

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Владимирский государственный университет  
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»  
(ВлГУ)



А.А.Панфилов

« 07 » 09 2017 г.

**Рабочая программа дисциплины**  
**«Учет неупругих свойств материалов в расчетах конструкций»**

Направление подготовки: 08.04.01 – «Строительство»

Программа подготовки:

«Техническая эксплуатация и реконструкция зданий и сооружений», «Проектирование, реконструкция и эксплуатация энергоэффективных зданий»

Уровень высшего образования: магистратура

Форма обучения: заочная

Семестр	Трудоемкость, зач. ед./час	Лекций, час.	Практич. занятий, час.	Лабор. работ, час.	СРС, час	Форма промежуточного контроля
5	2/72	10	16	-	19	Экзамен (27 час.), КР
Итого	2/72	10	16	-	19	Экзамен (27 час.), КР

Владимир 2017

## 1. Цели освоения дисциплины

В конструкциях из железобетона (а также и из других материалов) при их деформировании возникают не только упругие деформации, пропорционально которым возрастают внутренние силы, но и неупругие, которые приращением внутренних сил не сопровождаются. При увеличении нагрузки неупругие деформации быстро возрастают, благодаря чему в статически определимых конструкциях, где внутренние усилия всегда пропорциональны внешней нагрузке, ускоренно растут деформации. В статически неопределимых системах ускоренный рост деформаций в одних (наиболее напряженных) связях вызывает ускорение деформирования других. Получается перераспределение внутренних сил: рост усилий в наиболее напряженных связях замедляется, а в других ускоряется. Если этого не учитывать, то расчетные усилия окажутся в одних местах завышенными, в других заниженными; распределение арматуры будет нерациональным. Кроме того, правильное определение деформаций необходимо для выполнения расчетов по предельным состояниям второй группы – определения ширины раскрытия трещин и перемещений, возникающих при деформировании. Задачи дисциплины – изучить методы расчета и проектирования конструкций с учетом физической и геометрической нелинейности деформирования на основе реальных диаграмм деформирования бетона, арматуры, стали, дерева; научиться постановке задачи, математическому моделированию деформирования, способу расчета конструкции на прочность, жесткость, устойчивость.

## 2. Место дисциплины в ОПОП ВО

Дисциплина изучается в пятом семестре, основывается на знаниях математики, теоретической механики, сопротивления материалов, строительной механики, железобетонных конструкций.

Дисциплина необходима как предшествующая к другим дисциплинам ОПОП и к научно-исследовательской работе.

## 3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

В результате освоения дисциплины обучающийся должен демонстрировать следующие результаты образования.

Знать основные проблемы своей предметной области, при решении которых возникает необходимость в сложных задачах выбора, требующих использования количественных и качественных методов; приобрести следующие компетенции:

ОК-1 – способность к абстрактному мышлению, анализу, синтезу;

ОК-3 – готовность к саморазвитию и самореализации.

Уметь применять в практической деятельности следующие компетенции:

ОПК-5 – способность использовать теоретические и практические знания, находящиеся на передовых рубежах науки;

ОПК-6 – способность приобретать новые знания;

ОПК-8 – способность порождать новые идеи;

ОПК-10 – способность к постановке задачи, к применению современных методов исследований;

Владеть следующими профессиональными компетенциями:

ПК-3 – методами проектирования и мониторинга зданий и сооружений, их конструктивных элементов, включая методы расчета специальных конструкций и инженерных сооружений на прочность, жесткость, устойчивость;



ПК-4 – методами разработки эскизных, технических и рабочих проектов сложных объектов.

#### 4. Структура и содержание дисциплины

Общий объем дисциплины 2 зачетных единицы, 72 часа.

№ п/п	Раздел (тема) дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы и трудоемкость в часах				Объем работы с применением интерактивных методов, час / %	Формы текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации
				Лекции	Практические занятия	СРС	КП/КР		
1.	<b>1. Раздел 1.</b> <b>Расчет стержневых систем в упругой постановке.</b> Требования к расчету железобетонных конструкций. Метод конечных разностей применительно к расчету сжато-изогнутого стержня и стержневой системы.	5		1	1	1			
	Составление разрешающих уравнений для стержня; запись граничных условий для стержня и элемента стержневой системы.	5		1	1	1			
	Основная система метода, введение угловых и линейных связей. Задание исходных данных, описание геометрических и жесткостных параметров системы. Решение задачи для стержневой системы.	5		1	1	1		1/50	

	Составление программы расчета стержня и стержневой системы, разработка метода определения усилий во введенных связях и определение моментов и поперечных сил в элементах системы.	5		1	1	1		1/50	
	Отладка программы, решение примеров, анализ и обсуждение полученных результатов.	5		1	1	1		1/50	
2	<b>Раздел 2 . Расчет стержневых систем в нелинейной постановке.</b> Деформационные характеристики и диаграммы деформирования бетона и арматуры.	5		1	1	1		1/50	
	Упругая работа материалов при малых нагрузках (до $\varepsilon_b = \varepsilon_{b1}$ ).	5		1	1	1	КР	1/50	
	Упруго-пластическое деформирование при $\varepsilon_b$ от $\varepsilon_{b1}$ до $\varepsilon_{b0}$ и при $\varepsilon_b$ от $\varepsilon_{b0}$ до $\varepsilon_{b2}$ .	5		1	1	1		1/50	
	Определение моментов в сечениях и изгибных жесткостей. Метод упругих решений.	5		1	1	1		1/50	
	Определение моментов и жесткостей в сечениях элементов рамы на разных стадиях деформирования.	5		1	1	1		1/50	
	Составление и отладка программы расчета стержневой системы методом упругих решений. Решение отладочных примеров.	5		-	1	2		-	

	Выполнение исследовательских расчетов.	5		-	1	2		-	
	Обсуждение способа определения усилий во введенных связях и метода последовательных приближений	5		-	1	2		1/100	
	Анализ и обсуждение полученных решений. Сравнение решений в линейной и нелинейной постановках.	5		-	1	2		1/100	
	Определение деформаций, перемещений, усилий.	5		-	2	1		-	
3.	Всего за семестр (и по курсу)			10	16	19	<b>КР</b>	10 / 38	Экзамен

## 5. Образовательные технологии

На лекционных и практических занятиях в достаточной мере используются мультимедийные средства демонстрации материала с проектированием на большой экран.

Вместе с тем используется и традиционный метод, когда рисунки создаются на доске, и магистрант может следить за их появлением постепенно, следуя за преподавателем и его объяснениями.

Так же осуществляется и вывод формул и уравнений.

Компьютерные представления материала широко используются на интерактивных занятиях, которые обычно начинаются с докладов, подготовленных магистрантами, и заканчиваются дискуссиями.

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

В течение семестра студенты выполняют курсовую работу. Задания к курсовой работе приведены ниже. Промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины осуществляется в форме экзамена по прилагаемым вопросам.

### Вопросы для СРС

Раздел 1.

1. Требования к бетонным и железобетонным конструкциям.



2. Требования к расчету конструкций.
3. Метод упругих решений для решения задач с учетом неупругих деформаций.
4. Метод конечных разностей для сжато-изогнутого стержня.
5. Зависимость между внутренними силовыми факторами с учетом продольной силы в стержне.
6. Формирование разрешающей системы уравнений.
7. Основные неизвестные решения.
8. Запись граничных условий для стержня:
  - при шарнирном опирании,
  - при жестком защемлении,
  - при заданном угле поворота,
  - при известном линейном смещении.
9. Метод конечных разностей для стержневой системы.
  - описание геометрии системы,
  - описание соединений стержней,
  - задание жесткостных параметров,
  - введение линейных связей,
  - введение защемляющих связей;
  - определение усилий в связях,
  - определение перемещений, кривизн упругой линии элементов, изгибающих моментов и поперечных сил в сечениях.
10. Задание исходных данных и представленных результатов расчета.

## Раздел 2.

1. Деформационные характеристики и диаграммы деформирования бетона и арматуры.

Определение деформаций, напряжений, моментов, высоты сжатой зоны в сечении, кривизны изогнутой оси, жесткости стержня на изгиб:

- при упругой работе стержня до  $\varepsilon_b = \varepsilon_{b1}$  ;
- при упругопластической работе при  $\varepsilon_b$  от  $\varepsilon_{b1}$  до  $\varepsilon_{b0}$  ;
- то же при  $\varepsilon_b$  от  $\varepsilon_{b0}$  до  $\varepsilon_{b2}$

2. Определение моментов, соответствующих деформациям сжатой кромки бетона  $\varepsilon_{b0}, \varepsilon_{b1}, \varepsilon_{b2}$ .

3. Задание исходных данных для расчета в нелинейной постановке.
4. Организация последовательных приближений в соответствии с методом упругих решений.
5. Обеспечение сходимости решения, представление результатов.
6. Сравнительный анализ результатов расчетов в линейной и нелинейной постановках.

## Задания к курсовой работе

1. Деформационные характеристики и диаграммы деформирования бетона и арматуры.
2. Определение деформаций, напряжений, моментов, высоты сжатой зоны в сечении, кривизны изогнутой оси, жесткости стержня на изгиб:
  - при упругой работе стержня до  $\varepsilon_b = \varepsilon_{b1}$  ;

- при упругопластической работе при  $\varepsilon_b$  от  $\varepsilon_{b1}$  до  $\varepsilon_{b0}$  ;

- то же при  $\varepsilon_b$  от  $\varepsilon_{b0}$  до  $\varepsilon_{b2}$

3. Определение моментов, соответствующих деформациям сжатой кромки бетона  $\varepsilon_{b0}, \varepsilon_{b1}, \varepsilon_{b2}$ .

4. Задание исходных данных для расчета в нелинейной постановке.

5. Организация последовательных приближений в соответствии с методом упругих решений.

6. Обеспечение сходимости решения, представление результатов.

7. Сравнительный анализ результатов расчетов в линейной и нелинейной постановках.

## Вопросы к экзамену

### Раздел 1.

1. Требования к бетонным и железобетонным конструкциям.
2. Требования к расчету конструкций.
3. Метод упругих решений для решения задач с учетом неупругих деформаций.
4. Метод конечных разностей для сжато-изогнутого стержня.
5. Зависимость между внутренними силовыми факторами с учетом продольной силы в стержне.
6. Формирование разрешающей системы уравнений.
7. Основные неизвестные решения.
8. Запись граничных условий для стержня:
  - при шарнирном опирании,
  - при жестком защемлении,
  - при заданном угле поворота,
  - при известном линейном смещении.
9. Метод конечных разностей для стержневой системы.
  - описание геометрии системы,
  - описание соединений стержней,
  - задание жесткостных параметров,
  - введение линейных связей,
  - введение защемляющих связей;
  - определение усилий в связях,
  - определение перемещений, кривизн упругой линии элементов, изгибающих моментов и поперечных сил в сечениях.
10. Задание исходных данных и представленных результатов расчета.

### Раздел 2.

1. Деформационные характеристики и диаграммы деформирования бетона и арматуры.
2. Определение деформаций, напряжений, моментов, высоты сжатой зоны в сечении, кривизны изогнутой оси, жесткости стержня на изгиб:
  - при упругой работе стержня до  $\varepsilon_b = \varepsilon_{b1}$  ;
  - при упругопластической работе при  $\varepsilon_b$  от  $\varepsilon_{b1}$  до  $\varepsilon_{b0}$  ;



- то же при  $\varepsilon_b$  от  $\varepsilon_{b0}$  до  $\varepsilon_{b2}$

3. Определение моментов, соответствующих деформациям сжатой кромки бетона  $\varepsilon_{b0}, \varepsilon_{b1}, \varepsilon_{b2}$ .
4. Задание исходных данных для расчета в нелинейной постановке.
5. Организация последовательных приближений в соответствии с методом упругих решений.
6. Обеспечение сходимости решения, представление результатов.
7. Сравнительный анализ результатов расчетов в линейной и нелинейной постановках.

## 7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

Конспект лекций и методические указания к практическим занятиям имеются в электронном виде. В библиотеке университета (в ЭБС «КС») имеется основная и дополнительная литература по предмету; кафедра имеет необходимое программное обеспечение и Интернет-ресурсы.

а). Основная литература:

1. Метод конечных элементов в расчетах сооружений. Теория, алгоритм, примеры расчетов в программном комплексе SIMULIA Abaqus [Электронный ресурс]: Учебное пособие / Сидоров В.Н., Вершинин В.В. – М.: Издательство АСВ, 2015. – 288 с. <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785432300904.html>.
2. Бетонovedение [Электронный курс]: Баженов Ю.М. – М.: Издательство АСВ, 2015. – 144 с. <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785432300355.html>.
3. Расчет железобетонных конструкций по российским и зарубежным нормам [Электронный курс]: Учебное пособие / Колмогоров А.Г., Плевков В.С. – М.: Издательство АСВ, 2014. – 512 с. <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785930939941.html>.

б). Дополнительная литература:

1. Железобетонные и каменные конструкции (основы сопротивления железобетона. Практическое проектирование. Примеры расчета). [Электронный курс] / Кузнецов В.С. – М.: Издательство АСВ, 2014. – 304 с. <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785930938982.html>.
2. Методы оптимального проектирования строительных конструкций [Электронный ресурс]: Учебное пособие / Денисова А.П., Расщепкина С.А. – М.: Издательство АСВ, 2012. – 216 с. <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785930939002.html>.
3. Железобетонные конструкции. Примеры расчета [Электронный курс]: Справочное издание / Добромыслов А.Н. – М.: Издательство АСВ, 2012. – 464 с. <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785930938739.html>.
4. Проектирование железобетонных и сталежелезобетонных конструкций из ячеистых бетонов. [Электронный курс]: Учебное пособие / Парфенов С.Г., Федоренко Д.Ю., Пикин Д.Ю. – М.: Издательство АСВ, 2012. – 192 с. <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785930938371.html>.



5. Шишов И.И. Неупругие деформации в конструкциях из железобетона. – Учебное пособие – Владимир: ВлГУ, 2008. – 87 с.

в). Периодические издания:

1. Вестник МГСУ. Научно-технический журнал по строительству и архитектуре.
2. Вестник ЮУрГУ. Серия «Архитектура и строительство».

г). Программное обеспечение и Интернет-ресурсы

Операционные системы Windows, программные комплексы (Лира, AutoCAD. Excel.)

## 8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

8.1. Оборудование для практических занятий, средства вычислительной техники

Практические занятия проводятся в компьютерном классе кафедры СК (лаб. 505-2; 12 компьютеров, 1 интерактивная доска, 1 проектор) с использованием специально разработанного программного обеспечения (Теплотехнический расчет элементов здания).


Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению 08.04.01 «Строительство» (уровень магистратуры) по программе «Техническая эксплуатация и реконструкция зданий и сооружений», «Проектирование, реконструкция и эксплуатация энергоэффективных зданий».

Рабочую программу составил профессор кафедры «Строительные конструкции» ВлГУ к.т.н. Шишов И. И. 

Рецензент: генеральный директор ОАО «Владстройконструкция» Зеленский О.А. 

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры 

Протокол № 1 от 05.09.2017 года

Заведующий кафедрой СК  С.И. Рощина

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании учебно-методической комиссии направления

08.04.01 Строительство

Протокол № 1 от 07.09.2017 года

Председатель комиссии директор ИАСЭ  С.Н. Авдеев

**ЛИСТ ПЕРЕУТВЕРЖДЕНИЯ  
РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

Рабочая программа одобрена на 18/19 учебный год

Протокол заседания кафедры № 5 от 10.05.18 года

Заведующий кафедрой Рощина С.И.

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

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

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_

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

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

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_



**ЛИСТ ПЕРЕУТВЕРЖДЕНИЯ  
РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЫ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

Рабочая программа одобрена на 20 19 / 20 20 учебный год

Протокол заседания кафедры № 14 от 23.05.2019г.

Заведующий кафедрой СК \_\_\_\_\_

*[Handwritten signature]*  
*Рощина С. Ч*

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

Протокол заседания кафедры № \_\_\_ от

Заведующий кафедрой СК \_\_\_\_\_

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

Протокол заседания кафедры № \_\_\_ от

Заведующий кафедрой СК \_\_\_\_\_

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

Протокол заседания кафедры № \_\_\_ от

Заведующий кафедрой СК \_\_\_\_\_