

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

НЕЛИНЕЙНЫЕ ЗАДАЧИ СТРОИТЕЛЬНОЙ МЕХАНИКИ

Специальность

08.05.01 Строительство уникальных зданий и сооружений

Специализация

Строительство высотных и большепролетных зданий и сооружений

Уровень высшего образования – специалитет

Форма обучения

Очная

Институт
Кафедра

Строительства, архитектуры и искусства
Проектирования зданий и строительных конструкций

Курс
Семестр


5
А

Магнитогорск
2017 г.

Рабочая программа составлена на основе ФГОС ВО по специальности 08.05.01 Строительство уникальных зданий и сооружений (приказ Минобрнауки России от 11.08.2016 г. № 1030)

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры Проектирования зданий и строительных конструкций

«30» 08 2017 г., протокол № 1.

Зав. кафедрой  / А.Л.Кришан /
(подпись) (И.О. Фамилия)


Рабочая программа одобрена методической комиссией *Института строительства, архитектуры и искусства*

«18» 09 2017 г., протокол № 1.

Председатель  / А.Л.Кришан /
(подпись) (И.О. Фамилия)

Рабочая программа составлена:
(должность, ученая степень, ученое звание)

доктором техн.наук, профессором (долж-

 / А.Л.Кришан /
(подпись) (И.О. Фамилия)

Рецензент: зам. директора ООО «НПО Надежность» канд. техн. наук
(должность, ученая степень, ученое звание)


(подпись) / И.В.Матвеев /
«Надежность» (И.О. Фамилия)


1 Цели освоения дисциплины

Цель освоения дисциплины «Нелинейные задачи строительной механики»: дать современному специалисту необходимые знания и умения, необходимых инженеру-строителю для расчета конструкций и их отдельных элементов на прочность, жёсткость и устойчивость с учётом геометрической нелинейности и нелинейного деформирования материалов с использованием современной вычислительной техники.

2 Место дисциплины в структуре образовательной программы подготовки специалиста

Дисциплина «Нелинейные задачи строительной механики» относится к базовым дисциплинам профессионального цикла и является основополагающей частью профессиональной подготовки специалистов.

Дисциплина базируется на знаниях, умениях и навыках, приобретенных студентами в ходе изучения общеобразовательных дисциплин и базовой части профессиональных дисциплин.

Приступая к освоению данной дисциплины обучающийся должен обладать знаниями по следующим дисциплинам:

– Математика (знать дифференциальное и интегральное исчисления функций одного и нескольких переменных; обыкновенные дифференциальные уравнения и уравнения в частных производных; линейную алгебру; численные методы решения нелинейных уравнений и дифференциальных уравнений; основные понятия вариационного исчисления);

– Информатика (знать принципы и правила использования программных средств, компьютерной техники);

– Начертательная геометрия и инженерная графика (знать правила выполнения чертежей и построения графиков, в том числе с применением компьютерных средств);

– Физика (знать физические законы, используемые в решениях задач механики деформируемых систем);

– Теоретическая механика (знать основные положения, принципы и уравнения статики, кинематики и динамики; принципы Лагранжа и Д'Аламбера);

– Сопротивление материалов (знать принципы, методы и способы определения внутренних силовых факторов, напряжений, перемещений и деформаций в элементах деформируемых систем от различных видов воздействий; подходы к оценке прочности материалов при переменных во времени напряжениях; основные понятия об устойчивости состояния сжатых прямолинейных стержней);

– Строительная механика (знать классические методы расчёта статически неопределимых систем; основы метода конечных элементов);

– Теория упругости с основами пластичности и ползучести (знать основные уравнения механики твердого деформируемого тела и возможности их использования в расчётах конструкций; общие методы решения задач теории упругости; плоскую задачу теории упругости; основы теории изгиба тонких пластинок).

Дисциплина «Нелинейные задачи строительной механики» предшествует следующим дисциплинам:

Динамика и устойчивость сооружений; Сейсмостойкость сооружений; Проектирование высотных зданий и сооружений; Конструкции большепролетных зданий и сооружений; Железобетонные и каменные конструкции (общий курс); Сталежелезобетонные конструкции.

3 Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины и планируемые результаты обучения

В результате освоения дисциплины «Нелинейные задачи строительной механики» обучающийся должен обладать следующими компетенциями:

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения
ОПК-6: использованием основных законов естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применением методов математического анализа и математического (компьютерного) моделирования, теоретического и экспериментального исследования	
Знать	<ul style="list-style-type: none"> – основные аспекты явлений, вызывающих воздействия на конструкции; – основные понятия нелинейно-деформирования твёрдых тел и особенности распределения напряжений при нелинейной работе материалов конструкций.
Уметь	<ul style="list-style-type: none"> – рассчитывать конструкции из нелинейно-упругого и упругопластического материала при статических воздействиях; – планировать, проводить и анализировать результаты теоретического и экспериментального исследования.
Владеть	<ul style="list-style-type: none"> – современными методами определения внутренних усилий, напряжений и перемещений при нелинейной работе конструкций.
ПК-10: знанием научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по профилю деятельности	
Знать	<ul style="list-style-type: none"> – основные предпосылки нелинейной теории упругости; – основные понятия нелинейной строительной механики.
Уметь	<ul style="list-style-type: none"> – правильно определять вид нелинейности; – составлять расчетные схемы сооружений; – строить диаграммы деформирования материалов.
Владеть	<ul style="list-style-type: none"> – навыками решения задач нелинейной строительной механики.
ПК-11: владением методами математического (компьютерного) моделирования на базе универсальных и специализированных программно-вычислительных комплексов и систем автоматизированного проектирования, методами постановки и проведения экспериментов по заданным методикам	
Знать	<ul style="list-style-type: none"> – основные методы и приёмы расчёта строительных конструкций с учётом физической и геометрической нелинейности.
Уметь	<ul style="list-style-type: none"> – выполнять расчёты с использованием стандартных программ и алгоритмов в нелинейных задачах строительной механики.
Владеть	<ul style="list-style-type: none"> – методами математического (компьютерного) моделирования в нелинейных задачах строительной механики.
ПСК-1.4: владением основными вероятностными методами строительной механики и теории надежности строительных конструкций, необходимыми для проектирования и расчета высотных и большепролетных зданий и сооружений	
Знать	<ul style="list-style-type: none"> – основные методы и практические приёмы расчёта реальных строительных конструкций на прочность, устойчивость и жесткость с учетом всех видов нелинейностей; – влияние нелинейностей на поведение деформируемых систем; – принципы и методы учёта нелинейностей в расчётах строительных конструкций.
Уметь	<ul style="list-style-type: none"> – применять вероятностные методы и методы теории надёжности строительной механики для расчётов конкретных высотных и многопролетных зданий и сооружений; – выбрать наиболее рациональный метод расчёта его напряженно-деформированного состояния, обеспечив при этом необходимую проч-

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения
	<p>ность и жёсткость элементов с учётом реальных свойств строительных материалов и проявления нелинейностей различных видов;</p> <ul style="list-style-type: none"> – использовать в нелинейных расчётах современную вычислительную технику и соответствующие программные средства; – выполнять анализ собственных результатов расчётов с применением вероятностных методов и методов теории надёжности строительной механики конкретных высотных и многопролётных зданий и сооружений, либо выполненных другими специалистами
Владеть	<ul style="list-style-type: none"> – навыками использования практических приёмов и методов расчёта реальных строительных конструкций на прочность, устойчивость и жесткость с учётом факторов нелинейности.

4 Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных единиц 180 академических часов, в том числе:

- контактная работа – 93,2 академических часов:
 - аудиторная – 90 академических часов;
 - внеаудиторная – 3,2 академических часов
- самостоятельная работа – 51,1 академических часов;
- подготовка к экзамену – 35,7 академических часов

Раздел/ тема дисциплины	Семестр	Аудиторная контактная работа (в академических часах)			Самостоятельная работа (в академических часах)	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код и структурный элемент компетенции
		лекции	лаборат. занятия	практич. занятия				
<p>Тема 1. Введение в теорию нелинейно деформируемых систем. Виды нелинейности в теории расчета конструкций.</p> <p>Общие фундаментальные понятия о природе возникновения геометрической и физической нелинейностей в задачах строительной механики.</p> <p>Генетическая нелинейность, как разновидность геометрической нелинейности.</p> <p>Виды физической нелинейности. Понятие о конструктивной нелинейности. Виды анизотропии.</p> <p>Механические свойства материалов конструкций.</p>	А	2	-	2/2И	4	<ul style="list-style-type: none"> - Подготовка к практическому занятию. - Изучение основных теорем строительной механики нелинейных стержневых систем. 	Устный опрос студентов. Проверка самостоятельной работы.	ОПК-6, ПК-10, ПСК-1.4 - зув

Раздел/ тема дисциплины	Семестр	Аудиторная контактная работа (в акад. часах)			Самостоятельная работа (в акад. часах)	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код и структурный элемент компетенции
		лекции	лаборат. занятия	практич. занятия				
<p>Гипотеза о нелинейно-упругом материале.</p> <p>Основные постановки при решении задач нелинейной строительной механики.</p>								
<p>Тема 2. Основные положения нелинейной строительной механики.</p> <p>Основные гипотезы строительной механики. Классификация напряженных состояний. Тензор напряжений, тензор деформаций. Интенсивность напряжений и деформаций.</p> <p>Основные уравнения для нелинейно упругих и упругопластических тел.</p> <p>Понятие простого и сложного нагружения. Понятия активной и пассивной деформации.</p> <p>Теории пластичности. Основные ее допущения. Теория малых упругопластических деформаций А.А. Ильюшина. Уравнения Генки.</p>	А	4	-	18/7И	10	<p>- Изучение основных постановок при решении задач нелинейной строительной механики</p> <p>- Выполнение практических работ, предусмотренных рабочей программой дисциплины.</p>	<p>Устный опрос студентов.</p> <p>Проверка индивидуальных заданий.</p>	<p><i>ОПК-6, ПК-10, ПСК-1.4</i></p> <p>- зув</p>
<p>Тема 3. Зависимость между напряжениями и деформациями.</p> <p>Зависимость между напряжениями и</p>	А	4	-	18/7И	13,1	<p>Выполнение практических работ, предусмотренных рабочей программой</p>	<p>Устный опрос студентов.</p> <p>Проверка индивидуальных заданий.</p>	<p><i>ОПК-6, ПК-10, ПСК-1.4</i></p> <p>- зув</p>

Раздел/ тема дисциплины	Семестр	Аудиторная контактная работа (в акад. часах)			Самостоятельная работа (в акад. часах)	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код и структурный элемент компетенции
		лекции	лаборат. занятия	практич. занятия				
деформациями. Закон Гука. Предельные напряженные состояния. Способы аппроксимации экспериментальных кривых. Методы расчета сооружений. Теории прочности.						мой дисциплины.		
Тема 4. Физически и геометрически нелинейные задачи. Общие представления о нелинейных задачах. Шаговые методы решения нелинейных задач. Расчет конструкций по методу предельного равновесия. 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.	А	4	-	18/5И	12	Выполнение практических работ, предусмотренных рабочей программой дисциплины.	Устный опрос студентов. Проверка индивидуальных заданий.	ОПК-6, ПК-10, ПК-11, ПСК-1.4 - зув
Тема 5. Расчет стержневых конструкций по предельному равновесию. Предельное равновесие многопролет-	А	4	-	16/5И	12	Выполнение практических работ, предусмотренных рабочей программой дисциплины.	Устный опрос студентов. Проверка индивидуальных заданий.	ОПК-6, ПК-10, ПК-11, ПСК-1.4 -

Раздел/ тема дисциплины	Семестр	Аудиторная контактная работа (в акад. часах)			Самостоятельная работа (в акад. часах)	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код и структурный элемент компетенции
		лекции	лаборат. занятия	практич. занятия				
ных неразрезных балок. Три основные теоремы предельного равновесия. Кинематический и статический методы теории предельного равновесия. Характерные особенности расчета конструкций методом предельного равновесия. Расчет рам данным методом.						мой дисциплины.		зுவ
Подготовка к экзамену							Экзамен (35,7 час)	<i>ОПК-6, ПК-10, ПК-11, ПСК-1.4 - зув</i>
Итого за семестр		18	-	72/26И	51,1		Промежуточная аттестация - экзамен	

5 Образовательные и информационные технологии

Реализация компетентного подхода предусматривает использование в учебном процессе активных и интерактивных форм проведения занятий в сочетании с внеаудиторной работой с целью формирования и развития профессиональных навыков обучающихся.

При обучении студентов дисциплине «Нелинейные задачи строительной механики» следует осуществлять следующие образовательные технологии:

1. Традиционные образовательные технологии ориентируются на организацию образовательного процесса, предполагающую прямую трансляцию знаний от преподавателя к студенту (преимущественно на основе объяснительно-иллюстративных методов обучения).

Формы учебных занятий с использованием традиционных технологий:

Информационная лекция – последовательное изложение материала в дисциплинарной логике, осуществляемое преимущественно вербальными средствами (монолог преподавателя).

Практическое занятие, посвященное освоению конкретных умений и навыков по предложенному алгоритму.

2. Технологии проблемного обучения – организация образовательного процесса, которая предполагает постановку проблемных вопросов, создание учебных проблемных ситуаций для стимулирования активной познавательной деятельности студентов.

Формы учебных занятий с использованием технологий проблемного обучения:

Проблемная лекция – изложение материала, предполагающее постановку проблемных и дискуссионных вопросов, освещение различных научных подходов, авторские комментарии, связанные с различными моделями интерпретации изучаемого материала.

3. Интерактивные технологии – организация образовательного процесса, которая предполагает активное и нелинейное взаимодействие всех участников, достижение на этой основе лично значимого для них образовательного результата. Наряду со специализированными технологиями такого рода принцип интерактивности прослеживается в большинстве современных образовательных технологий.

Формы учебных занятий с использованием специализированных интерактивных технологий:

Лекция «обратной связи» – лекция – провокация (изложение материала с заранее запланированными ошибками), лекция - беседа, лекция - дискуссия, лекция - прессконференция.

4. Информационно-коммуникационные образовательные технологии – организация образовательного процесса, основанная на применении специализированных программных сред и технических средств работы с информацией.

Формы учебных занятий с использованием информационно-коммуникационных технологий:

Лекция-визуализация – изложение содержания сопровождается презентацией (демонстрацией учебных материалов, представленных в различных знаковых системах, в т.ч. иллюстративных, графических, аудио- и видеоматериалов).

Практическое занятие в форме презентации – представление результатов проектной или исследовательской деятельности с использованием специализированных программных средств.

6 Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Примерная структура и содержание раздела:

По дисциплине «Нелинейные задачи строительной механики» предусмотрена аудиторная и внеаудиторная самостоятельная работа обучающихся.

Аудиторная самостоятельная работа студентов предполагает выполнение практических работ.

Примерные аудиторные практические работы (АКР):

АКР №1 «Решение задач»

Даны напряжения на двух взаимно перпендикулярных площадках в окрестности некоторой точки (рисунок 1). $E = 2,06 \text{ МПа}$, $\nu = 0,28$. Требуется исследовать напряженно-деформированное состояние в данной точке.

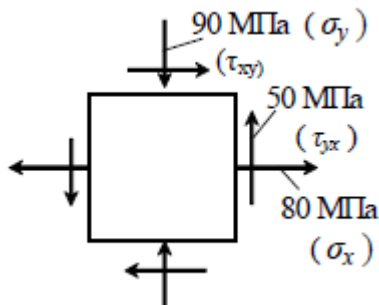


Рисунок 1

1. Поставить знаки заданных напряжений в соответствии с их направлениями на рисунке 1 согласно принятым правилам знаков для напряжений.

2. Определить величины и направления главных напряжений, изобразить главные площадки на рисунке и показать на них главные напряжения.

3. Вычислить максимальные и минимальные касательные напряжения, изобразить на рисунке площадки, на которых они действуют и показать направления напряжений. Вычислить и показать на чертеже действующие на этих площадках нормальные напряжения.

4. Определить нормальные и касательные напряжения на площадках, повернутых относительно заданных на угол $\alpha = 30^\circ$, показать эти площадки и напряжения на них. Определить полное напряжение на этой площадке и относительную деформацию по направлению σ_α .

5. Определить расчетные напряжения с использованием (1-4)-й теорий прочности и сравнить их между собой, проанализировать применимость теорий прочности для конкретного материала.

6. Определить относительные деформации по направлениям главных напряжений (главные деформации).

АКР №2 «Решение задач»

Рассмотрим систему, представляющую собой абсолютно жесткую балку, с одним концом шарнирно опертую, и подвешенную на трех одинаковых идеально упругопластических подвесках, длиной l , площадью поперечного сечения A , модулем упругости материала E , при заданной схеме нагружения силой P (рисунок 2, а). Заданная система дважды статически неопределима.

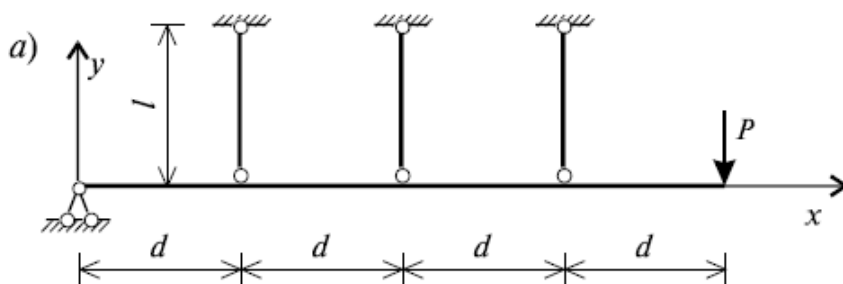


Рисунок 2

АКР №3 «Решение задач»

Рассмотрим предельное состояние балки с двумя шарнирно опертными концами, от действия силы P , приложенной в середине пролета. В статически определимой балке (рисунок 3), как известно, нормальные напряжения в поперечных сечениях в упругой стадии, изменяются по высоте сечения по линейному закону и пропорциональны величине изгибающего момента.

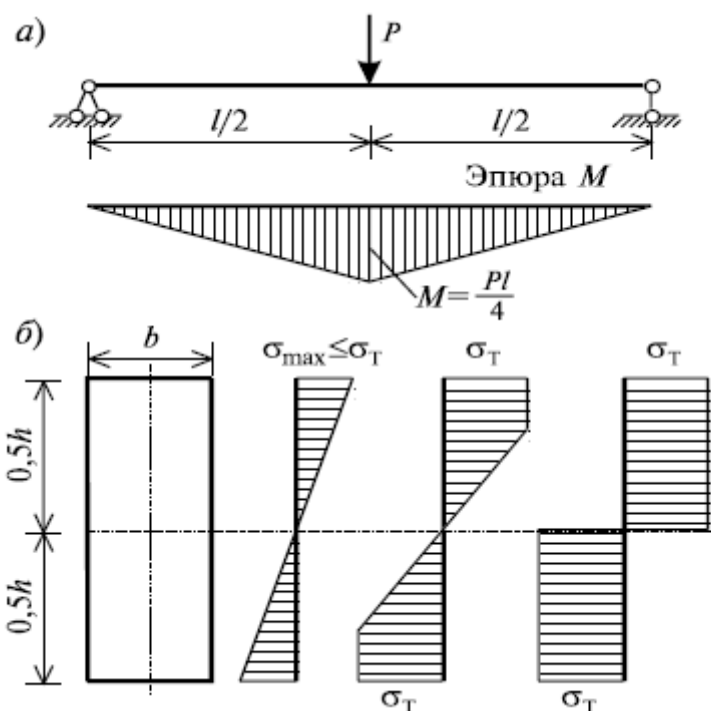


Рисунок 3

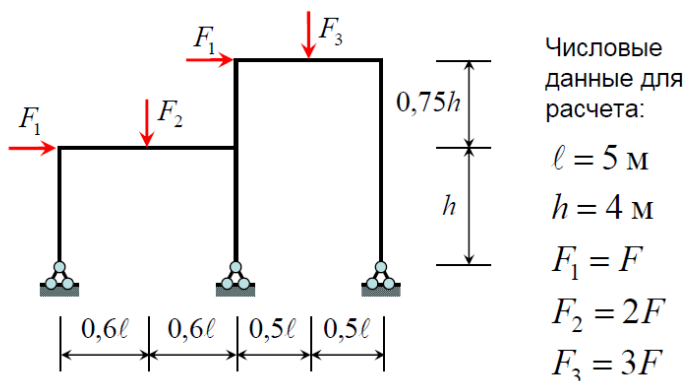
Примерные индивидуальные домашние задания (ИДЗ):

ИДЗ №1 «Расчетно-графическая работа»

Для рамы с заданными размерами и поперечными сечениями элементов требуется:

1. Определить предельную нагрузку статическим методом в MS Excel и построить эпюру изгибающих моментов в предельном состоянии.
2. Определить предельную нагрузку расчетом в программном комплексе SCAD.
3. Проверить правильность решения с помощью кинематического метода.
4. Найти допускаемую по условию прочности нагрузку и сравнить ее с предельной.

Данные о сечениях взять по сортаменту ГОСТ 26020-83 «Двутавры стальные горячекатаные с параллельными гранями полок»



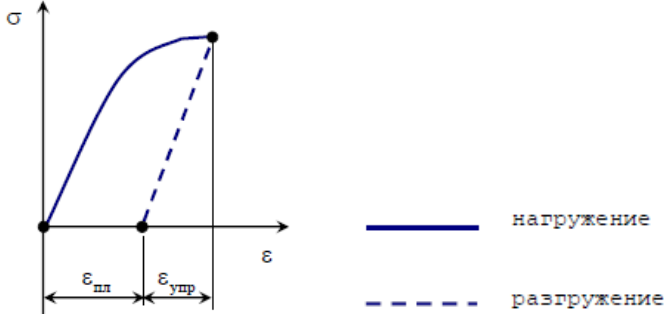
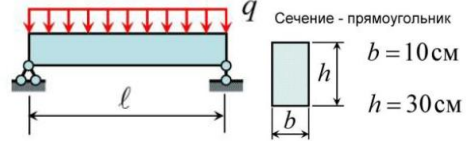
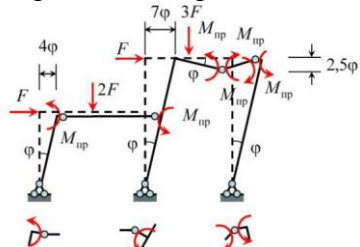
$$R = 240 \text{ МПа} \quad \sigma_T = 245 \text{ МПа}$$

Колонна – двутавр № 30К1 Ригель – двутавр № 35Ш1

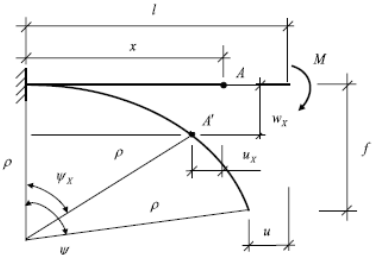
7 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

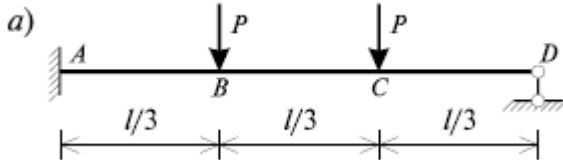
а) Планируемые результаты обучения и оценочные средства для проведения промежуточной аттестации:

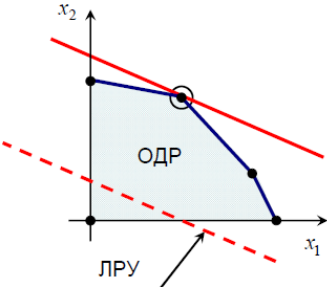
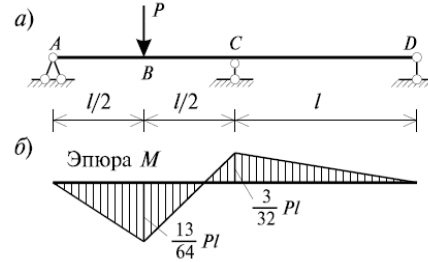
Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
ОПК-6: использованием основных законов естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применением методов математического анализа и математического (компьютерного) моделирования, теоретического и экспериментального исследования		
Знать	<ul style="list-style-type: none"> – основные аспекты явлений, вызывающих воздействия на конструкции; – основные понятия нелинейно-деформирования твёрдых тел и особенности распределения напряжений при нелинейной работе материалов конструкций. 	<p>Теоретические вопросы:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Как учитывается процесс разгрузки в деформационной теории пластичности? 2. Как конкретно формулируются основные допущения в теории пластического течения? 3. Какие существуют виды напряженных состояний сооружений? 4. Какие зависимости существуют между модулем объемной деформации, модулем упругости, модулем сдвига и коэффициентом Пуассона в идеально упругом теле? 5. При каких условиях справедлив закон плоских сечений в нелинейно-упругих балках? 6. Какой вид имеет эпюра нормальных напряжений по высоте поперечного сечения в зависимости от уравнения между напряжениями и деформациями? 7. Перечислите основные гипотезы, взятые за основу деформационной теории пластичности. 8. При каких обстоятельствах в статически неопределимых системах возникают остаточные деформации и напряжения?
Уметь	<ul style="list-style-type: none"> – рассчитывать конструкции из нелинейно-упругого и упругопластического материала при статических воздействиях; – планировать, проводить и анализировать результаты теоретического и экспериментального исследования 	<p>Практическое задание:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Написать как определяются упругие и пластические составляющие деформации в деформационной теории пластичности. 2. Как записывается обобщенный закон Гука в напряжениях и деформациях и их приращениях в канонической и матричной формах? 3. Какой вид имеет диаграмма «напряжение-деформация» для жесткопластического тела Сен-Венана и упругопластического тела Прандтля (диаграмма

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
	ния.	<p>Прандтля)?</p> <p>4. Материал, диаграмма нагружения и разгрузки которого представлена нелинейной зависимостью (см. рис.), называется... а) жесткопластическим; б) нелинейно-упругим; в) упруго-пластическим; г) упруго-пластическим с упрочнением</p>  <p>5. Матрица жесткости для геометрически нелинейной задачи зависит от... а) времени; б) деформации; в) напряжений; г) перемещений.</p>
Владеть	– современными методами определения внутренних усилий, напряжений и перемещений при нелинейной работе конструкций.	<p>Задания на решение задач из профессиональной области:</p> <p>1. Рассчитать прочность балки при изгибе $R = 24 \text{ кН/см}^2$ $\ell = 3 \text{ м} = 300 \text{ см}$</p>  <p>Сечение - прямоугольник $b = 10 \text{ см}$ $h = 30 \text{ см}$</p> <p>2. Определить перемещения в схеме механизма разрушения в ПК SCAD</p> 

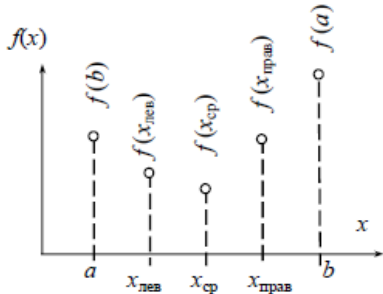
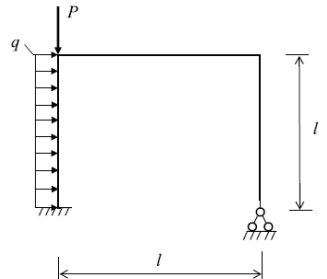
Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
ПК-10: знанием научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по профилю деятельности		
Знать	<ul style="list-style-type: none"> – основные предпосылки нелинейной теории упругости; – основные понятия нелинейной строительной механики. 	<p>Теоретические вопросы:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Что такое нелинейность? Какие условия линейности задач строительной механики должны выполняться? 2. Какие основные типы нелинейности при решении задач строительной механики вы знаете? 3. Сформулируйте основную предпосылку нелинейной теории упругости. 4. Чем отличается физическая, геометрическая, конструктивная и генетическая нелинейность. 5. Что такое анизотропия? 6. Что такое эффект Баушингера? 7. Что называется тензором напряжений, тензором деформаций? 8. Что называется инвариантом? 9. что такое простое и сложное нагружение? 10. Что такое активная и пассивная деформации? 11. В чем состоит основная гипотеза в теории пластичности? 12. Какие существуют основные группы теорий пластичности? 13. Какие приняты основные допущения теорий пластичности? 14. Что называется модулем пластичности? 15. Перечислите теории пластичности и дайте соответствующие пояснения. 16. Какую нагрузку в методе предельного равновесия называют предельной? 17. Дайте определение понятия пластического шарнира при изгибе конструкций. 18. Что представляет собой пластический шарнир?
Уметь	<ul style="list-style-type: none"> – правильно определять вид нелинейности; – составлять расчетные схемы сооружений; – строить диаграммы деформирования 	<p>Практическое задание:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Начертить идеализированную и истинную диаграммы деформирования упругопластического тела. 2. Начертить диаграммы нелинейно-упругого, упругопластического и жёстко-пластического материала.

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
	материалов.	<p>3. Правильно определить физическую, геометрическую, конструктивную и генетическую нелинейность в конкретном примере.</p> <p>4. Какой вид имеет тензор напряжений, тензор деформаций?</p> <p>5. Чему равны интенсивности нормальных и касательных напряжений?</p> <p>6. Как записываются уравнения Генки?</p> <p>7. Почему при расчете по предельным нагрузкам нельзя использовать формулы, основанные на законе Гука?</p> <p>8. Вопрос: Выберите виды задач строительной механики, относящиеся к нелинейным задачам... Варианты ответа: а) физическая нелинейность, геометрическая нелинейность, конструктивная нелинейность; б) физическая нелинейность, геометрическая нелинейность, акустическая нелинейность; в) физическая нелинейность, геометрическая нелинейность, генетическая нелинейность; г) физическая нелинейность, геометрическая нелинейность, электромагнитная нелинейность.</p>
Владеть	– навыками решения задач нелинейной строительной механики.	<p>Задания на решение задач из профессиональной области:</p> <p>1. Решить задачу с геометрической нелинейностью: Например, рассмотрим консольную балку ($0 \leq x \leq l$, $-h/2 \leq z \leq h/2$, $h \ll l$, соответственно длина и высота балки), изгибаемую моментом M (рис.1,а) и изготовленную из линейно-упругого материала (E – модуль упругости).</p>  <p>Необходимо определить экстремальное значение прогиба.</p> <p>2. Решить задачу с физической нелинейностью.</p> <p>3. Решить задачу с генетической нелинейностью.</p>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p>4. Пусть один раз статически неопределимая балка (рис). Ее несущая способность исчерпается в случае образования двух пластических шарниров. Пластические шарниры могут формироваться в сечениях А, В и С.</p>  <p>а)</p> <p>Определить предельную нагрузку по кинематическому способу, рассмотрев различные сочетания образования пластических шарниров в двух сечениях из трех.</p>
<p>ПК-11: владением методами математического (компьютерного) моделирования на базе универсальных и специализированных программно-вычислительных комплексов и систем автоматизированного проектирования, методами постановки и проведения экспериментов по заданным методикам</p>		
Знать	– основные методы и приёмы расчёта строительных конструкций с учётом физической и геометрической нелинейности.	<p>Теоретические вопросы:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. В чем состоит суть метода упругих решений? В чем состоит суть метода переменных параметров упругости? 2. В чем состоит суть метода Ньютона–Рафсона? 3. В чем состоит суть метода последовательного нагружения? 4. Поясните суть кинематического метода предельного равновесного состояния. 5. Поясните суть статического метода предельного равновесного состояния. 6. Поясните суть метода допускаемых напряжений. 7. Поясните суть метода предельного равновесного состояния. 8. Какие характерные особенности имеет расчет конструкций методом предельного равновесия? 9. Какие недостатки имеет метод предельного равновесия?
Уметь	– выполнять расчёты с использованием стандартных программ и алгоритмов в	<p>Практические задания;</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. В чем заключается схематизация диаграмм растяжения? 2. По каким формулам определяются переменные параметры упругости?

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
	нелинейных задачах строительной механики.	<p>1. Для задачи линейного программирования (см. рис.) решение...</p> <p>а) не существует б) не единственное в) единственное г) не найдено</p> 
Владеть	– методами математического (компьютерного) моделирования в нелинейных задачах строительной механики.	<p>Задания на решение задач из профессиональной области:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Написать алгоритм метода упругих решений и форму матричной реализации. 2. Написать алгоритм метода переменных параметров упругости и форму матричной реализации. 3. Написать алгоритм метода Ньютона–Рафсона и форму матричной реализации. 4. Написать алгоритм метода последовательного нагружения и форму матричной реализации. 5. Пусть один раз статически неопределимая балка (рис. 2.6, а) нагружена силой величиной P. В результате упругого расчета построена эпюра изгибающих моментов (рис. 2.6, б).  <p>Рассчитать рассматриваемую балку (рис. 2.6) по предельному состоянию и по допускаемым напряжениям, при условии, что расчетное сопротивление в обоих</p>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p>методах принято одинаковым.</p> <p>6. Задача линейного программирования: Требуется найти максимум функции $F(N_1, N_2, N_3)$. $F=N_1+ N_2+ N_3 \rightarrow \max$ При выполнении условий $N_1+ 2N_2+ 3N_3=0$</p>
ПСК-1.4: владением основными вероятностными методами строительной механики и теории надежности строительных конструкций, необходимыми для проектирования и расчета высотных и большепролетных зданий и сооружений		
Знать	<ul style="list-style-type: none"> – основные методы и практические приёмы расчёта реальных строительных конструкций на прочность, устойчивость и жесткость с учетом всех видов нелинейностей; – влияние нелинейностей на поведение деформируемых систем; принципы и методы учёта нелинейностей в расчётах строительных конструкций. 	<p>Теоретические вопросы:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Какие основные уравнения описывают нелинейно-упругие тела? Их физический смысл? 2. В чем состоит отличие между нелинейно-упругим и упругопластическим материалом? 3. Какие гипотезы линейности строительной механики не соблюдаются при учете физической нелинейности материала? 4. Какие виды нелинейности учитываются при прочностных расчетах инженерных сооружений и конструкций? 5. Какие предельные напряженные состояния вы знаете? 6. Какие существуют Методы расчета сооружений и в чем их отличия? 7. Что такое коэффициент линейной деформируемости среды? 8. В чем заключается различие между расчетами на прочность по допускаемому напряжению и по предельным нагрузкам? 9. Почему расчет по предельным нагрузкам выполняют только для элементов конструкции из пластичных материалов? 10. Почему расчеты статически определимых стержней при растяжении и сжатии по допускаемым напряжениям и предельным нагрузкам дают одинаковые результаты?
Уметь	<ul style="list-style-type: none"> – применять вероятностные методы и методы теории надёжности строительной механики для расчётов конкретных высотных и многопролётных зданий и сооружений; 	<p>Практические задания;</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Записать уравнения нелинейного деформирования в форме, предложенной А.А. Ильюшиным. 2. Написать уравнения равновесия; то же – геометрические уравнения; то же – уравнения совместности деформаций.

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
	<ul style="list-style-type: none"> – выбрать наиболее рациональный метод расчёта его напряженно-деформированного состояния, обеспечив при этом необходимую прочность и жёсткость элементов с учётом реальных свойств строительных материалов и проявления нелинейностей различных видов; – использовать в нелинейных расчётах современную вычислительную технику и соответствующие программные средства; – выполнять анализ собственных результатов расчётов с применением вероятностных методов и методов теории надёжности строительной механики конкретных высотных и многопролётных зданий и сооружений, либо выполненных другими специалистами 	<p>3. Какой вид имеют эпюры напряжений в поперечных сечениях бруса изгибе при предельных значениях изгибающих моментов?</p> <p>4. Какой интервал на следующем этапе поиска минимума функции $f(x)$ следует оставить</p> <div style="display: flex; align-items: center; justify-content: center;">  <div style="margin-left: 20px;"> <p>а) От $x_{лев}$ до $x_{прав}$</p> <p>б) От a до $x_{сп}$</p> <p>в) От $x_{сп}$ до b</p> </div> </div>
Владеть	<ul style="list-style-type: none"> – навыками использования практических приёмов и методов расчёта реальных строительных конструкций на прочность, устойчивость и жесткость с учётом факторов нелинейности. 	<p>Задания на решение задач из профессиональной области:</p> <p>1. Как определить предельный изгибающий момент?</p> <p>2. Дважды статически неопределимая рама, нагружена равномерно распределенной нагрузкой интенсивностью q и силой P ($P=5ql$). Поперечное сечение стержней прямоугольное, имеющее размеры $b \times h$ ($b=l/40$, $h=l/20$).</p> <p>Рассчитать раму по предельному состоянию и по допускаемым напряжениям.</p> <div style="text-align: center;">  </div>

б) Порядок проведения промежуточной аттестации, показатели и критерии оценивания:

Примерная структура и содержание пункта:

Успешное изучение дисциплины «Нелинейные задачи строительной механики» возможно без самостоятельного решения практических задач. Задания на расчётно-графическую работу подобраны таким образом, чтобы студент, самостоятельно изучив теоретические разделы дисциплины, смог закрепить их на практике и приобрести навыки определения предельной нагрузки для стальной статически неопределимой рамы.

В ходе защиты расчётно-графической работы студент представляет выполненные и оформленные в виде пояснительной записки расчёты, демонстрирует навыки самостоятельного решения типовых задач и отвечает на вопросы преподавателя. Оценка знаний производится по 5-и балльной шкале, которая учитывается при итоговой аттестации по дисциплине.

Формой итоговой аттестации является экзамен, который проводится в письменной форме по билетам. Билет содержит два теоретических вопроса и одно практическое задание. На подготовку ответов отводится 90 минут. Оценка знаний производится по 5-и балльной шкале.

Показатели и критерии оценивания экзамена:

– на оценку **«отлично»** (5 баллов) – обучающийся демонстрирует высокий уровень сформированности компетенций, всестороннее, систематическое и глубокое знание учебного материала, свободно выполняет практические задания, свободно оперирует знаниями, умениями, применяет их в ситуациях повышенной сложности.

– на оценку **«хорошо»** (4 балла) – обучающийся демонстрирует средний уровень сформированности компетенций: основные знания, умения освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации.

– на оценку **«удовлетворительно»** (3 балла) – обучающийся демонстрирует пороговый уровень сформированности компетенций: в ходе контрольных мероприятий допускаются ошибки, проявляется отсутствие отдельных знаний, умений, навыков, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации.

– на оценку **«неудовлетворительно»** (2 балла) – обучающийся демонстрирует знания не более 20% теоретического материала, допускает существенные ошибки, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач.

– на оценку **«неудовлетворительно»** (1 балл) – обучающийся не может показать знания на уровне воспроизведения и объяснения информации, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач.

8 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) Основная литература:

1. Дарков, А. В. Строительная механика : учебник / А. В. Дарков, В. А. Шапошников. — 12-е изд. — Санкт-Петербург : Лань, 2010. — 656 с. — ISBN 978-5-8114-0576-3. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/121> (дата обращения: 09.10.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
2. Петров В.В., Нелинейная строительная механика : Учебник./ Петров В.В. - М. : Издательство АСВ, 2019. - 432 с. - ISBN 978-5-4323-0305-9 - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785432303059.html> (дата обращения: 27.10.2020). - Режим доступа : по подписке.

б) Дополнительная литература:

1. Мельников Б. Е. Соппротивление материалов : учебник / Б. Е. Мельников, Л. К. Паршин, А. С. Семенов, В. А. Шерстнев. — Санкт-Петербург : Лань, 2020. — 576 с.

— ISBN 978-5-8114-4740-4. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/131018> (дата обращения: 27.10.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

2. Матросов, В.М. Нелинейная механика/Матросов В.М., Румянцев В.В., Карапетян А.В. - Москва : Физматлит, 2001. - 432 с.: ISBN 978-5-9221-0091-2. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/544568> (дата обращения: 09.10.2020). — Режим доступа: по подписке.

Нормативная литература

1. СП 63.13330.2018. Свод правил. Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 52-01-2003 : издание официальное : утвержден Приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 19 декабря 2018 г. N 832/пр: дата введения 20.06.2019 / подготовлен АО "НИЦ "Строительство" - НИИЖБ им.А.А.Гвоздева. - Москва: Стандартинформ, 2019. - 20 с. - Текст : электронный // Кодекс : электронный фонд правовой и нормативно-технической документации — URL: <http://rdocs3.kodeks.ru/document/554403082> (дата обращения: 09.10.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

2. СП 20.13330.2016. Свод правил. Нагрузки и воздействия. Актуализированная редакция СНиП 2.01.07-85* : издание официальное : утвержден Приказом Минстроя России от 03.12.2016 N 891/пр : дата введения 04.06.2017 / подготовлен ЦНИИСК им.В.А.Кучеренко АО "НИЦ "Строительство" при участии ФГБУ "Главная геофизическая обсерватория им.А.И.Воейкова". - Москва: Стандартинформ, 2017. - 156 с. - Текст : электронный // Кодекс : электронный фонд правовой и нормативно-технической документации — URL: <http://rdocs3.kodeks.ru/document/456044318>(дата обращения: 09.10.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

в) Методические указания:

Кришан, А.Л. Сейсмическая нагрузка на высотное здание: методические указания к практическим занятиям по дисциплине «Проектирование высотных зданий и сооружений» / А.Л. Кришан, Р.Р. Сабиров. – Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. Гос. Техн. ун-та им. Г.И.Носова, 2013. – 20 с - Текст : непосредственный.

г) Программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

Программное обеспечение

Наименование ПО	№ договора	Срок действия лицензии
7Zip	свободно	бессрочно
MS Office 2007 Professional	№ 135 от 17.09.2007	бессрочно
FAR Manager	свободно распространяемое ПО	бессрочно

Профессиональные базы данных и информационные справочные системы

Название курса	Ссылка
Национальная информационно-аналитическая система – Российский индекс научного цитирования (РИНЦ)	URL: https://elibrary.ru/project_risc.asp
Поисковая система Академия Google (Google Scholar)	URL: https://scholar.google.ru/
Международная наукометрическая реферативная и полнотекстовая база данных на-	http://webofscience.com

Международная реферативная и полнотекстовая справочная база данных научных	http://scopus.com
Международная база полнотекстовых журналов Springer Journals	http://link.springer.com/

9 Материально-техническое обеспечение дисциплины

Материально-техническое обеспечение дисциплины включает:

Тип и название аудитории	Оснащение аудитории
Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа	Мультимедийные средства хранения, передачи и представления информации.
Учебные аудитории для проведения практических занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации	Доска, мультимедийный проектор, экран. Комплекс готовых текстовых заданий для проведения промежуточных и рубежных контролей.
Помещения для самостоятельной работы обучающихся	Персональные компьютеры с пакетом MS Office, выходом в Интернет и с доступом в электронную информационно-образовательную среду университета.
Помещение для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования	Шкафы для хранения учебно-методической документации, учебного оборудования и учебно-наглядных пособий. Инструменты для ремонта лабораторного оборудования.