

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»



УТВЕРЖДАЮ
Директор ИСАиИ
О.С. Логунова

11.02.2022 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

НЕЛИНЕЙНЫЕ ЗАДАЧИ СТРОИТЕЛЬНОЙ МЕХАНИКИ

Направление подготовки (специальность)
08.04.01 Строительство

Направленность (профиль/специализация) программы
Теория и проектирование зданий и сооружений с использованием современных систем
BIM моделирования

Уровень высшего образования - магистратура

Форма обучения
очная

Институт/ факультет	Институт строительства, архитектуры и искусства
Кафедра	Проектирования и строительства зданий
Курс	1
Семестр	2

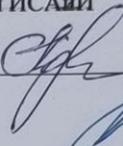
Магнитогорск
2022 год

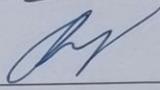
Рабочая программа составлена на основе ФГОС ВО - магистратура по направлению подготовки 08.04.01 Строительство (приказ Минобрнауки России от 31.05.2017 г. № 482)

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры Проектирования и строительства зданий
10.02.2022, протокол № 5

Зав. кафедрой  В.Б. Гаврилов

Рабочая программа одобрена методической комиссией ИСАИ
11.02.2022 г. протокол № 4

Председатель  О.С. Логунова

Рабочая программа составлена:
ст. преподаватель кафедры ПиСЗ, канд. техн. наук  М.А. Астафьева

Рецензент:
директор  ООО НПО "Надежность" , канд. техн. наук
И.В. Матвеев

Лист актуализации рабочей программы

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2023 - 2024 учебном году на заседании кафедры Проектирования и строительства зданий

Протокол от _____ 20__ г. № ____
Зав. кафедрой _____ В.Б. Гаврилов

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2024 - 2025 учебном году на заседании кафедры Проектирования и строительства зданий

Протокол от _____ 20__ г. № ____
Зав. кафедрой _____ В.Б. Гаврилов

1 Цели освоения дисциплины (модуля)

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 (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина Нелинейные задачи строительной механики входит в часть учебного плана формируемую участниками образовательных отношений образовательной программы.

Для изучения дисциплины необходимы знания (умения, владения), сформированные в результате изучения дисциплин/ практик:

Методология и методы научного исследования

Планирование эксперимента. Основы инженерного эксперимента

Знания (умения, владения), полученные при изучении данной дисциплины будут необходимы для изучения дисциплин/практик:

Сейсмостойкость сооружений

Теория железобетона

Теория расчета пластин и оболочек

Вероятностные методы в строительном проектировании

Основы механики разрушения

Проектирование сталежелезобетонных конструкций

Численное моделирование строительных конструкций и систем с использованием

ЭВМ

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

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

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции
ПК-1	Способен выполнять расчеты строительных конструкций и оснований объектов капитального строительства, конструировать основные узловые соединения конструкций и их расчет
ПК-1.1	Выполняет сбор нагрузок и воздействий для расчетов проектируемого объекта капитального строительства
ПК-1.2	Формирует конструктивные системы зданий и сооружений с применением железобетонных, металлических, каменных и деревянных конструкций
ПК-1.3	Создает расчетные схемы зданий и сооружений и выполняет расчеты в расчетных программных комплексах
ПК-1.4	Выполняет расчет и проверку несущей способности элементов несущих конструкций, конструирует основные узловые соединения конструкций и выполняет их расчет
ПК-1.5	Моделирует расчетные схемы и действующие нагрузки и осуществляет расчет надежности конструкций

4. Структура, объём и содержание дисциплины (модуля)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единиц 144 акад. часов, в том числе:

- контактная работа – 45,85 акад. часов;
- аудиторная – 45 акад. часов;
- внеаудиторная – 0,85 акад. часов;
- самостоятельная работа – 98,15 акад. часов;
- в форме практической подготовки – 0 акад. час;

Форма аттестации - зачет с оценкой

Раздел/ тема дисциплины	Семестр	Аудиторная контактная работа (в акад. часах)			Самостоятельная работа студента	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код компетенции
		Лек.	лаб. зан.	практ. зан.				
1.								
1.1 Введение в теорию нелинейно де-формируемых систем. Виды нелинейности в теории расчета кон-струкций. Общие фундаментальные понятия о природе возникновения геометрической и физической нелинейностей в задачах строительной механики. Генетическая нелинейность, как разновидность геометрической нелинейности. Виды физической нелинейности. Понятие о конструктивной нелинейности. Виды анизотропии. Механические свойства материалов конструкций. Гипотеза о нелинейно-упругом материале. Основные постановки при решении задач нелинейной строительной механики.	2	2	2/2И	6,45	Подготовка к практическому занятию. - Изучение основных теорем строительной механики нелинейных стержневых систем.	Устный опрос студентов. Проверка самостоятельной работы.	ПК-1.1 ПК-1.2 ПК-1.3 ПК-1.4 ПК-1.5	

<p>1.2 Тема 2. Основные положения нелинейной строительной механики. Основные гипотезы строительной механики. Классификация напряженных состояний. Тензор напряжений, тензор деформаций. Интенсивность напряжений и деформаций. Основные уравнения для нелинейно упругих и упругопластических тел. Понятие простого и сложного нагружения. Понятия активной и пассивной деформации. Теории пластичности. Основные ее допущения. Теория малых упруго-пластических деформаций А.А. Ильюшина. Уравнения Генки.</p>	2		4/2И	18	Изучение основных постановок при решении задач нелинейной строительной механики - Выполнение практических работ, предусмотренных рабочей программой дисциплины.	Устный опрос студентов. Проверка индивидуальных заданий.	ПК-1.1 ПК-1.2 ПК-1.3 ПК-1.4 ПК-1.5
<p>1.3 Зависимость между напряжениями и деформациями. Зависимость между напряжениями и деформациями. Закон Гука. Предельные напряженные состояния. Способы аппроксимации экспериментальных кривых. Методы расчета сооружений. Теории прочности.</p>	3		6/2И	10	Выполнение практических работ, предусмотренных рабочей программой дисциплины.	Устный опрос студентов. Проверка индивидуальных заданий.	ПК-1.1 ПК-1.2 ПК-1.3 ПК-1.4 ПК-1.5
<p>1.4 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</p>	4		6/2И	12	Выполнение практических работ, предусмотренных рабочей программой дисциплины.	Устный опрос студентов. Проверка индивидуальных заданий.	ПК-1.1 ПК-1.2 ПК-1.3 ПК-1.4 ПК-1.5

1.5 Расчет стержневых конструкций по предельному равновесию. Предельное равновесие многопролетных 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.	4		12/4И	16	Выполнение практических работ, предусмотренных рабочей программой дисциплины	Устный опрос студентов. Проверка индивидуальных заданий.	ПК-1.1 ПК-1.2 ПК-1.3 ПК-1.4 ПК-1.5
1.6 Экзамен							
Итого по разделу	15		30/12И	98,15			
Итого за семестр	15		30/12И	62,45		зао	
Итого по дисциплине	15		30/12И	98,15		зачет с оценкой	

5 Образовательные технологии

Реализация компетентного подхода предусматривает использование в учебном процессе активных и интерактивных форм проведения занятий в сочетании с внеауди-торной 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 дисциплинар-ной 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 проблем-ных 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-стно значимого для них образовательного результата. Наряду со специ-ализированными 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 за-планированными ошибками), лекция - беседа, лекция - дискуссия, лекция - прессконфе-ренция.

Семинар-дискуссия – коллективное обсуждение какого-либо спорного вопроса, проблемы, выявление мнений в группе (межгрупповой диалог, дискуссия как спор-диалог).

4. Информационно-коммуникационные образовательные технологии – органи-зация образовательного процесса, основанная на применении специализированных про-граммных сред и технических средств работы с информацией.

Формы учебных занятий с использованием информационно-коммуникационных технологий:

Лекция-визуализация – изложение содержания сопровождается презентацией (де-монстрацией 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 программ-ных средств.

6 Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Представлено в приложении 1.

7 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

Представлены в приложении 2.

8 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

а) Основная литература:

1. Анохин, Н. Н. СТРОИТЕЛЬНАЯ МЕХАНИКА В ПРИМЕРАХ И ЗАДАЧАХ. Ч I. Статически определимые системы : учебное пособие / Анохин Н. Н. - 4-е издание, дополненное и переработанное. - Москва : АСВ, 2020. - 336 с. - ISBN 978-5-4323-0173-4. - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785432301734.html> (дата обращения: 26.06.2022). - Режим доступа : по подписке.

2. Анохин, Н. Н. СТРОИТЕЛЬНАЯ МЕХАНИКА В ПРИМЕРАХ И ЗАДАЧАХ. Ч II. Статически неопределимые системы / Н. Н. Анохин - Москва : Издательство АСВ, 2017. - 464 с. - ISBN 978-5-4323-0209-0. - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785432302090.html> (дата обращения: 26.06.2022). - Режим доступа : по подписке.

3. Анохин, Н. Н. СТРОИТЕЛЬНАЯ МЕХАНИКА В ПРИМЕРАХ И ЗАДАЧАХ. Ч III. Динамика сооружений : учебное пособие / Н. Н. Анохин. Изд. 2-е, исправленное и дополненное. - Москва : АСВ, 2022. - 344 с. - ISBN 978-5-4323-0174-1. - Текст : электронный // ЭБС "Консультант студента" : [сайт]. - URL : <https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785432301741.html> (дата обращения: 26.06.2022). - Режим доступа : по подписке.

4. 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. 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.

в) Методические указания:

1. 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
Autodesk AutoCAD 2021	учебная версия	бессрочно
АСКОН Компас 3D в.16	Д-261-17 от 16.03.2017	бессрочно
STARK ES УВ в.2014	Д-894-14 от 14.07.2014	бессрочно
Лира САПР	Д-780-14 от 25.06.2014	бессрочно
МОНОМАХ САПР 2014	Д-780-14 от 25.06.2014	бессрочно

Профессиональные базы данных и информационные справочные системы

Название курса	Ссылка
Национальная информационно-аналитическая система – Российский индекс научного	URL: https://elibrary.ru/project_risc.asp
Поисковая система Академия Google (Google Scholar)	URL: https://scholar.google.ru/
Электронные ресурсы библиотеки МГТУ им. Г.И. Носова	https://magtu.informsystema.ru/Marc.html?locale=ru
Российская Государственная библиотека. Каталоги	https://www.rsl.ru/ru/4readers/catalogues/
Международная реферативная и полнотекстовая справочная база	http://scopus.com
Международная база полнотекстовых журналов Springer Journals	http://link.springer.com/
Международная реферативная и полнотекстовая справочная база данных научных изданий «Springer	https://www.nature.com/siteindex

9 Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Материально-техническое обеспечение дисциплины включает:

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.

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.

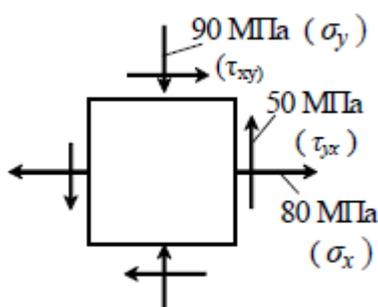


Рисунок 1

1. Поставить знаки заданных напряжений в соответствии с их направлениями на рисунке 1 согласно принятых правил 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.

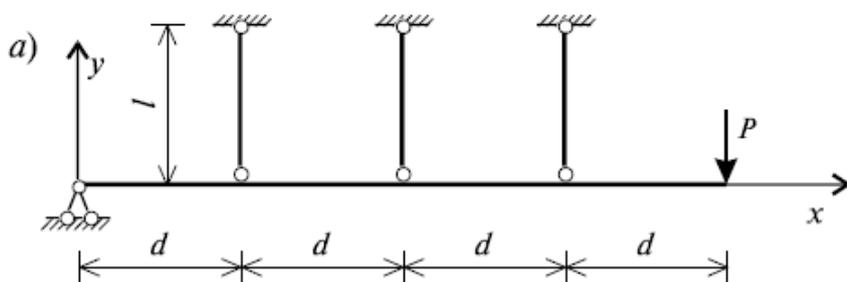


Рисунок 2

АКР №3 «Решение задач»

Рассмотрим предельное состояние балки с двумя шарнирно опертыми 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.

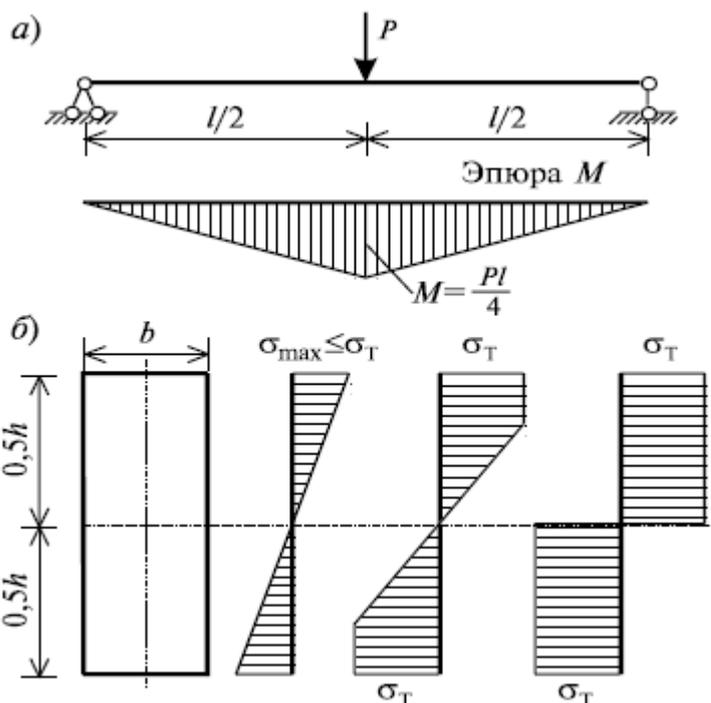


Рисунок 3

Примерные индивидуальные домашние задания (ИДЗ):

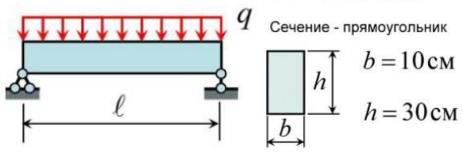
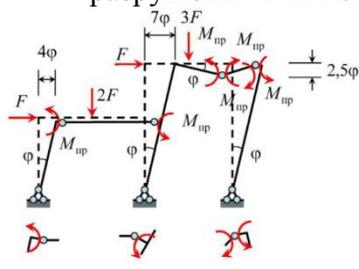
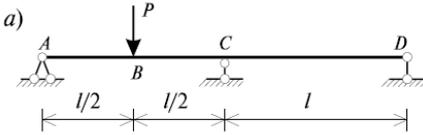
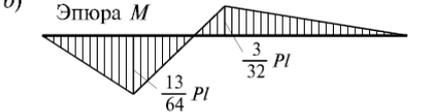
ИДЗ №1 «Расчетно-графическая работа»

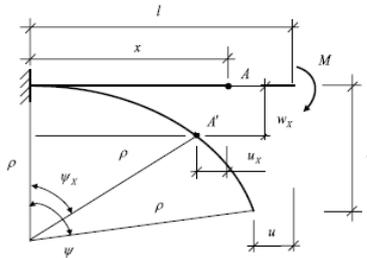
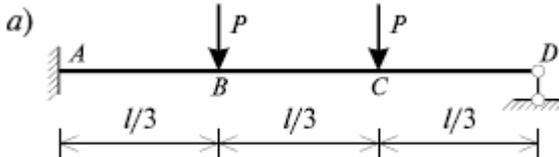
Для рамы с заданными размерами и поперечными сечениями элементов требуется:

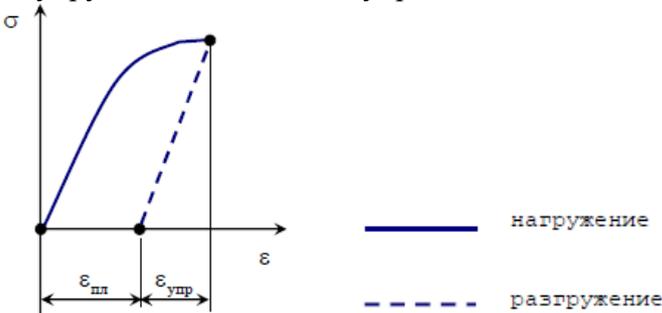
1. Определить предельную нагрузку статическим методом в MS Excel и построить эпюру изгибающих моментов в предельном состоянии.
2. Определить предельную нагрузку расчетом в программном комплексе SCAD.
3. Проверить правильность решения с помощью кинематического метода.
4. Найти допускаемую по условию прочности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

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства
		деформационной теории пластичности
ПК-1.2:	Формирует конструктивные системы зданий и сооружений с применением железобетонных, металлических, каменных и деревянных конструкций, конструкций из полимерных и композиционных материалов	<p>8. Какие зависимости существуют между модулем объемной деформации, модулем упругости, модулем сдвига и коэффициентом Пуассона в идеально упругом теле?</p> <p>9. При каких условиях справедлив закон плоских сечений в нелинейно-упругих балках?</p> <p>10. Какой вид имеет эпюра нормальных напряжений по высоте поперечного сечения в зависимости от уравнения между напряжениями и деформациями?</p> <p>11. Перечислите основные гипотезы, взятые за основу деформационной теории пластичности.</p> <p>12. При каких обстоятельствах в статически неопределимых системах возникают остаточные деформации и напряжения?</p> <p>13. Как учитывается процесс разгрузки в деформационной теории пластичности?</p> <p>14. Как конкретно формулируются основные допущения в теории пластического течения?</p> <p>15. Какие существуют виды напряженных состояний сооружений?</p> <p>16. Что такое нелинейность? Какие условия линейности задач строительной механики должны выполняться?</p> <p>17. Какие основные типы нелинейности при решении задач строительной механики вы знаете?</p> <p>18. Сформулируйте основную предпосылку нелинейной теории упругости.</p> <p>19. Чем отличается физическая, геометрическая, конструктивная и генетическая нелинейность.</p> <p>20. Что такое анизотропия?</p> <p>21. Что такое эффект Баушингера?</p> <p>22. Что называется тензором напряжений, тензором деформаций?</p> <p>23. Что называется инвариантом?</p> <p>24. что такое простое и сложное нагружение?</p> <p>25. Что такое активная и пассивная деформации?</p> <p>26. В чем состоит основная гипотеза в теории пластичности?</p> <p>27. Какие существуют основные группы теорий пластичности?</p> <p>28. Какие приняты основные допущения теорий</p>

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства
		<p>пластичности?</p> <p>29. Что называется модулем пластичности?</p> <p>30. Перечислите теории пластичности и дайте соответствующие пояснения.</p> <p>31. Какую нагрузку в методе предельного равновесия называют предельной?</p> <p>32. Дайте определение понятия пластического шарнира при изгибе конструкций.</p> <p>33. Что представляет собой пластический шарнир?</p> <p>34. Теоретические вопросы:</p> <p>35. Какие основные уравнения описывают нелинейно-упругие тела? Их физический смысл?</p> <p>36. В чем состоит отличие между нелинейно-упругим и упругопластическим материалом?</p> <p>37. Какие гипотезы линейности строительной механики не соблюдаются при учете физической нелинейности материала?</p> <p>38. Какие виды нелинейности учитываются при прочностных расчетах инженерных сооружений и конструкций?</p> <p>39. Какие предельные напряженные состояния вы знаете?</p> <p>40. Какие существуют Методы расчета сооружений и в чем их отличия?</p> <p>41. Что такое коэффициент линейной деформируемости среды?</p> <p>42. В чем заключается различие между расчетами на прочность по допускаемому напряжению и по предельным нагрузкам?</p> <p>43. Почему расчет по предельным нагрузкам выполняют только для элементов конструкции из пластичных материалов?</p> <p>44. Почему расчеты статически определимых стержней при растяжении и сжатии по допускаемым напряжениям и предельным нагрузкам дают одинаковые результаты?</p>
ПК-1.3:	Создает расчетные схемы зданий и сооружений и выполняет расчеты в расчетных программных	<p>Задания на решение задач из профессиональной области:</p> <p>1. Рассчитать прочность балки при изгибе</p>

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства
	комплексах	<p style="text-align: right;">$R = 24 \text{ кН/см}^2$ $\ell = 3 \text{ м} = 300 \text{ см}$</p>  <p style="text-align: center;">Сечение - прямоугольник $b = 10 \text{ см}$ $h = 30 \text{ см}$</p> <p style="text-align: center;">2. Определить перемещения в схеме механизма разрушения в ПК SCAD</p> 
ПК-1.4:	Выполняет расчет и проверку несущей способности элементов несущих конструкций, конструирует основные узловые соединения конструкций и выполняет их расчет	<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 style="text-align: center;">Рассчитать рассматриваемую балку (рис. 2.6) по предельному состоянию и по допускаемым напряжениям, при условии, что расчетное сопротивление в обоих методах принято одинаковым.</p> <ol style="list-style-type: none"> 6. Задача линейного программирования: Требуется найти максимум функции $F(N_1, N_2, N_3)$. $F = N_1 + N_2 + N_3 \rightarrow \max$

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства
		<p>При выполнении условий $N_1 + 2N_2 + 3N_3 = 0$</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. 3. Решить задачу с генетической нелинейностью. 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> <ol style="list-style-type: none"> 1. Написать как определяются упругие и пластические составляющие деформации в деформационной теории пластичности. 2. Правильно определить физическую, геометрическую, конструктивную и генетическую нелинейность в конкретном примере. 3. Какой вид имеет тензор напряжений, тензор деформаций? 4. Чему равны интенсивности нормальных и касательных напряжений? 5. Как записываются уравнения Генки?

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства
		<p>6. Почему при расчете по предельным нагрузкам нельзя использовать формулы, основанные на законе Гука?</p> <p>7. 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>
ПК-1.5:	Выполняет чертежи железобетонных, металлических, каменных и деревянных конструкций, конструкций из полимерных и композиционных материалов	<p>8. Как записывается обобщенный закон Гука в напряжениях и деформациях и их приращениях в канонической и матричной формах?</p> <p>9. Какой вид имеет диаграмма «напряжение-деформация» для жесткопластического тела Сен-Венана и упругопластического тела Прандтля (диаграмма Прандтля)?</p> <p>10. 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>11. Матрица жесткости для геометрически нелинейной задачи зависит от... а) времени; б) деформации; в) напряжений; г) перемещений.</p> <p>12. Начертить идеализированную и истинную диаграммы деформирования упругопластического тела.</p> <p>13. Начертить диаграммы нелинейно-упругого, упругопластического и жестко-пластического материала.</p>

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства

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

Примерная структура и содержание пункта:

Успешное изучение дисциплины «Нелинейные задачи строительной механики» невозможно 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.

Показатели и критерии оценивания зачета с оценкой:

- 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.