

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Комсомольский-на-Амуре государственный университет»

Кафедра «Строительство и архитектура»

УТВЕРЖДАЮ

Первый проректор

И.В. Макурин

2018 г.



## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

**дисциплины «Нелинейные задачи строительной механики»**

основной профессиональной образовательной программы  
подготовки специалистов

по специальности 08.05.01 «Строительство уникальных зданий и  
сооружений»

специализация «Строительство высотных и большепролетных зданий и  
сооружений»

Форма обучения


очная

Технология обучения

традиционная

Комсомольск-на-Амуре 2018

Автор рабочей программы  
доцент, к.т.н.

  
Ю.Н. Чудинов  
« 08 » 02 2017 г.

## СОГЛАСОВАНО

Директор библиотеки

  
И.А. Романовская  
« 08 » 02 2017 г.

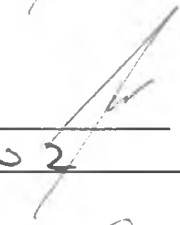
Руководитель образовательной  
программы «Строительство  
уникальных зданий и сооружений»

  
Ю.Н. Чудинов  
« 08 » 02 2017 г.


Заведующий выпускающей кафедрой  
«Строительство и архитектура»

  
Е.О. Сысоев  
« 10 » 02 2017 г.

Декан факультета кадастра и  
строительства

  
О.Е. Сысоев  
« 10 » 02 2017 г.

Начальник учебно-методического  
управления

  
Е.Е. Поздеева  
« 15 » 02 2017 г.

## Введение

Рабочая программа дисциплины «Нелинейные задачи строительной механики» составлена в соответствии с требованиями федерального государственного образовательного стандарта, утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации № 1030 от 11.08.2016, и основной образовательной программы подготовки специалистов по специальности 08.05.01 «Строительство уникальных зданий и сооружений».

## 1 Аннотация дисциплины

Наименование дисциплины	Нелинейные задачи строительной механики						
Цели дисциплины	Формирование студентами знаний в области анализа работы и расчета конструкций с учётом нелинейностей, выполненных из различных материалов, на прочность, жесткость и устойчивость при различных воздействиях с использованием современного вычислительного аппарата						
Задачи дисциплины	- формирование знаний о работе конструкций и их отдельных элементов, выполненных из нелинейно-упругого или пластического материала; - формирование знаний о методах определения истинного распределения в конструкциях напряжений при нелинейной работе материалов; - изучение способов обеспечения необходимой прочности и жесткости конструкций с учетом геометрической нелинейности работы её элементов; - формирование навыков и умений выполнять расчеты конструкций с учётом нелинейностей с помощью современных программных комплексов.						
Основные разделы дисциплины	1. Основные понятия нелинейной строительной механики 2. Модели нелинейно-упругого материала 3. Методы решения нелинейных задач 4. Нелинейно-упругие балки 5. Расчет конструкций по методу предельного равновесия						
Общая трудоемкость дисциплины	5 з.е. / 180 академических часов						
	Семестр	Аудиторная нагрузка, ч			СРС, ч	Промежуточная аттестация, ч	Всего за семестр, ч
		Лекции	Пр. занятия	Лаб. работы			
9	34	34	-	112	-	180	
ИТОГО:		34	34	-	112	-	180

## 2 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами образовательной программы

Дисциплина «Нелинейные задачи строительной механики» нацелена на формирование компетенций, знаний, умений и навыков, указанных в таблице 1.

Таблица 1 – Компетенции, знания, умения, навыки

Наименование и шифр компетенции, в формировании которой принимает участие дисциплина	Перечень формируемых знаний, умений, навыков, предусмотренных образовательной программой		
	Перечень знаний (с указанием шифра)	Перечень умений (с указанием шифра)	Перечень навыков (с указанием шифра)
<b>ОПК-7</b> способность выявить естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлечь их для решения соответствующий физико-математический аппарат	<b>З1 (ОПК-7-9)</b> <b>Знание</b> основных понятий нелинейного деформирования твёрдых тел, основных методов и практических приемов расчёта реальных конструкций и их элементов из различных материалов с учетом физической и геометрической нелинейностей	<b>У1 (ОПК-7-9)</b> <b>Умение</b> рассчитывать конструкции из нелинейно-упругого материала и пластического материала при различных воздействиях и найти истинное распределение напряжений	<b>Н1 (ОПК-7-9)</b> <b>Навыки</b> определения внутренних усилий, напряжений и перемещений в элементах конструкций из нелинейно-упругого и пластического материала при различных воздействиях, с учетом физической и геометрической нелинейностей

### 3 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина «Нелинейные задачи строительной механики» изучается на 5 курсе в 9 семестре.

Дисциплина входит в состав блока «Дисциплины (модули)» и относится к базовой части.

Для освоения дисциплины необходимы знания, умения и навыки, сформированные при изучении дисциплин «Соппротивление материалов» (3 и 4 семестры) и «Строительная механика» (5 и 6 семестры), «Теория упругости с основами пластичности и ползучести» (5 семестр). «Вероятностные методы строительной механики и теория надежности строительных конструкций» (7 семестр), «Теория расчета пластин и оболочек» (7 семестр), «Расчёт строительных конструкций методом конечных элементов» (8 семестр).

Дисциплина «Нелинейные задачи строительной механики» является основой для успешного освоения дисциплин «Сейсмостойкость сооружений» (семестр 10), «Спецкурс по проектированию строительных конструкций» (семестры 10и 11) и прохождения государственной итоговой аттестации.

Входной контроль для дисциплины «Нелинейные задачи строительной механики» проводится в виде тестирования. Тестовые вопросы представлены в приложении 2.

**4 Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся**

Общая трудоемкость (объем) дисциплины составляет 5 зачетных единиц, 180 академических часов.

Распределение объема дисциплины (модуля) по видам учебных занятий представлено в таблице 2.

Таблица 2 – Объем дисциплины (модуля) по видам учебных занятий

Объем дисциплины	Всего академических часов
	Очная форма обучения
Общая трудоемкость дисциплины	180
<b>Контактная аудиторная работа обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий), всего</b>	68
В том числе:	
<b>занятия лекционного типа</b> (лекции и иные учебные занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации педагогическими работниками)	34
<b>занятия семинарского типа</b> (семинары, практические занятия, практикумы, лабораторные работы, коллоквиумы и иные аналогичные занятия)	34
<b>Самостоятельная работа обучающихся и контактная работа,</b> включающая групповые консультации, индивидуальную работу обучающихся с преподавателями (в том числе индивидуальные консультации); взаимодействие в электронной информационно-образовательной среде вуза	112
Промежуточная аттестация обучающихся	-

**5. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий**

**Таблица 3 – Структура и содержание дисциплины (модуля)**

Наименование разделов, тем и содержание материала	Компонент учебного плана	Трудоёмкость, ч	Форма проведения	Планируемые (контролируемые) результаты освоения	
				Компетенции	Знания, умения, навыки
<b>9 семестр</b>					
<b>Раздел 1 Основные понятия нелинейной строительной механики</b>					
Введение. Виды нелинейности в теории расчета конструкций. Основные положения нелинейной строительной механики. Задачи нелинейной строительной механики. Основные понятия и определения. Понятие физической и геометрической нелинейности в строительной механике. Виды физической нелинейности. Понятие о конструктивной нелинейности. Типичные экспериментальные диаграммы растяжения для различных материалов. Понятие активной и пассивной деформации. Понятие простого и сложного нагружений. Петля гистерезиса. Упрочнение материала. Площадка текучести. Пределы текучести и прочности.	Лекция	8	Интерактивная (презентация)	ОПК-7	31(ОПК-7-9)
Практическое занятие «Физическая нелинейность. Моделирование работы железобетона».	Практическое занятие	2	Интерактивная (презентация)	ОПК-7	31(ОПК-7-9) У1(ОПК-7-9) Н1(ОПК-7-9)
Практическое занятие «Геометрическая нелинейность. Моделирование работы вантовых конструкций».	Практическое занятие	2	Интерактивная (презентация)	ОПК-7	31(ОПК-7-9) У1(ОПК-7-9) Н1(ОПК-7-9)
Практическое занятие «Конструктивная нелинейность. Моделирование работы конструкций, взаимодействующих с грунтом».	Практическое занятие	2	Интерактивная (презентация)	ОПК-7	31(ОПК-7-9) У1(ОПК-7-9) Н1(ОПК-7-9)

Текущий контроль по разделу 1			Собеседование	ОПК-7	31(ОПК-7-8) У1(ОПК-7-8) Н1(ОПК-7-8)
<b>Раздел 2 Модели нелинейно-упругого материала</b>					
Основные уравнения и гипотезы для нелинейно упругих и упругопластических тел. Теорема А.А. Ильюшина о простом нагружении. Теорема Генки о разгрузке. Эффект Баушингера. Нелинейно-упругий материал. Зависимости между напряжениями и деформациями. Зависимости Блюфингера, Герстнера, Сен-Венана. Способы аппроксимации экспериментальных кривых. Диаграмма разгрузки и активного нагружения.	Лекция	6	Интерактивная (презентация)	ОПК-7	31(ОПК-7-9)
Практическое занятие «Аппроксимация зависимостей между напряжения и деформациями в программе MathCAD. Степенной закон Блюфингера»	Практическое занятие	2	Интерактивная (презентация)	ОПК-7	31(ОПК-7-9) У1(ОПК-7-9) Н1(ОПК-7-9)
Практическое занятие «Аппроксимация зависимостей между напряжения и деформациями в программе MathCAD. Параболическая зависимость Герстнера»	Практическое занятие	2	Интерактивная (презентация)	ОПК-7	31(ОПК-7-9) У1(ОПК-7-9) Н1(ОПК-7-9)
Практическое занятие «Аппроксимация зависимостей между напряжения и деформациями в программе MathCAD. Кубическая зависимость»	Практическое занятие	2	Интерактивная (презентация)	ОПК-7	31(ОПК-7-9) У1(ОПК-7-9) Н1(ОПК-7-9)
Практическое занятие «Аппроксимация зависимостей между напряжения и деформациями в программе MathCAD. Гиперболическая зависимость»	Практическое занятие	2	Интерактивная (презентация)	ОПК-7	31(ОПК-7-9) У1(ОПК-7-9) Н1(ОПК-7-9)
Текущий контроль по разделу 2			Выполнение практических заданий	ОПК-7	31(ОПК-7-9) У1(ОПК-7-9) Н1(ОПК-7-9))

<b>Раздел 3 Методы решения нелинейных задач</b>					
Основные методы решения нелинейных задач. Метод переменных параметров упругости, метод упругих решений. Метод Ньютона-Рафсона, метод Ньютона-Канторовича. Метод пошагового нагружения, метод дополнительных деформаций	Лекция	6	Интерактивная (презентация)	ОПК-7	31(ОПК-7-9)
Практическое занятие «Расчет центрально-растянутого стержня в программе MathCAD. Метод переменных параметров упругости»	Практическое занятие	2	Интерактивная (презентация)	ОПК-7	31(ОПК-7-9) У1(ОПК-7-9) Н1(ОПК-7-9)
Практическое занятие «Расчет центрально-растянутого стержня в программе MathCAD. Метод упругих решений»	Практическое занятие	2	Интерактивная (презентация)	ОПК-7	31(ОПК-7-9) У1(ОПК-7-9) Н1(ОПК-7-9))
Практическое занятие «Расчет центрально-растянутого стержня в программе MathCAD. Метод Ньютона-Рафсона,»	Практическое занятие	2	Интерактивная (презентация)	ОПК-7	31(ОПК-7-9) У1(ОПК-7-9) Н1(ОПК-7-9)
Текущий контроль по разделу 3			Выполнение практических заданий	ОПК-7	31(ОПК-7-9) У1(ОПК-7-9) Н1(ОПК-7-9)
<b>Раздел 4 Нелинейно-упругие балки</b>					
Основы расчета нелинейно-упругих балок; зависимость между кривизной оси балки и изгибающим моментом. Определение напряжений в балке. Определение перемещений в балке.	Лекция	6	Интерактивная (презентация)	ОПК-7	31(ОПК-7-9)
Практическое занятие «Определение перемещений в нелинейно-упругой железобетонной балке»	Практическое занятие	2	Интерактивная (презентация)	ОПК-7	31(ОПК-7-9) У1(ОПК-7-9) Н1(ОПК-7-9)
Практическое занятие «Определение напряжений в нелинейно-упругой железобетонной балке»	Практическое занятие	2	Интерактивная (презентация)	ОПК-7	31(ОПК-7-9) У1(ОПК-7-9) Н1(ОПК-7-9)
Практическое занятие «Расчет железобетонной балки с учетом физической нелинейности»	Практическое занятие	2	Интерактивная (презентация)	ОПК-7	31(ОПК-7-9) У1(ОПК-7-9) Н1(ОПК-7-9)



Текущий контроль по разделу 4			Выполнение практических заданий	ОПК-7	31(ОПК-7-9) У1(ОПК-7-9) Н1(ОПК-7-9)
<b>Раздел 5 Расчет конструкций по методу предельного равновесия</b>					
Основные положения метода предельного равновесия. Основы теории пластичности. Определение предельного состояния системы при растяжении-сжатии. Предельное состояние статически определимых систем при изгибе. Расчет статически неопределимых балок по предельному состоянию. Кинематический и статический способ. Расчет рам методом предельного равновесия.	Лекция	8	Интерактивная (презентация)	ОПК-7	31(ОПК-7-9)
Практическое занятие «Расчет растянутого стержня методом предельного равновесия»	Практическое занятие	2	Интерактивная (презентация)	ОПК-7	31(ОПК-7-9) У1(ОПК-7-9) Н1(ОПК-7-9)
Практическое занятие «Расчет балки методом предельного равновесия»	Практическое занятие	2	Интерактивная (презентация)	ОПК-7	31(ОПК-7-9) У1(ОПК-7-9) Н1(ОПК-7-9)
Практическое занятие «Расчет несущей способности стальной рамы методом предельного равновесия»	Практическое занятие	2	Интерактивная (презентация)	ОПК-7	31(ОПК-7-9) У1(ОПК-7-9) Н1(ОПК-7-9)
Практическое занятие «Расчет несущей способности железобетонной плиты методом предельного равновесия»	Практическое занятие	2	Интерактивная (презентация)	ОПК-7	31(ОПК-7-9) У1(ОПК-7-9) Н1(ОПК-7-9)
Текущий контроль по разделу 5			Выполнение практических заданий. Выполнение и защита расчетно-графической работы	ОПК-7	31(ОПК-7-9) У1(ОПК-7-9) Н1(ОПК-7-9)
<b>ИТОГО ПО ДИСЦИПЛИНЕ</b>	Лекции	34		ОПК-7	31(ОПК-7-9)
	Практические занятия	34		ОПК-7	31(ОПК-7-9) У1(ОПК-7-9) Н1(ОПК-7-9)
	Самостоятельная работа обучающихся	112	Подготовка к практическим занятиям, изучение теоретических разделов	ОПК-7	31(ОПК-7-9) У1(ОПК-7-9) Н1(ОПК-7-9)

			дисциплины, выполнение РГР		
<b>Промежуточная аттестация по дисциплине</b>	-		Зачет с оценкой	ОПК-7	З1(ОПК-7-9) У1(ОПК-7-9) Н1(ОПК-7-9)

## **6. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)**

Самостоятельная работа обучающихся, осваивающих дисциплину «Нелинейные задачи строительной механики», состоит из следующих компонентов: изучение теоретических разделов дисциплины; подготовка к практическим занятиям; подготовка, оформление и защита расчётно-графической работы.

Для успешного выполнения всех разделов самостоятельной работы учащимся рекомендуется использовать учебно-методическое обеспечение:

1. Ганджунцев М.И. Нелинейные задачи строительной механики [Электронный ресурс] : учебное пособие / М.И. Ганджунцев, Петраков А.А. — Электрон. текстовые данные. — М. : Московский государственный строительный университет, Ай Пи Эр Медиа, ЭБС АСВ, 2017. — 101 с. — 978-5-7264-1513-0. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/64535.html>

2. Лукашевич А.А. Нелинейные задачи строительной механики [Электронный ресурс] : учебное пособие / А.А. Лукашевич. — Электрон. текстовые данные. — СПб. : Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ, 2016. — 140 с. — 978-5-9227-0689-6. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/74385.html>

3. «Компьютерное моделирование в задачах строительной механики»  
Издатель: Издательство АСВ Автор: Городецкий А.С., Барабаш М.С., Сидоров В.Н. ISBN: 978-5-4323-0188-8 Кол-во страниц: 338 Год издания: 2016

Также при выполнении самостоятельной работы можно воспользоваться методическими материалами, которые находятся в установочном комплекте любой версии ПК Лира-САПР (учебной, демонстрационной или свободно распространяемой):

- файлы документации по ПК Лира-САПР (учебное пособие с обучающими примерами);
- файлы примеров по ПК Лира-САПР (файлы обучающих примеров в исходном формате \*.lir).

### **Перечень обучающих примеров расчетов с помощью ПК Лира-САПР, выполнение которых пошагово расписано в учебном пособии:**

Пример 1. Расчет плоской рамы

Пример 2. Расчет плиты

- Пример 3. Расчет рамы промышленного здания
- Пример 4. Расчет пространственного каркаса здания с фундаментной плитой на упругом основании
- Пример 5. Расчет металлической башни
- Пример 6. Расчет цилиндрического резервуара
- Пример 7. Нелинейный расчет двухпролетной балки с учетом ползучести бетона
- Пример 8. Расчет мачты в геометрически нелинейной постановке
- Пример 9. Расчет конструкции на грунтовом основании с применением системы ГРУНТ
- Пример 10. Расчет шпунта усиленного анкерами совместно с грунтовым массивом котлована (применение нелинейных элементов грунта, моделирование предварительного натяжения анкеров, моделирование процесса экскавации котлована)
- Пример 11\_М. Расчет конструкций с изменением жесткости грунтового основания (использование новой системы МЕТЕОР)
- Пример 12. Расчет стального каркаса здания с подготовкой информации для системы КМ-САПР
- Пример 12\_М. Расчет узла металлической фермы из круглых профилей
- Пример 16. Технология расчета на устойчивость к прогрессирующему обрушению
- Пример 17. Технология использования системы ГРУНТ для создания плоского и трехмерного грунтовых массивов
- Пример 20. Расчет многоэтажного здания с безригельным каркасом и проектирование монолитной плиты при помощи систем САПФИР-КОНСТРУКЦИИ и САПФИР-ЖБК
- Пример 21. Расчет пространственного каркаса здания при различных вариантах конструирования железобетонных конструкций
- Пример 22. Расчет конструкции на свайном основании с вычислением жесткости свай при помощи системы ГРУНТ (использование новых КЭ 57)
- В данном учебном пособии также приведено описание ленточного интерфейса и Книги отчетов.

График выполнения самостоятельной работы представлен в таблице 4.

### **Общие рекомендации по организации самостоятельной работы**

Общие рекомендации по организации самостоятельной работы:

Самостоятельная работа выполняется вне расписания учебных занятий, проводится параллельно и во взаимодействии с аудиторной работой по дисциплине и предполагает использование современных информационно-компьютерных образовательных технологий.

Задания и материалы для самостоятельной работы выдаются преподавателем во время аудиторных занятий согласно учебному расписанию. На аудиторных занятиях преподаватель также осуществляет контроль за ритмичностью и своевременностью выполнения компонентов самостоятельной работы, а также знаниями, умениями и навыками, приобретаемыми обучающимися в процессе выполнения самостоятельной работы, оказывает помощь студентам в правильной организации работы.

Чтобы выполнить весь объем самостоятельной работы необходимо заниматься предметом не менее двух - трех часов в неделю. Начинать самостоятельные внеаудиторные занятия следует с первых дней семестра. Первые дни семестра являются очень важными для того, чтобы включиться в работу, установить определенный порядок, равномерный ритм на учебный семестр. Ритм в работе – это ежедневные самостоятельные занятия, желательно в одни и те же часы, при целесообразном чередовании занятий с перерывами для отдыха.

Начинать работу следует со средних по трудности заданий, затем перейти к выполнению сложных заданий, и, наконец, закончить выполнением простых работ, требующих небольших интеллектуальных усилий.

Следует правильно организовать свои занятия по времени: 50 минут – работа, 5-10 минут – перерыв; после трех часов работы – перерыв 20 – 25 минут. В противном случае нарастающее утомление повлечет неустойчивость внимания. Существенным фактором, влияющим на повышение умственной работоспособности, являются систематические занятия физкультурой. Организация активного отдыха предусматривает чередование умственной и физической активности, что полностью восстанавливает работоспособность человека.

Расчетно-графическая работа (РГР) предназначена для закрепления теоретических знаний и приобретения студентами практических навыков расчетов строительных конструкций с учетом нелинейной работы материалов.

Таблица 4 - Рекомендуемый график выполнения самостоятельной работы студентов в 9 семестре

Вид самостоятельной работы	Часов в неделю																	Итого по видам работ
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
Подготовка к практическим занятиям	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	34
Изучение теоретических разделов дисциплины	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	50
Подготовка, оформление и защита РГР	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	28
<b>ИТОГО в 8 семестре</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>7</b>	<b>7</b>	<b>7</b>	<b>7</b>	<b>7</b>	<b>7</b>	<b>7</b>	<b>7</b>	<b>7</b>	<b>7</b>	<b>112</b>

## 7. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю)

Таблица 5 – Паспорт фонда оценочных средств

Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции (или ее части)	Наименование оценочного средства	Показатели оценки
1. Основные понятия нелинейной строительной механики	31(ОПК-7-9)	Собеседование	Демонстрирует теоретические знания основных понятий нелинейной строительной механики
2. Модели нелинейно-упругого материала	31(ОПК-7-9) У1(ОПК-7-9) Н1(ОПК-7-9)	Выполнение практических заданий.	Демонстрирует теоретические знания моделей нелинейно-упругого материала, умения и навыки определения основных параметров нелинейных зависимостей диаграмм «деформации-напряжения»
3. Методы решения нелинейных задач	31(ОПК-7-9) У1(ОПК-7-9) Н1(ОПК-7-9)	Выполнение практических заданий.	Демонстрирует теоретические знания методов решения нелинейных задач и алгоритмов их численной реализации, умения и навыки численных расчетов строительных конструкций с учетом различного типа нелинейностей
4. Нелинейно-упругие балки	31(ОПК-7-9) У1(ОПК-7-9) Н1(ОПК-7-9)	Выполнение практических заданий.	Демонстрирует теоретические знания основ расчетов нелинейно-упругих балок, умения и навыки определения напряжений и перемещений в нелинейно-упругих балках с помощью ПК Лира-САПР и ПК SK TARK-ES
5. Расчет конструкций по методу предельного равновесия	31(ОПК-7-9) У1(ОПК-7-9) Н1(ОПК-7-9)	Выполнение практических заданий.	Демонстрирует теоретические знания основ метода предельного равновесия, навыки и умения выполнения расчетов балок и рам методом предельного равновесия
	31(ОПК-7-9) У1(ОПК-7-9) Н1(ОПК-7-9)	РГР «Расчет железобетонной балки с учетом физической нелинейности»	Демонстрирует теоретические знания в области расчетов железобетонных конструкций с учетом физической нелинейности, навыки и умения выполнения нелинейных расчетов балок МКЭ с помощью ручного счета в программе MathCAD, с помощью ПК Лира-САПР и ПК SK TARK-ES
Все разделы дисциплины	31(ОПК-7-9) У1(ОПК-7-9) Н1(ОПК-7-9)	Коллоквиум. Выполнение практических задач	Демонстрирует теоретические знания основных понятий нелинейной строительной механики, умения и навыки численных расчетов строительных конструкций с учетом различного типа нелинейностей

Промежуточная аттестация проводится в 9 семестре в форме зачета с оценкой.

Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенции, представлены в виде технологической карты дисциплины (таблица 6).

Таблица 6 – Технологическая карта

Наименование оценочного средства	Сроки оценивания	Шкала оценивания	Критерии оценивания
<b>9 семестр</b> <b>Промежуточная аттестация в форме зачета с оценкой.</b>			
Коллоквиум	3 неделя	10 баллов	<p><i>10 баллов – студент показал отличные знания и кругозор при ответах на вопросы, показал отличное умение логически строить ответ, отлично владел монологической речью.</i></p> <p><i>8 балла – студент показал хорошие знания и кругозор при ответах на вопросы, показал хорошее умение логически строить ответ, хорошо владел монологической речью.</i></p> <p><i>6 балла – студент показал удовлетворительные знания и кругозор при ответах на вопросы, удовлетворительно показал умение логически строить ответ, удовлетворительно владел монологической речью.</i></p> <p><i>4 балла - студент показал неудовлетворительные знания и кругозор при ответах на вопросы, неудовлетворительно логически строил ответ, неудовлетворительно владел монологической речью.</i></p> <p><i>0 баллов – студент не отвечал на поставленные вопросы, не мог логически строить ответ.</i></p>
Выполнение практических заданий	6 неделя	10 баллов	<p><i>10 баллов - 91-100% правильных ответов – высокий уровень знаний, умений и навыков;</i></p> <p><i>6 баллов - 71-90% % правильных ответов – достаточно высокий уровень знаний, умений и навыков;</i></p> <p><i>4 баллов - 61-70% правильных ответов – средний уровень знаний, умений и навыков;</i></p> <p><i>2 балла - 51-60% правильных ответов – низкий уровень знаний, умений и навыков;</i></p> <p><i>0 баллов - 0-50% правильных ответов – очень низкий уровень знаний, умений и навыков;</i></p>

Наименование оценочного средства	Сроки оценивания	Шкала оценивания	Критерии оценивания
Выполнение практических заданий	9 неделя	10 баллов	10 баллов - 91-100% правильных ответов – высокий уровень знаний, умений и навыков; 6 баллов - 71-90% % правильных ответов – достаточно высокий уровень знаний, умений и навыков; 4 баллов - 61-70% правильных ответов – средний уровень знаний, умений и навыков; 2 балла - 51-60% правильных ответов – низкий уровень знаний, умений и навыков; 0 баллов - 0-50% правильных ответов – очень низкий уровень знаний, умений и навыков;
Выполнение практических заданий	9 неделя	10 баллов	10 баллов - 91-100% правильных ответов – высокий уровень знаний, умений и навыков; 6 баллов - 71-90% % правильных ответов – достаточно высокий уровень знаний, умений и навыков; 4 баллов - 61-70% правильных ответов – средний уровень знаний, умений и навыков; 2 балла - 51-60% правильных ответов – низкий уровень знаний, умений и навыков; 0 баллов - 0-50% правильных ответов – очень низкий уровень знаний, умений и навыков;
Выполнение практических заданий	15 неделя	10 баллов	10 баллов - 91-100% правильных ответов – высокий уровень знаний, умений и навыков; 6 баллов - 71-90% % правильных ответов – достаточно высокий уровень знаний, умений и навыков; 4 баллов - 61-70% правильных ответов – средний уровень знаний, умений и навыков; 2 балла - 51-60% правильных ответов – низкий уровень знаний, умений и навыков; 0 баллов - 0-50% правильных ответов – очень низкий уровень знаний, умений и навыков;
Расчетно-графическая работа	В течение семестра	20 баллов	20 баллов - Студент полностью выполнил задание, показал отличные умения и навыки в рамках усвоенного учебного материала, контрольная работа оформлена аккуратно и в соответствии с предъявляемыми требованиями. 10 баллов - Студент полностью выполнил задание, показал хорошие умения навыки в рамках усвоенного учебного материала, но не смог обосновать оптимальность предложенного решения, допущены одна или две неточности, есть недостатки в оформлении. 5 баллов - Студент полностью выполнил задание, но допустил существенные неточности и грубые ошибки, не проявил умения правильно интерпретировать полученные результаты, качество оформления имеет недостаточный уровень. 0 баллов - Студент не полностью выполнил задание, при этом проявил недостаточный уровень умений и навыков, а также не способен пояснить полученный результат.



Наименование оценочного средства	Сроки оценивания	Шкала оценивания	Критерии оценивания
<b>Текущий контроль</b>		<b>70 баллов</b>	-
Коллоквиум		2 вопроса по 10 баллов	<p>Один вопрос:</p> <p>10 баллов – студент правильно ответил на теоретический вопрос билета. Показал отличные знания в рамках усвоенного учебного материала. Ответил на все дополнительные вопросы.</p> <p>7 баллов – студент ответил на теоретический вопрос билета с небольшими неточностями. Показал хорошие знания в рамках усвоенного учебного материала. Ответил на большинство дополнительных вопросов.</p> <p>4 балла – студент ответил на теоретический вопрос билета с существенными неточностями. Показал удовлетворительные знания в рамках усвоенного учебного материала. При ответах на дополнительные вопросы было допущено много неточностей.</p> <p>0 баллов – при ответе на теоретический вопрос билета студент продемонстрировал недостаточный уровень знаний. При ответах на дополнительные вопросы было допущено множество неправильных ответов.</p>
Практическая задача		1 задача по 10 баллов	<p>Одна задача:</p> <p>10 баллов – студент правильно выполнил практическое задание билета. Показал отличные умения и навыки в рамках усвоенного учебного материала. Ответил на все дополнительные вопросы.</p> <p>7 баллов – студент выполнил практическое задание билета с небольшими неточностями. Показал хорошие умения и навыки в рамках усвоенного учебного материала. Ответил на большинство дополнительных вопросов.</p> <p>3 балла – студент выполнил практическое задание билета с существенными неточностями. Показал удовлетворительные умения и навыки в рамках усвоенного учебного материала. При ответах на дополнительные вопросы было допущено много неточностей.</p> <p>0 баллов – при выполнении практического задания билета студент продемонстрировал недостаточный уровень умений. При ответах на дополнительные вопросы было допущено множество неправильных ответов.</p>
<b>Итого</b>		<b>100 баллов</b>	-

Наименование оценочного средства	Сроки оценивания	Шкала оценивания	Критерии оценивания
<p>Критерии оценки результатов обучения по дисциплине:</p> <p>0 - 64 % от максимально возможной суммы баллов - "неудовлетворительно" (недостаточный уровень для промежуточной аттестации по дисциплине);</p> <p>65 - 74 % от максимально возможной суммы баллов - "удовлетворительно" (пороговый (минимальный) уровень);</p> <p>75 - 84 % от максимально возможной суммы баллов - "хорошо" (средний уровень);</p> <p>85 - 100 % от максимально возможной суммы баллов - "отлично" (высокий (максимальный) уровень)</p>			

## Типовые задания для текущего контроля

### Собеседование

#### Раздел 1. Основные понятия нелинейной строительной механики.

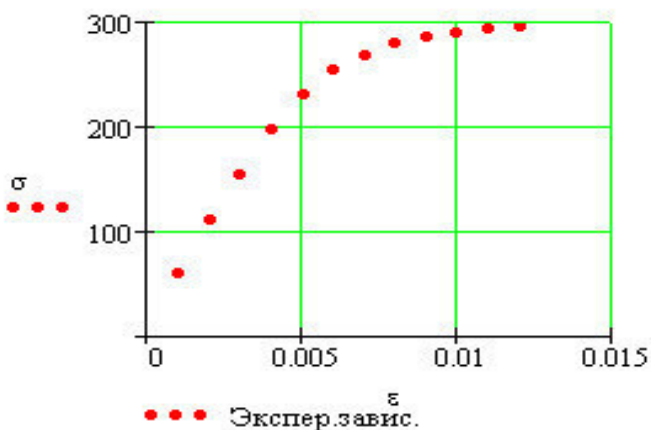
1. Основные принципы линейной строительной механики.
2. Методы расчета конструкций на прочность, жесткость и устойчивость, используемые в строительной механике.
3. Расчет конструкций по методу допускаемых напряжений.
4. Расчет конструкций по методу разрушающих нагрузок.
5. Расчет конструкций по методу предельных состояний.
6. Виды нелинейности, учитываемые при прочностных расчетах инженерных сооружений и конструкций.
7. Физическая нелинейность.
8. Геометрическая нелинейность.
9. Конструктивная нелинейность.
10. Простое и сложное нагружения.
11. Активная и пассивная деформации.
12. Расчет по деформируемой схеме.
13. Типичные экспериментальные диаграммы растяжения для различных материалов.
14. Петля гистерезиса
15. Площадка текучести. Пределы текучести и прочности.

#### Раздел 2. Модели нелинейно-упругого материала

##### Практические задания

Найти неизвестные коэффициенты зависимости между напряжения и деформациями нелинейно-упругого материала в программе MathCAD с помощью метода наименьших квадратов.

Экспериментальная зависимость



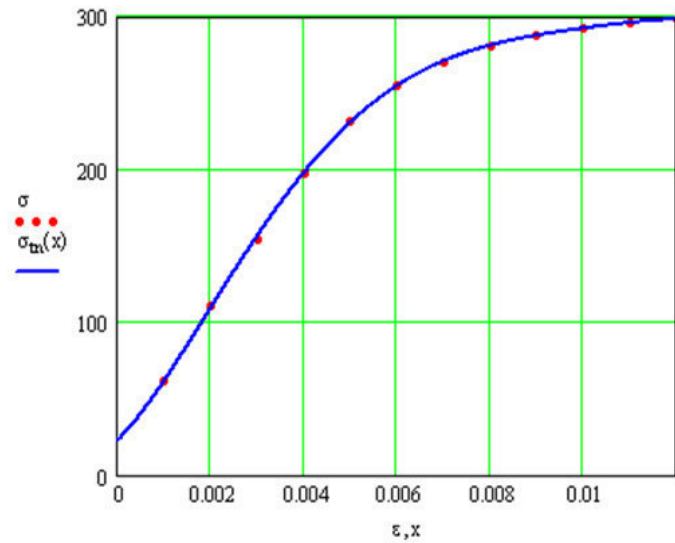
Теоретическая зависимость между напряжениями и деформациями

$$k := \text{linfit}(\varepsilon, \sigma, F)$$

$$F(x) := \begin{pmatrix} 1 \\ x \\ x^2 \\ x^3 \\ x^4 \\ x^5 \end{pmatrix}$$

$$k = \begin{pmatrix} 22.318 \\ 3.097 \times 10^4 \\ 1.051 \times 10^7 \\ -2.517 \times 10^9 \\ 1.95 \times 10^{11} \\ -5.241 \times 10^{12} \end{pmatrix}$$

$$\sigma_{\text{th}}(x) := \sum_{i=1}^{\text{rows}(k)} k_i \cdot F(x)_i$$



### Раздел 3. Методы решения нелинейных задач

#### Практические задания

Выполнить нелинейный расчет центрального растянутого железобетонного стержня методом последовательных приближений.

#### Класс бетона - В20

тяжелый, подвергнутый тепловой обработке

$$\varepsilon_{s_c} := 0.00125 \quad \varepsilon_{s_t} := 0.000117 \quad E := 24000 \quad R_{bn} := 15 \quad R_{bt_n} := 1.4$$

$$\sigma(\varepsilon_s) := \frac{E \cdot \varepsilon_s}{1 + \left(\frac{\varepsilon_s}{\varepsilon_{s_t}}\right)^2}$$

Максимальные деформации растяжения и сжатия подбираются из условия равенства нормативных сопротивлений и теоретических максимальных напряжений, соответствующих деформациям разрушения

$$\sigma(\varepsilon_{s_t}) = 1.4$$

#### РАСЧЕТ ЦЕНТРАЛЬНО РАСТЯНУТОГО СТЕРЖНЯ

$$A := 20 \text{ см}^2 \quad N := 220 \text{ кН}$$

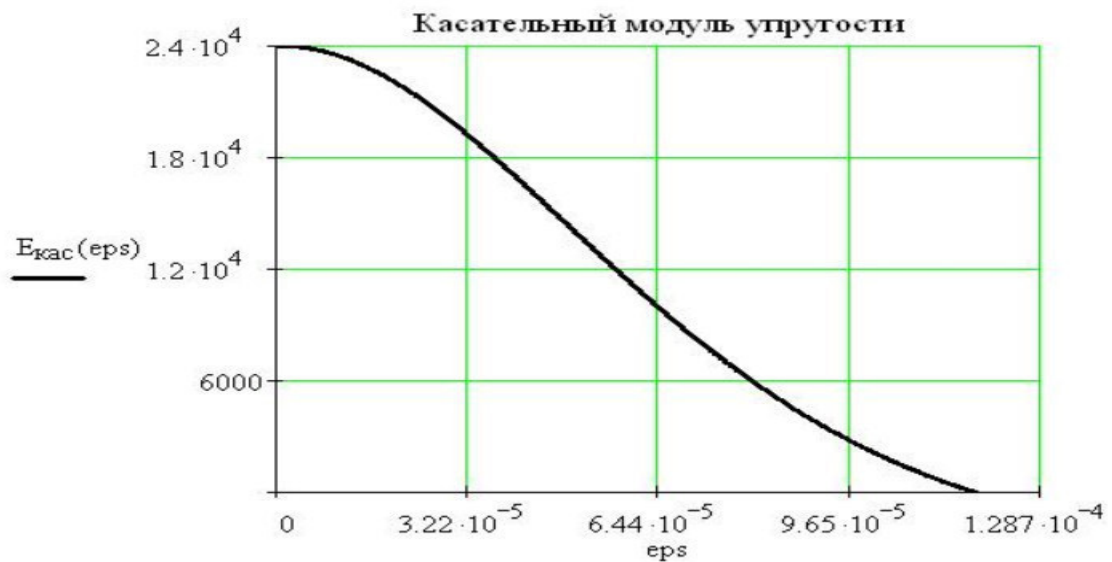
$$\sigma_f := \frac{N}{A} \quad \sigma_f = 11 \frac{\text{кН}}{\text{см}^2}$$

$$\sigma_f := \sigma_f \cdot 10^{-1} \quad \sigma_f = 1.1 \text{ МПа}$$

#### Задача

$$\sigma_{f1}(\varepsilon_s) := \sigma_f$$

Вычислить методом последовательных приближений деформацию



**ТРЕТЬЕ ПРИБЛИЖЕНИЕ (ИТЕРАЦИЯ)**

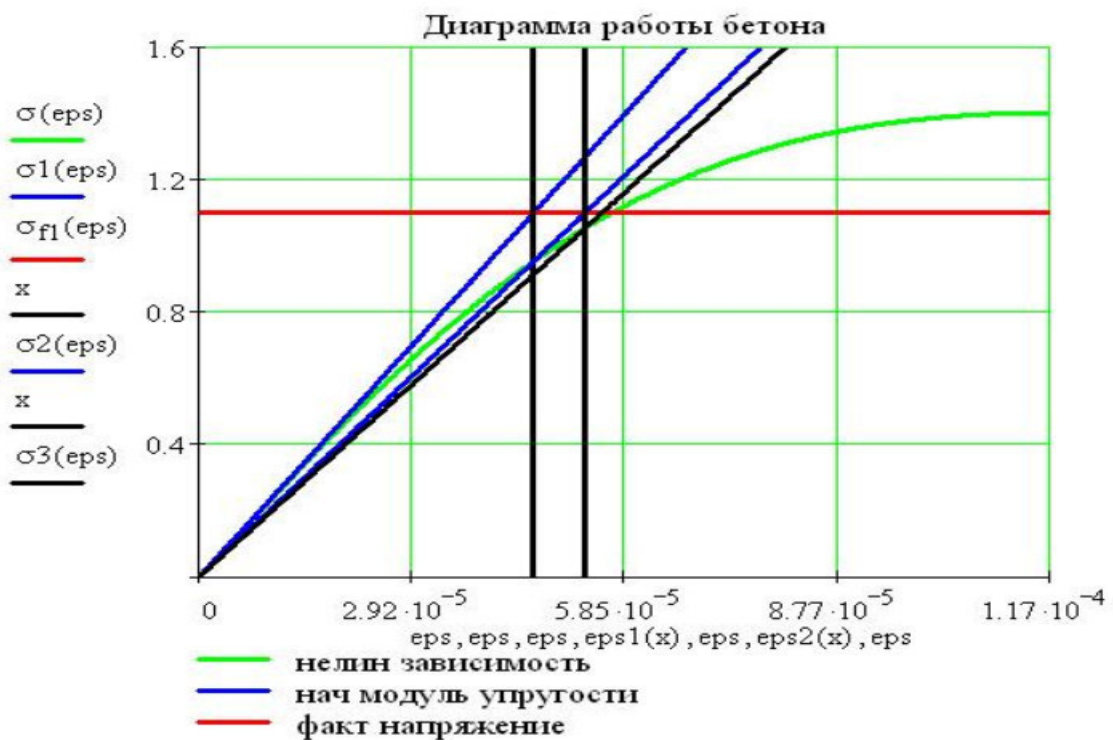
1. По результатам второй итерации вычислим секущий модуль упругости

$$E_{\text{сек}3} := E_{\text{сек}}(\text{eps}_2)$$

$$E_{\text{сек}3} = 19930.715 \quad \text{МПа}$$

Линейная зависимость по секущему модулю упругости на второй итерации

$$\sigma_3(\text{eps}) := E_{\text{сек}3} \cdot \text{eps}$$



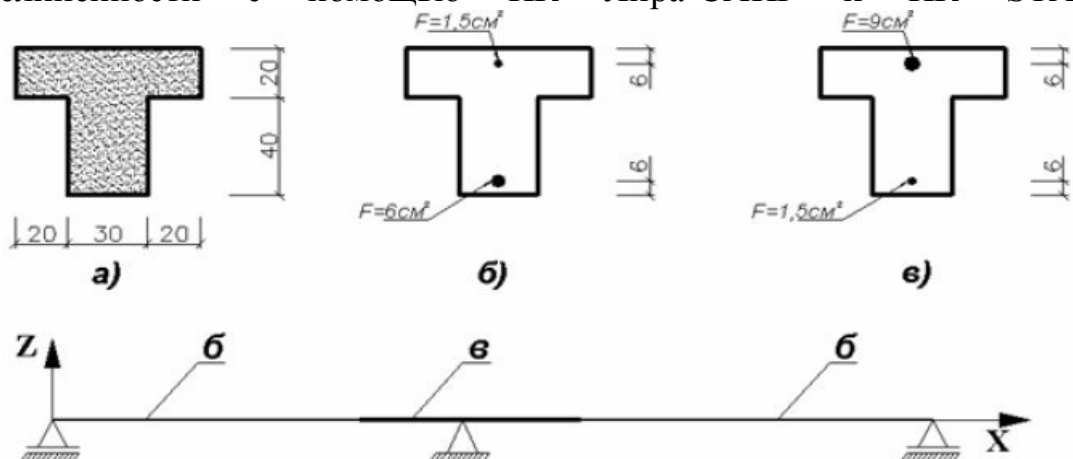
### 3. Проверка сходимости решения

$$\Delta_2 := \left| \frac{\epsilon_{ps3} - \epsilon_{ps2}}{\epsilon_{ps3}} \right| \cdot 100 \quad \Delta_2 = 4.211 \quad \%$$

## Раздел 4. Нелинейно-упругие балки

### Практические задания

Выполнить расчет железобетонной балки с учетом физической нелинейности с помощью ПК Лира-САПР и ПК STARK ES.



### Характеристики физической нелинейности стержней

Тип арматурных включений

Номер слоя арматуры: 1

Fa: 6 см<sup>2</sup> у: 0 см z: 6 см

Точечная арматура

Типы дробления поперечного сечения

Дробление на элементарные полосы

NZ1: 5 NZ2: 5

Применяется при расчете схем с признаками 2, 3. При признаках 4, 5 приводит к потере ряда жесткостей!

Подтвердить Нарисовать Отменить Справка

### Законы нелинейного деформирования материалов

Учитывать армирующий материал  
 Учитывать ползучесть бетона

Основной материал

Закон нелинейного деформирования: 25 - экспоненциальный (нормативная прочность)

№ записи: 1 [Новая] [Копировать] [Удалить]

Загрузить закон из файла

Комментарий

Параметры закона нелинейного деформирования

Параметры	Значения	
Класс бетона	B25	
Тип бетона	ТА	
$E_0$	30600000	$\pi/\mu^2$
$\sigma(-)$	1890	$\pi/\mu^2$
$\sigma(+)$	163	$\pi/\mu^2$
$\varepsilon(-)$		
$\varepsilon(+)$		
K		

Нарисовать

Теории прочности (для КЭ пластин)

Сохранить закон в файл

Текущий закон  Все законы проекта

[Подтвердить] [Отменить] [Справка]

### Моделирование нелинейных нагружений конструкции

Шаговый метод

История: <1> <2> <?>

Параметры Печать

N нагружения: 3

Метод расчета: (1) Простой шаговый

Минимальное число итераций: 300 Количество шагов: 30

Значения коэффициентов к нагрузкам по шагам

Чтение из файла

Ввод и редактирование

Равномерные шаги

Точность: 0.0001 Начальный шаг: 1e-009

Суммарный коэффициент: 1

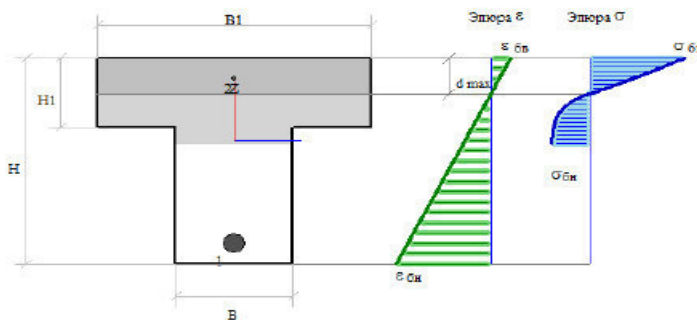
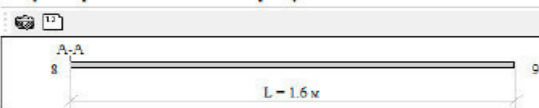
Печать: Перемещения и усилия после каждого

Вывод промежуточных результатов: Выводить все

Ползучесть

[+] [✂] [✓] [?]

#### Характеристики сечения с трещинами



Параметр	Единица измерения	Значение
$\varepsilon_{6n}$		-0.142
$\varepsilon_{6k}$		0.671
$\sigma_{6n}$	$\pi/\mu^2$	-396.3
$\sigma_{6k}$	$\pi/\mu^2$	162.3
$\sigma_{6max}$	$\pi/\mu^2$	-396.3
a ср	см	0.21
h ср	см	34.76
l ср	см	51.49
$\alpha$	рад	-0.00
d max	см	10.5
H	см	60.0
B	см	30.0
H1	см	20.0
B1	см	70.0

## Раздел 5. Расчет конструкций по методу предельного равновесия

### Практические задания

Определить предельную нагрузку для трехпролетной неразрезной балки (рисунки 1 и 2). Балка имеет одинаковые поперечные сечения во всех пролетах из двух двутавров № 40. Пределы текучести материала при растяжении и сжатии одинаковы и равны 200 МПа.

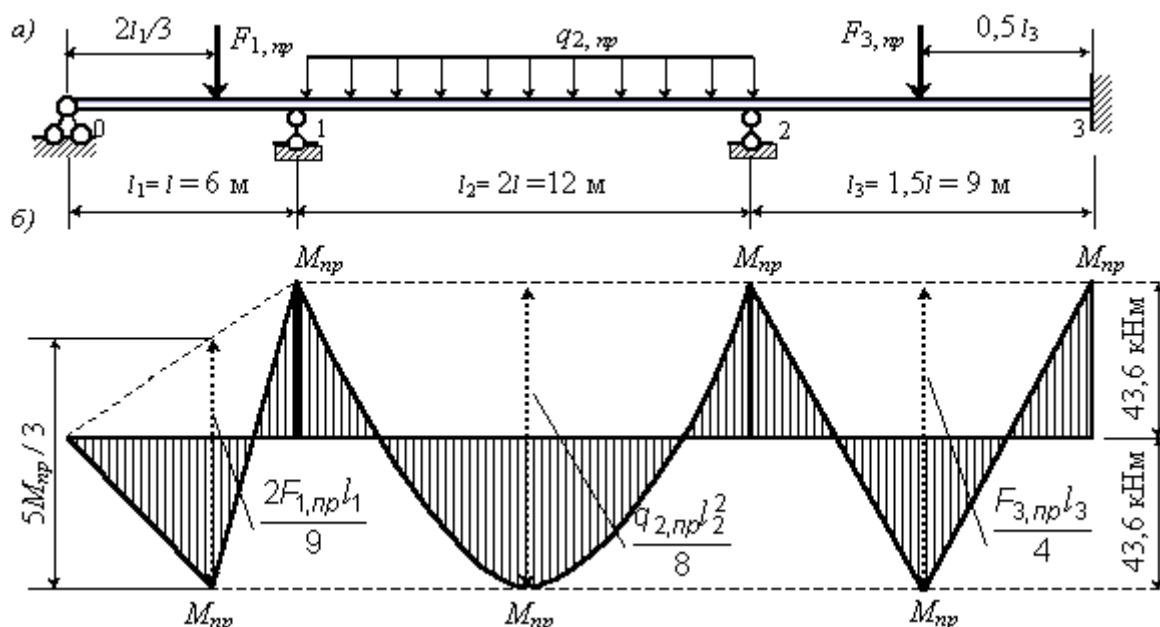


Рисунок 1 а – схема балки; б – эпюра изгибающих моментов при предельном состоянии каждого пролета

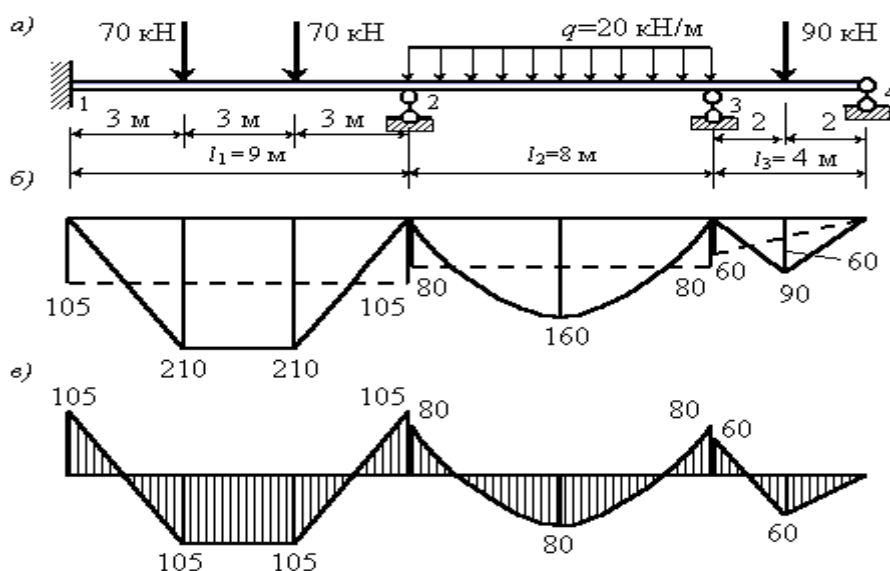


Рисунок 2. а – схема балки; б – балочные эпюры изгибающих моментов в каждом пролете; в – эпюры, полученные в результате выравнивания опорных моментов и моментов в пролетах.



## **РГР «Расчет железобетонной балки с учетом физической нелинейности»**

Выполнить железобетонной расчет балки с учетом физической нелинейности:

- а) с помощью ПК Лира-САПР;
- б) с ПК STARK ES.

Состав и порядок оформления РГР.

1. Выполнить железобетонной расчет балки с учетом физической нелинейности в ПК Лира-САПР.
2. Выполнить железобетонной расчет балки с учетом физической нелинейности в ПК STARK ES.
3. Сравнить результаты расчетов, полученные в ПК Лира-САПР и ПК STARK ES. Если расхождение результатов превышает 5 процентов, найти ошибки и исправить их.
4. Проанализировать полученные результаты (эпюры внутренних усилий, перемещения) на предмет корректности, используя правила строительной механики.
5. Перенести результаты всех расчетов в программу MathCAD.
6. Полный ход выполнения работы оформить в программе MathCAD и перевести его в формат \*.pdf.
7. Объединить файлы \*.pdf хода выполнения работы и полученной ранее расчетной схемы балки.
8. В папку с отчетом по РГР скопировать все расчетные и графические файлы из программ ПК Лира-САПР, ПК STARK ES, MathCAD. Наличие всех этих файлов является обязательным при защите РГР. Итоговый файл в формате \*.pdf, который впоследствии выставляется в личный кабинет студента, в первую очередь необходим для отчетности. Но этот файл является слабой копией проделанной студентом работой и не дает полной возможности оценить корректность выполненных расчетов, соответствие РГР номеру варианта, правильности выполнения чертежа расчетной схемы. Все свойства объектов (графических, математических и т.д.) могут быть доступны только в исходных оригинальных файлах.

### **Вопросы к коллоквиуму**

1. Основные принципы, положенные в основу линейной строительной механики.
2. Основные виды нелинейностей в задачах строительной механики и их краткая характеристика.
3. Физически нелинейные задачи. Основные расчётные модели материалов.
4. Понятия: секущего модуля упругости, секториального модуля упругости и касательного модуля упругости.
5. Уравнение изгиба балки из нелинейно-упругого материала.

6. Уравнение изгиба пластины из нелинейно-упругого материала.
7. Итерационные методы решения физически нелинейных задач. Метод упругих решений.
8. Итерационный метод переменных параметров упругости для физически нелинейных задач.
9. Итерационный метод Ньютона–Рафсона для физически нелинейных задач. Модифицированный метод Ньютона-Канторовича.
10. Метод последовательных нагружений для физически нелинейных задач.
11. Расчёт нелинейно-упругих балок. Метод Бубнова-Галёркина.
12. Расчёт балки из нелинейно-упругого материала методом упругих решений.
13. Метод предельного равновесия. Основные положения теории предельного равновесия.
14. Понятия предельного усилия и пластического шарнира. Статически допустимое распределение усилий.
15. Конструктивная нелинейность.
16. Упругие системы с односторонними связями.
17. Понятие рабочей системы на примере конструктивно нелинейной неразрезной балки.
18. Расчёт по деформированному состоянию простейшей шарнирно-стержневой системы.
19. Расчёт рам по деформированному состоянию методом перемещений.
20. Расчёт пологой нити при действии распределённой нагрузки. Понятие цепной линии.

**Практические задачи.**

1. Расчет мачты в ПК Лира-САПР с учетом геометрической нелинейности.
2. Расчет мачты в ПК STARK ES с учетом геометрической нелинейности.
3. Расчет железобетонной балки в ПК Лира-САПР с учетом физической нелинейности.
4. Расчет железобетонной балки в ПК STARK ES с учетом физической нелинейности.
5. Расчет железобетонной плиты в ПК Лира-САПР с учетом физической нелинейности.
6. Расчет железобетонной плиты в ПК STARK ES с учетом физической нелинейности.
7. Расчет фундаментной плиты в ПК Лира-САПР с учетом конструктивной нелинейности.
8. Расчет фундаментной плиты в ПК STARK ES с учетом конструктивной нелинейности.

## **8 Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины**

### **8.1 Основная литература**

1. Ганджунцев М.И. Нелинейные задачи строительной механики [Электронный ресурс] : учебное пособие / М.И. Ганджунцев, Петраков А.А. — Электрон. текстовые данные. — М. : Московский государственный строительный университет, Ай Пи Эр Медиа, ЭБС АСВ, 2017. — 101 с. — 978-5-7264-1513-0. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/64535.html>
2. Лукашевич А.А. Нелинейные задачи строительной механики [Электронный ресурс] : учебное пособие / А.А. Лукашевич. — Электрон. текстовые данные. — СПб. : Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ, 2016. — 140 с. — 978-5-9227-0689-6. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/74385.html>
3. Петров В.В. Нелинейная строительная механика. Часть 1. Физическая нелинейность [Электронный ресурс] : учебное пособие / В.В. Петров. — Электрон. текстовые данные. — Саратов: Саратовский государственный технический университет имени Ю.А. Гагарина, ЭБС АСВ, 2015. — 168 с. — 978-5-7433-2927-4. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/76491.html>
4. Петров В.В. Нелинейная строительная механика. Часть 2. Геометрическая нелинейность [Электронный ресурс] : учебное пособие / В.В. Петров. — Электрон. текстовые данные. — Саратов: Саратовский государственный технический университет имени Ю.А. Гагарина, ЭБС АСВ, 2016. — 152 с. — 978-5-7433-3025-6. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/76492.html>

### **8.2 Дополнительная литература**

1. «Компьютерное моделирование в задачах строительной механики» Издатель: [Издательство АСВ](#) Автор: Городецкий А.С., Барабаш М.С., Сидоров В.Н. ISBN: 978-5-4323-0188-8 Кол-во страниц: 338 Год издания: 2016
2. Расчет строительных стержневых конструкций в ПК «ЛИРА-САПР 2011» : учеб. пособие / Ю. Н. Чудинов. – Комсомольск-на-Амуре : ФБГОУ ВПО «КНАГТУ», 2013. – 88 с.
3. Физически нелинейные процессы в строительных конструкциях [Электронный ресурс] : учебное пособие / В.П. Агапов [и др.]. — Электрон. текстовые данные. — М. : Московский государственный строительный университет, ЭБС АСВ, 2013. — 129 с. — 978-5-7264-0727-2. — Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/20045.html>

## 9 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» (далее – сеть «Интернет»), необходимых для освоения дисциплины (модуля)

1. «Кодекс»: Сайт компании профессиональных справочных систем. Система Нормативно-Технической Информации «Кодекстехэксперт». Режим доступа (<http://www.cntd.ru>), свободный
2. КонсультантПлюс : Справочно-правовая система /Сайт компании справочной правовой системы «КонсультантПлюс». Режим доступа свободный.
3. Электронно-библиотечная система ZNANIUM.COM. Режим доступа ([www.znanium.com](http://www.znanium.com)), ограниченный.
4. Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU. Электронный портал научной литературы. Режим доступа ([www.elibrary.ru](http://www.elibrary.ru)).
5. Электронно-библиотечная система «IPRbooks». Электронный портал. Режим доступа (<http://www.iprbookshop.ru>).
6. «Лира-Сапр»: Сайт компании разработчика САПР для строительства ООО «Лира-САПР». База знаний. Режим доступа свободный. <https://help.liraland.ru/>
7. Материалы вебинара «Проектирование строительных конструкций с применением программ семейства ЛИРА-САПР 2015», 29 мая 2015 г. Организаторы – КнАГТУ (Комсомольск-на-Амуре) и ООО «Лира-САПР» (Киев), часть 1: <https://www.youtube.com/watch?v=7qj1K0RA-No>
8. Материалы вебинара «Проектирование строительных конструкций с применением программ семейства ЛИРА-САПР 2015», 29 мая 2015 г. Организаторы – КнАГТУ (Комсомольск-на-Амуре) и ООО «Лира-САПР» (Киев), часть 2: <https://www.youtube.com/watch?v=RRvpsxgvZsQ>

## 10 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

Обучение дисциплине «Нелинейные задачи строительной механики» предполагает изучение курса на аудиторных занятиях и в ходе самостоятельной работы. Аудиторные занятия проводятся в форме лекций и практических занятий. Самостоятельная работа включает: подготовку к практическим занятиям; изучение теоретических разделов дисциплины, выполнение расчётно-графической работы.

Таблица 7 - Методические указания к освоению дисциплины

Компонент учебного плана	Организация деятельности обучающихся
Самостоятельное изучение теоретических разделов дисциплины	В процессе самостоятельного изучения разделов дисциплины обучающиеся продолжают усвоение базовых теоретических сведений по основам нелинейной строительной механики. Обучающимися составляются краткие конспекты изученного

	<p>материала. В ходе работы студенты учатся выделять главное, самостоятельно делать обобщающие выводы. Каждый конспект должен содержать план, основную часть (структурированную в соответствии с основными вопросами темы) и заключение, содержащее собственные выводы студента.</p>
Лекционные занятия	<p>В процессе проведения лекционных занятий рекомендуется вести конспектирование учебного материала, обращать внимание на категории, формулировки, раскрывающие содержание тех или иных явлений и процессов, научные выводы и практические рекомендации. Рекомендуется избегать дословного записывания информации за преподавателем, а самостоятельно делать краткие формулировки основных положений лекционного материала. Желательно оставлять в рабочих конспектах поля, на которых делать пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений. В ходе лекции студенты могут задавать преподавателю уточняющие вопросы с целью уяснения теоретических положений, разрешения спорных ситуаций. Перед началом каждой лекции рекомендуется прочесть материал предыдущего лекционного занятия с целью установления взаимосвязей нового учебного материала с усвоенным ранее для формирования целостного видения изучаемой дисциплины.</p>
Практические занятия	<p>Практические занятия проходят в специальном компьютерном классе. Перед выполнением работы студентам выдается методическое обеспечение в текстовом виде и указывается конкретный адрес папки на сервере \\initsrv\LabSAPR, где хранятся методические указания в электронном виде. Если по выполняемому заданию на сервере (канале Youtube.com) имеется видеоурок по выполнению задания, то также указывается место его хранения. Перед началом работы преподаватель знакомит студентов с основными целями и задачами работы и демонстрирует с помощью проектора примерный алгоритм выполнения практического задания. Затем студенты под контролем преподавателя, а также с помощью методических указаний и видеоуроков выполняют практическое задание в одной из программ - «MathCAD», «STARK ES», или «ЛиРА-САПР». Окончательный отчет оформляется в программе «MathCAD» и параллельно этот отчет экспортируется в формат pdf. В папке студента, где хранится отчет (в форматах *.xmcd и *.pdf) по конкретным заданиям студент также сохраняет файлы выполнения работы в исходных форматах (*.lir, *.fem, *.dwg) Для закрепления теоретического материала и особенно для закрепления навыков работы в САПР-программах студент должен повторить ход выполнения практических заданий дома.</p>
Расчётно-графическая работа	<p>Выполнение расчётно-графической работы предназначено для практического закрепления и расширения полученных теоретических знаний, дальнейшего развития практических умений и навыков, что в свою очередь способствует более успешному формированию указанной компетенции. Данный вид работы рекомендуется выполнять постепенно в течение семестра по мере изучения материала дисциплины.</p>

	<p>В качестве вспомогательного материала для выполнения расчётных заданий студенты могут воспользоваться примерами решения типовых задач и видеоуроками на сервере лаборатории САПР (канале youtube.com). Исходные данные для расчётного задания, график выполнения, сроки сдачи и защиты каждым студентом согласуется с преподавателем, ведущим практические занятия.</p> <p>Работа оформляется в соответствии с требованиями, предъявляемыми к студенческим работам.</p>
--	--

## **11 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)**

С целью повышения качества ведения образовательной деятельности в университете создана электронная информационно-образовательная среда. Она подразумевает организацию взаимодействия между обучающимися и преподавателями через систему личных кабинетов студентов, расположенных на официальном сайте университета в информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» по адресу <https://student.knastu.ru>. Созданная информационно-образовательная среда позволяет осуществлять взаимодействие между участниками образовательного процесса посредством организации дистанционного консультирования по вопросам выполнения практических заданий.

В образовательном процессе при изучении дисциплины «Нелинейные задачи строительной механики» используются следующее программное обеспечение.

1. ПК «ACADEMIK SET» (сетевая лицензия на 20 рабочих мест + 1 локальная лицензия для преподавателя в составе)
  - программный комплекс "ЛИРА-САПР FULL" (со всеми специализированными расчетно-графическими системами)
  - программный комплекс "МОНОМАХ-САПР PRO";
  - программный комплекс "ЭСПРИ" (разделы "Математика для инженера", "Сечения", "Нагрузки и воздействия")
  - Система архитектурного проектирования "САПФИР PRO"

ПК «ACADEMIK SET» используется в учебном процессе на основании соглашения о сотрудничестве между КнАГУ и ООО «Ли́ра-Сервис» от 21 ноября 2016 г.

У студентов есть возможность установить ПК «САПФИР» и на личные домашние компьютеры. Компания-разработчик представляет два варианта использования лицензионного программного обеспечения

1. Установка свободно распространяемой рабочей версии ПК «ЛИРА-САПР 2013» (в состав которого входит ПК «САПФИР-2015»)

<http://www.liraland.ru/files/lira2013/>

2. Установка свободно распространяемой демонстрационной версии ПК «ЛИРА-САПР 2017» (в состав которого входит ПК «САПФИР-2017»)

<http://www.liraland.ru/files/>

Для облегчения процедуры установки программы Лира-САПР на личные ПК для студентов записан видеоурок по установке программы, хранящийся в папке \\initsrv\LabSAPR\ВИДЕО ПО УСТАНОВКЕ ПРОГРАММ\ЛИРА\_САПР УСТАНОВКА (файл - Установка ПК Лира САПР.mp4).

2. **ПК «СТАРКОН»** (сетевая лицензия на 10 рабочих мест + 1 локальная лицензия для преподавателя в составе):

- программный комплекс "STARK ES"
- программа "Металл" (расчет элементов стальных конструкций по прочности, устойчивости и гибкости по методикам СП 16.13330.2011);
- программа «Одиссей» (программа для обработки акселерограмм землетрясений и получения расчётных параметров сейсмических воздействий);
- программа «СпИн» (электронный справочник-калькулятор для проектировщиков и инженеров-строителей);
- программа «ПРУСК» (пакет программ для расчета и конструирования элементов и узлов строительных конструкций).

ПК «СТАРКОН» используется в учебном процессе на основании соглашения о сотрудничестве между КнАГУ и ООО «ЕВРОСОФТ» от 15 августа 2014 г.

У студентов есть также возможность установить на личные домашние компьютеры ознакомительную версию ПК СТАРКОН для некоммерческого использования. Дистрибутив ознакомительной версии можно скачать с сайта компании ООО «ЕВРОСОФТ» <http://www.eurosoft.ru/downloads/>.

С этого же ресурса компании ООО «ЕВРОСОФТ» можно также скачать методические (пособие, указания) и информационные (видеопрезентации) материалы по применению ПК «СТАРКОН» для расчета зданий и сооружений.

3. Программа «MathCAD14». Для закрепления навыков работы в программе MathCAD у студентов есть возможность установить личные домашние компьютеры демонстрационную свободно распространяемую версию программы <https://www.ptc.com/en/products/mathcad/free-trial>

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

Для реализации программы дисциплины «Нелинейные задачи строительной механики» используется материально-техническое обеспечение, перечисленное в таблице 9.

Таблица 9 – Материально-техническое обеспечение дисциплины

Аудитория	Наименование аудитории (лаборатории)	Используемое оборудование	Назначение оборудования
202/5	Лаборатория кафедры САПР	13 Персональных ЭВМ (intel Core i3 2100, 4ГБ ОЗУ, 1ГБ Видео), лицензионное программное обеспечение (MathCAD, NanoCAD СПДС, NanoCAD Металлоконструкции, Лира-САПР, САПФИР, Мономах, ЭСПРИ, STARK ES, Гранд-Смета); 2 Персональных ЭВМ преподавателя; 2 Мультимедийных проектора;	Проведение практических и лабораторных занятий



Сертификат подлинности на право использования ПК Академик Сет 2016

# СЕРТИФИКАТ ПОДЛИННОСТИ

Настоящий сертификат является документом, подтверждающим правомерное использование

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Комсомольский-на-Амуре государственный технический университет» (ФГБОУ ВО «КнАГТУ»)**

программных комплексов:  
**«Академик сет 2016»**

Далее — ПК

В рамках защиты авторских прав запрещается следующее:

- декомпиляция, дизассемблирование ПК;
- действия, направленные на устранение или снижение эффективности средств защиты авторских прав;
- продажа, передача ПК в пользование, прокат, аренду третьим лицам, как на возмездной, так и на безвозмездной основе;
- модификация, переработка, создание производных продуктов, удаление из ПК любых уведомлений и ссылок на его принадлежность.

Реализация права на ограниченное использование ПК обеспечивается ключом защиты.

ИД ключа:	891384216
количество рабочих мест:	Одно
ИД ключа:	892106971
количество рабочих мест:	Двадцать

ОСНОВАНИЕ:

Соглашение о сотрудничестве от 21.11.2016

Генеральный директор  
ООО «Лира сервис»



В.Б.Рождественский

г. Москва 5 декабря 2016 г.

Тестовые вопросы для «входного» контроля знаний обучающихся по дисциплине «Нелинейные задачи строительной механики»

1. Основные понятия теории упругости.
2. Напряжение: касательное и нормальное.
3. Тензор напряжения. Свойства тензора напряжения.
4. Главные значения напряжения.
5. Главные направления или главные оси напряжения.
6. Плоская деформация.
7. Плоское напряженное состояние.
8. Основные разрешающие уравнения в декартовых координатах.
9. Основные гипотезы и соотношения деформационной теории пластичности.
10. Коэффициент поперечной деформации за пределами упругости.
11. Теорема о простом нагружении.
12. Условия пластичности Сен-Венана.
13. Основные законы теории малых упругопластических деформаций
14. Основные современные численные методы расчета конструкций.
15. Основная идея метода конечных элементов.
16. Дискретизация расчетной области конструкции при расчете МКЭ.
17. Аппроксимация перемещений по области конечного элемента.
20. Конечные элементы, их типы.
21. Степени свободы конечного элемента.
22. Матрица жесткости конечного элемента. Ее структура.
23. Связь между перемещениями узлов элемента и усилиями, действующими на них.
24. Методы решения систем линейных уравнений.
25. Общий алгоритм статического расчета по МКЭ.

