел. Согласование осей ортотропии.
8. Связные задачи и их виды.
9. Моделирование движения. Модель покоя (равновесия).
10. Внутренние силовые факторы.
11. Особенности моделирования трехмерных тел. Вид используемых конечных элементов, согласование местных осей конечных элементов.
12. Задание ортотропии трехмерных тел.

### Рейтинг-контроль №3

1. Геометрическая нелинейность при расчете строительных конструкций. Определение, способы моделирования в расчетных программных комплексах.
2. Физическая нелинейность. Определение, способы моделирования в расчетных программных комплексах.
3. Методы расчета и способы моделирования стержневых, пластинчатых и объемных тел в расчетных программных комплексах.
4. Адекватность математической постановки задачи соединения пластины со стержневым каркасом.
5. Противоречия расчетной модели в местах стыковки конструктивных элементов из различных материалов.
6. Адекватность расчетной схемы узловой стыковки объемного тела с одномерным элементом.
7. Особенности моделирования композитных элементов строительных конструкций при плоском напряженно-деформированном состоянии. Линейная и физически нелинейная постановка задачи.
8. Особенности моделирования композитных элементов строительных конструкций при сложном напряженно-деформированном состоянии. Линейная и физически нелинейная постановка задачи.
9. Моделирование сложных динамических нагрузок. Спектральный метод и метод прямого интегрирования уравнений динамики. Особенности и область применения.

**8 семестр – очная ф.о.; 10 семестр – очно-заочная ф.о.**

### Рейтинг-контроль №1

1. Доступные типы моделируемых связей, реализуемых в расчетных программных комплексах на основе метода конечных элементов.
2. Классификация статических нагрузений.
3. Классификация динамических нагрузений.
4. Способы моделирования динамических нагрузений.
5. Предпосылки к расчету элементов фундаментов на упругом основании.
6. Методики расчета плит и балочных конструкций на упругом основании.
7. Особенности моделирования свайных фундаментов с учетом совместной работы «сооружение – грунт».
8. Расчет фундаментов по первой и второй группе предельных состояний.
9. Общие проблемы моделирования реальных строительных конструкций.
10. Принцип построения наиболее известных расчетных программных комплексов.
11. Недостатки программных расчетных комплексов.

### Рейтинг-контроль №2

1. Расчетные схемы антенно-мачтовых сооружений (АМС).
2. Расчетные сочетания ветровых нагрузок при расчете АМС.
3. Расчетные длины элементов и условия закрепления стержневых элементов АМС.
4. Понятие вихревого резонансного возбуждения и его расчет.
5. Понятие аварийных воздействий на строительные конструкции. Понятие расчета устойчивости против прогрессирующего разрушения конструкций.
6. Предпосылки и особенности расчета на устойчивость против прогрессирующего разрушения.
7. Расчетные схемы при расчете на прогрессирующее обрушение.
8. Сейсмические воздействия на здания и сооружения. Моделирования сейсмических нагрузок.

9. Моделирование сложных динамических нагрузок. Спектральный метод и метод прямого интегрирования уравнений динамики. Особенности и область применения.
10. Мероприятия для повышения сейсмостойкости зданий и сооружений и способы их учета в расчетных программных комплексах.

### **Рейтинг-контроль №3**

1. Особенности расчета высотных зданий с учетом этапной возведения/демонтажа конструкций.
2. Способы задания нагрузок для моделирования этапности возведения сооружения
3. Способы интеграции расчетных схем из графических систем автоматизированного проектирования в расчетные программные комплексы.
4. Особенности экспорта поэтажных планов в расчетную модель здания.
5. Аналитическая и физическая модель здания, реализуемая в комплексах, поддерживающих технологию информационного 3D моделирования (BIM).
6. Алгоритм экспорта аналитической модели здания (BIM) в расчетные программные комплексы.
7. Особенности моделирования композитных элементов строительных конструкций при плоском напряженно-деформированном состоянии. Линейная и физически нелинейная постановка задачи.
8. Особенности моделирования композитных элементов строительных конструкций при сложном напряженно-деформированном состоянии. Линейная и физически нелинейная постановка задачи.
9. Моделирование сложных динамических нагрузок. Спектральный метод и метод прямого интегрирования уравнений динамики. Особенности и область применения.

**5.2. Промежуточная аттестация** по итогам освоения дисциплины проводится в форме зачета с оценкой. Ниже приведены контрольные вопросы.

### **ВОПРОСЫ К ЗАЧЁТУ с оценкой**

**7 семестр – очная ф.о.; 9 семестр – очно-заочная ф.о.**

1. Понятие об информационном моделировании, автоматизация выпуска проектной документации.
2. Понятие о математической и компьютерной моделях.
3. Применение технологий BIM-моделирования для автоматизации выпуска проектной документации, включая применение интеллектуальных программных модулей.
4. Понятие «Искусственный интеллект».
5. Понятие реконструкции зданий и сооружений и предпосылки к ее реализации.
6. Категории состояний элементов несущих конструкций.
7. Понятие морального и физического износа зданий.
8. Оценка влияния дефектов конструкций на их несущую способность.
9. Оценка остаточной прочности железобетонных и каменных конструкций.
10. Оценка остаточной прочности металлических конструкций.
11. Определение геометрических характеристик поперечных сечений элементов конструкций.
12. Сбор действующих нагрузок.
13. Учет совместной работы существующих элементов конструкций с элементами усиления.

14. Аналитические методы расчета. Преимущества и недостатки.
15. Выбор оптимальных расчетных схем.
17. Подбор материалов, и моделирование совместной работы существующих элементов и элементов усиления в прикладных программных комплексах.
18. Особенности задания граничных условий при расчете узловых соединений.
19. Особенности интеграции расчетных схем из систем автоматизированного проектирования (САПР) в прикладные расчетные программные комплексы. Проверка адекватности импортируемой модели.
20. Учет влияние температурных воздействий.
21. Учет коррозионного воздействия на элементы конструкций.
22. Особенности моделирования динамических нагрузок.
23. Учет влияния сейсмики.
24. Алгоритм расчета вновь возводимых и усиливаемых стержневых элементов деревянных конструкций.
25. Алгоритм расчета вновь возводимых и усиливаемых стержневых элементов металлических конструкций.
26. Алгоритм расчета вновь возводимых и усиливаемых стержневых элементов железобетонных конструкций.
27. Особенности моделирования и расчета оболочек и плоскостных элементов железобетонных конструкций.
28. Моделирование и расчет сложных конструктивных узлов.
29. Особенности расчета пространственных конструкций.
30. Требования, предъявляемые к усиливаемым элементам конструкций.
31. Особенности учета существующих грунтовых условий при расчете фундаментов и несущего остова реконструируемого здания.
32. Основные методы усиления стержневых элементов несущих конструкций.
33. Основные методы усиления плоскостных элементов несущих конструкций.
34. Определение несущей способности приведенных сечений.
35. Учет влияния специфики производства работ при реконструкции здания на принятые конструктивные решения

**8 семестр – очная ф.о.; 10 семестр – очно-заочная ф.о.**

1. Доступные типы моделируемых связей, реализуемых в расчетных программных комплексах на основе метода конечных элементов.
2. Классификация статических нагрузений.
3. Классификация динамических нагрузений.
4. Способы моделирования динамических нагрузений.
5. Предпосылки к расчету элементов фундаментов на упругом основании.
6. Методики расчета плит и балочных конструкций на упругом основании.
8. Расчет фундаментов по первой и второй группе предельных состояний.
9. Общие проблемы моделирования реальных строительных конструкций.
10. Принцип построения наиболее известных расчетных программных комплексов.
11. Недостатки программных расчетных комплексов.
12. Расчетные схемы антенно-мачтовых сооружений (АМС).
13. Расчетные сочетания ветровых нагрузок при расчете АМС.
14. Расчетные длины элементов и условия закрепления стержневых элементов АМС.

15. Понятие вихревого резонансного возбуждения и его расчет.
16. Понятие аварийных воздействий на строительные конструкции. Понятие расчета устойчивости против прогрессирующего разрушения конструкций.
17. Предпосылки и особенности расчета на устойчивость против прогрессирующего разрушения
18. Расчетные схемы при расчете на прогрессирующее обрушение.
19. Сейсмические воздействия на здания и сооружения. Моделирования сейсмических нагрузок.
20. Моделирование сложных динамических нагрузок. Спектральный метод и метод прямого интегрирования уравнений динамики. Особенности и область применения.
21. Мероприятия для повышения сейсмостойкости зданий и сооружений и способы их учета в расчетных программных комплексах.
22. Особенности расчета высотных зданий с учетом этапной возведения/демонтажа конструкций.
23. Способы задания нагрузок для моделирования этапности возведения сооружения
24. Способы интеграции расчетных схем из графических систем автоматизированного проектирования в расчетные программные комплексы.
25. Особенности экспорта поэтажных планов в расчетную модель здания.
26. Аналитическая и физическая модель здания, реализуемая в комплексах, поддерживающих технологию информационного 3D моделирования (BIM).
27. Алгоритм экспорта аналитической модели здания (BIM) в расчетные программные комплексы.
28. Особенности моделирования композитных элементов строительных конструкций при плоском напряженно-деформированном состоянии. Линейная и физически нелинейная постановка задачи.
29. Особенности моделирования композитных элементов строительных конструкций при сложном напряженно-деформированном состоянии. Линейная и физически нелинейная постановка задачи.
30. Моделирование сложных динамических нагрузок. Спектральный метод и метод прямого интегрирования уравнений динамики. Особенности и область применения.

### **5.3. Самостоятельная работа обучающегося**

Основной формой самостоятельной работы студента является изучение рекомендованной литературы, активное участие на практических занятиях, то есть используется два вида самостоятельной работы – аудиторная, под руководством преподавателя, и внеаудиторная.

Основными видами самостоятельной работы студентов без участия преподавателей являются: формирование и усвоение содержания конспекта лекций на базе рекомендованной преподавателем учебной литературы, включая информационные образовательные ресурсы (электронные учебники, электронные библиотеки и др.); подготовка к семинарам.

Основными видами самостоятельной работы студентов с участием преподавателей являются: текущие консультации.

Ниже приводятся вопросы для самостоятельной подготовки к зачету с оценкой.

#### **Вопросы к самостоятельной работе студентов**

**7 семестр – очная ф.о.; 9 семестр – очно-заочная ф.о.**

1. Понятие об информационном моделировании, автоматизация выпуска проектной документации. Понятие о математической и компьютерной моделях.



2. Применение технологий BIM-моделирования для автоматизации выпуска проектной документации, включая применение интеллектуальных программных модулей.
3. Исторический обзор развития строительной механики как науки.
4. Теории расчета строительных конструкций. Метод разрушающих нагрузок. Метод допускаемых напряжений. Метод предельных состояний. Преимущества и недостатки.
5. Вариационные принципы строительной механики.
6. Классические теории прочности.
7. Энергетическая теория прочности.
8. Теория Мора.
9. Механика разрушения твердых тел.
10. Искусственный интеллект.

### 8 семестр – очная ф.о.; 10 семестр – очно-заочная ф.о.

1. Способы преодоления расхождения(противоречия) между расчетной моделью и действительной работой конструкции.
2. Цели расчета и проектирования зданий и сооружений.
3. Цели и задачи натурального или модельного эксперимента.
4. Правила замены физической реальности аппроксимирующей расчетной моделью.
5. Базовая модель: определение, характеристики.
6. Особенности моделирования сложных систем.

Фонд оценочных материалов (ФОМ) для проведения аттестации уровня сформированности компетенций обучающихся по дисциплине оформляется отдельным документом.

## 6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 6.1. Книгообеспеченность

Наименование литературы: автор, название, вид издания, издательство	Год издания	КНИГООБЕСПЕЧЕННОСТЬ
		Наличие в электронном каталоге ЭБС
Основная литература		
1. Краснощёкое Ю.В., Основы проектирования конструкций зданий и сооружений: Учебное пособие / Краснощёкое Ю.В., Заполева М.Ю. - 2-е изд., испр. и доп. – М.: Инфра-Инженерия, 2019. – 316 с. – ISBN 978-5-9729-0301-6	2019	<a href="https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785972903016.html">https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785972903016.html</a>
2. Насонов С.Б., Руководство по проектированию и расчету строительных конструкций. В помощь проектировщику / Насонов С.Б. - М.: АСВ, 2019. - 816 с. - ISBN 978-5-93093-937-8	2019	<a href="https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785930939378.html">https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785930939378.html</a>
3. Добромыслов А.Н., Расчёт железобетонных сооружений с использованием программы "Лира" / Добромыслов А.Н. – М.: Издательство АСВ, 2015. - 200 с. – ISBN 978-5-4323-0041-6	2015	<a href="https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785432300416.html">https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785432300416.html</a>

4.Петров В.В., Теория расчета пластин и оболочек: Учебник. / В.В. Петров - М. : Издательство АСВ, 2018. - 410 с. - ISBN 978-5-4323-0242-7	2018	<a href="http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785432302427.html">http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785432302427.html</a>
5.Мкртычев О.В., Надежность строительных конструкций при взрывах и пожарах [Электронный ресурс] : Монография / Мкртычев О.В., Дорожинский В.Б., Сидоров Д.С. - М. : Издательство АСВ, 2016. - 174 с. - ISBN 978-5-4323-0176-5	2016	<a href="http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785432301765.html">http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785432301765.html</a>
<b>Дополнительная литература</b>		
1.Рылько М.А., Компьютерные технологии в проектировании / Рылько М.А. - М.: Издательство АСВ, 2016. – 326 с. – ISBN 978-5-4323-0184-0	2016	<a href="https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785432301840.html">https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785432301840.html</a>
2.Талапов В.В., Основы BIM: введение в информационное моделирование зданий / Талапов В.В. – М.: ДМК Пресс, 2011. – 392 с. – ISBN 978-5-94074-692-8	2011	<a href="https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785940746928.html">https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785940746928.html</a>
3.Городецкий, А. С. Компьютерное моделирование в задачах строительной механики / Городецкий А. С. , Барабаш М. С. , Сидоров В. Н. - Москва : Издательство АСВ, 2016. - 338 с. - ISBN 978-5-4323-0188-8.	2016	<a href="https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785432301888.html">https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785432301888.html</a>
4.Соколова, Т. Ю. AutoCAD 2016. Двухмерное и трехмерное моделирование. Учебный курс / Соколова Т. Ю. - Москва : ДМК Пресс, 2016. - 756 с. - ISBN 978-5-97060-325-3.	2016	<a href="https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785970603253.html">https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785970603253.html</a>
5.Хасаншин, Р. Р. Система инженерного моделирования и проектирования деревянных зданий и сооружений : учебное пособие / Хасаншин Р. Р. - Казань : Издательство КНИТУ, 2018. - 88 с. - ISBN 978-5-7882-2355-1.	2018	<a href="https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785788223551.html">https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785788223551.html</a>

## **6.2. Периодические издания**

1. Журнал «Промышленное и гражданское строительство».
2. Журнал «ЖКХ».
3. Журнал «Бетон и железобетон».

## **6.3. Интернет-ресурсы**

1. Электронный ресурс: <http://analysis.hedging.ru/riskfree.php>;
2. Электронный ресурс: <http://www.edu.window.ru>;
3. Электронный ресурс: <http://www.vladimir.ru>;
4. Электронный ресурс: <http://www.vladimir-city.ru>;
5. Электронный ресурс: <http://www.vladgrad.narod.ru>;
6. Электронный ресурс: <http://www.33rus.com.ru>;
7. Электронный ресурс: [www.scadsoft.com](http://www.scadsoft.com);
8. Электронный ресурс: [www.ascon.ru](http://www.ascon.ru).

## **7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

Для реализации данной дисциплины имеются специальные помещения для проведения занятий лекционного типа, занятий практического типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, а также помещения для самостоятельной работы.

Практические занятия проводятся в компьютерном классе кафедры СК:

505-2: Компьютерный класс с 10 рабочими станциями (моноблок (с предустановленным ПО) Lenovo IdeaCentre AIO 520-24IKL 23.8" FHD(1920x1080)/Intel Core i7-7700T 2.90GHz/8GB/ITB/RD 530 2GB/DVD-RW/WiFi/BT4.0/CR/Win10, мышь, клавиатура, Microsoft Office 2013, ПК ЛИРА 10.10 учебная версия, SCAD Office 21 учебная версия, AutoCAD 2016 Версия для учебных заведений, КОМПАС-3D V12) с выходом в Internet, 1 проектор BenQ MP 620 C, 1 кондиционер сплит-система GWH 24 MD-K3 NNA4A, 1 коммутатор D -Link DGS-1100-16, 1 доска интерактивная Hitachi FX-77WD.

Перечень используемого лицензионного программного обеспечения:

505-2: Windows 10 Корпоративная MSDN, подписка: Идентификатор подписчика: 700619248

Microsoft Office 2013 Microsoft Open License 66772217

ПК ЛИРА 10.10 учебная версия Лицензия №ЛСМ1010190000088

SCAD Office 21 учебная версия Лицензия №6544м

AutoCAD 2016 Версия для учебных заведений, 86442IDSU\_2016\_0F

КОМПАС-3D V12 Лицензионное соглашение Kk-10-01472.

Рабочую программу составил Репин В.А., доцент каф. СК



Рецензент: ООО «ПС «Гранит», ГИП Калачева М.В.



Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры Строительных конструкций

Протокол № 17 от 23.06.2021 года

Заведующий кафедрой Рощина С.И.



Рабочая программа рассмотрена и одобрена  
на заседании учебно-методической комиссии направления 08.03.01 «Строительство»

Протокол № 10 от 30.06.2021 года

Председатель комиссии Авдеев С.Н., директор ИАСЭ



## ЛИСТ ПЕРЕУТВЕРЖДЕНИЯ РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ

Рабочая программа одобрена на 20 \_\_\_\_\_ / 20 \_\_\_\_\_ учебный год

Протокол заседания кафедры № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ года

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_

Рабочая программа одобрена на 20 \_\_\_\_\_ / 20 \_\_\_\_\_ учебный год

Протокол заседания кафедры № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ года

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_

Рабочая программа одобрена на 20 \_\_\_\_\_ / 20 \_\_\_\_\_ учебный год

Протокол заседания кафедры № \_\_\_\_\_ от \_\_\_\_\_ года

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_

## ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

в рабочую программу дисциплины

*«Численное моделирование строительных конструкций, зданий и сооружений»*

образовательной программы направления подготовки 08.03.01 Строительство

Номер изменения	Внесены изменения в части/разделы рабочей программы	Исполнитель ФИО	Основание (номер и дата протокола заседания кафедры)
1			
2			

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_  
Подпись / ФИО

## РЕЦЕНЗИЯ

на рабочую программу по дисциплине

**«Численное моделирование строительных конструкций, зданий и сооружений»**

для бакалавров 3 курса

института Архитектуры, Строительства и Энергетики

разработанную доцентом кафедры Строительных конструкций

Репиным В.А.

Рабочая программа по дисциплине «Численное моделирование строительных конструкций, зданий и сооружений» предназначена для студентов, обучающихся по направлению подготовки 08.03.01 «Строительство» профиль «Промышленное и гражданское строительство» по очной и заочной формам. Данная дисциплина относится к дисциплинам базовой части.

Рабочая программа подготовлена для проведения практических и лекционных занятий. Дисциплина рассчитана на два семестра. Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 ЗЕТ (144 часа). Целями освоения дисциплины «Численное моделирование строительных конструкций, зданий и сооружений» являются: формирование профессиональных знаний и навыков в области расчёта и моделирования действительной работы элементов, узлов, конструкций, а также зданий и сооружений в целом; освоение методики проектирования зданий и сооружений с применением современных программных комплексов.

Результатом достижения названных целей является приобретение новых профессиональных компетенций, к наиболее важным из которых относятся следующие:

- ПК-1 – Способность выполнять работы по проектированию зданий и сооружений промышленного и гражданского назначения;
- ПК-2 – Способность выполнять обоснование проектных решений зданий и сооружений промышленного и гражданского назначения.

Рабочая программа в достаточной форме сопровождается пояснениями и ссылками на нормативную литературу. Это позволяет преподавателю правильно выстроить практические занятия и ориентировать студентов на самостоятельную работу. Все указания согласованы с последними нормами и правилами проектирования. Учебники, учебно-методические материалы, используемые для освоения дисциплины, представленные в рабочей программе, в полном объёме, включая дополнительные источники, могут быть рекомендованы для использования в образовательном процессе с целью получения компетенций в соответствии с ОПОП.

Рабочая программа к.т.н., доцента Репина В.А. составлена в строгом соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению 08.03.01 «Строительство» и требованиями работодателей г. Владимира и Владимирской области.

ГИП ООО «Проектная студия «Гранит»



Калачева М.В.