

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

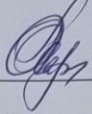
Форма обучения  
очная

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

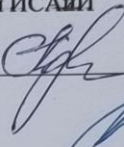
Магнитогорск  
2022 год

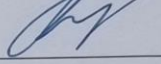
Рабочая программа составлена на основе ФГОС ВО - магистратура по направлению подготовки 08.04.01 Строительство (приказ Минобрнауки России от 31.05.2017 г. № 482)

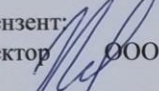
Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры Проектирования и строительства зданий  
10.02.2022, протокол № 5

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 академических часов, в том числе:

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

Форма аттестации - зачет с оценкой

Раздел/ тема дисциплины	Семестр	Аудиторная контактная работа (в академических 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 деформируемых систем. Виды нелинейности в теории расчета конструкций. 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	<p>Изучение основных постановок при решении задач нелинейной строительной механики - Выполнение практических работ, предусмотренных рабочей программой дисциплины.</p>	<p>Устный опрос студентов. Проверка индивидуальных заданий.</p>	<p>ПК-1.1 ПК-1.2 ПК-1.3 ПК-1.4 ПК-1.5</p>
<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	<p>Выполнение практических работ, предусмотренных рабочей программой дисциплины.</p>	<p>Устный опрос студентов. Проверка индивидуальных заданий.</p>	<p>ПК-1.1 ПК-1.2 ПК-1.3 ПК-1.4 ПК-1.5</p>
<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	<p>Выполнение практических работ, предусмотренных рабочей программой дисциплины.</p>	<p>Устный опрос студентов. Проверка индивидуальных заданий.</p>	<p>ПК-1.1 ПК-1.2 ПК-1.3 ПК-1.4 ПК-1.5</p>

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: <a href="https://elibrary.ru/project_risc.asp">https://elibrary.ru/project_risc.asp</a>
Поисковая система Академия Google (Google Scholar)	URL: <a href="https://scholar.google.ru/">https://scholar.google.ru/</a>
Электронные ресурсы библиотеки МГТУ им. Г.И. Носова	<a href="https://magtu.informsystema.ru/Marc.html?locale=ru">https://magtu.informsystema.ru/Marc.html?locale=ru</a>
Российская Государственная библиотека. Каталоги	<a href="https://www.rsl.ru/ru/4readers/catalogues/">https://www.rsl.ru/ru/4readers/catalogues/</a>
Международная реферативная и полнотекстовая справочная база	<a href="http://scopus.com">http://scopus.com</a>
Международная база полнотекстовых журналов Springer Journals	<a href="http://link.springer.com/">http://link.springer.com/</a>
Международная реферативная и полнотекстовая справочная база данных научных изданий «Springer	<a href="https://www.nature.com/siteindex">https://www.nature.com/siteindex</a>

### 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.

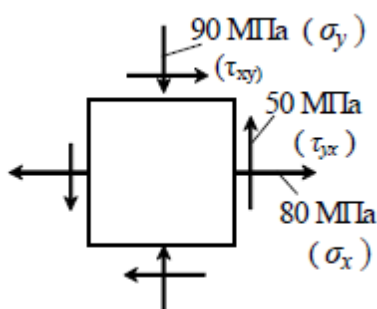


Рисунок 1

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  $\sigma_\alpha$ .
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.

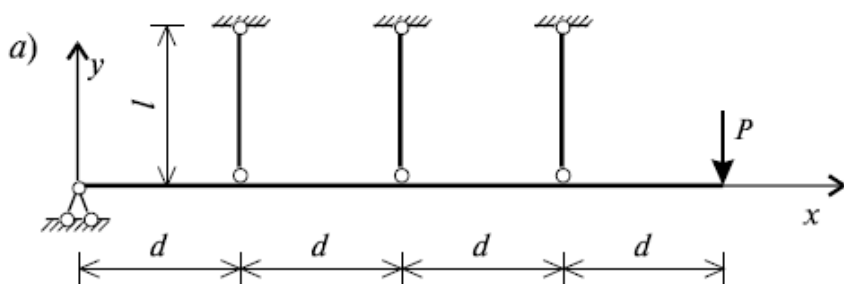


Рисунок 2

### 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.

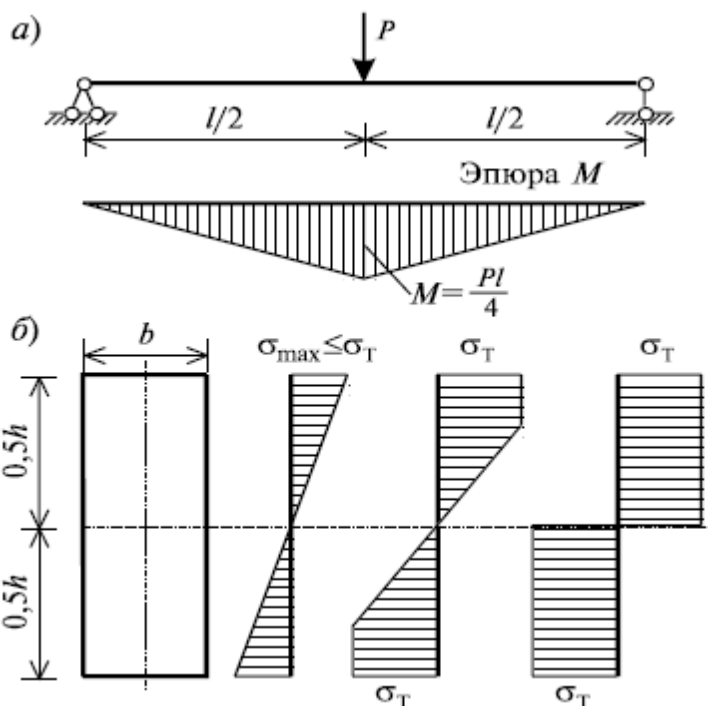


Рисунок 3

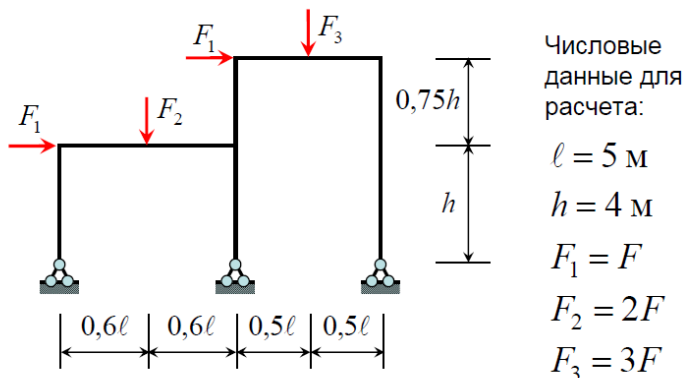
### Примерные индивидуальные домашние задания (ИДЗ):

#### 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.

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



Числовые  
данные для  
расчета:

$$l = 5 \text{ м}$$

$$h = 4 \text{ м}$$

$$F_1 = F$$

$$F_2 = 2F$$

$$F_3 = 3F$$

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

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

## Приложение 2

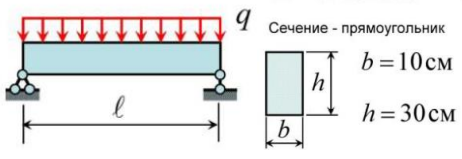
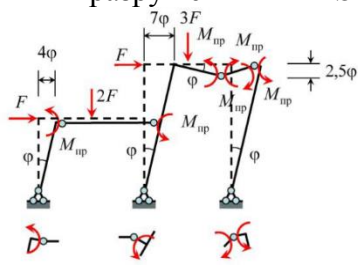
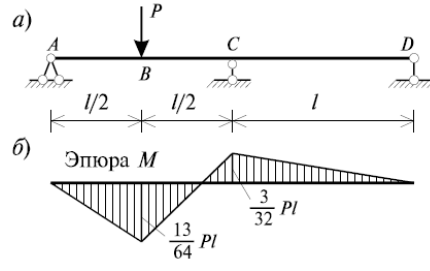
### Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

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

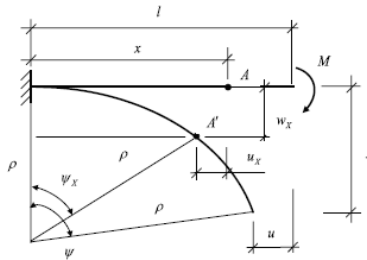
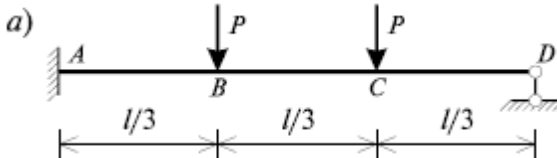
Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства
<b>ПК-1: Способен выполнять расчеты строительных конструкций и оснований, чертежи объектов капитального строительства, конструировать основные узловые соединения конструкций и их расчет</b>		
ПК-1.1:	Выполняет сбор нагрузок и воздействий для расчетов проектируемого и реконструируемого объекта капитального строительства	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Как учитывается процесс разгрузки в деформационной теории пластичности?</li> <li>2. Как конкретно формулируются основные допущения в теории пластического течения?</li> <li>3. Какие существуют виды напряженных состояний сооружений?</li> <li>4. Какие зависимости существуют между модулем объемной деформации, модулем упругости, модулем сдвига и коэффициентом Пуассона в идеально упругом теле?</li> <li>5. При каких условиях справедлив закон плоских сечений в нелинейно-упругих балках?</li> <li>6. Какой вид имеет эпюра нормальных напряжений по высоте поперечного сечения в зависимости от уравнения между напряжениями и деформациями?</li> <li>7. Перечислите основные гипотезы, взятые за основу</li> </ol>

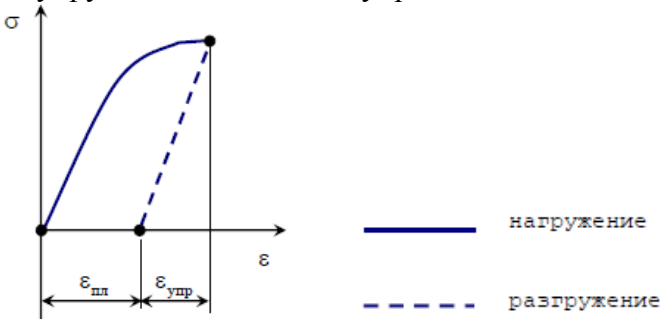
Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства
		деформационной теории пластичности
ПК-1.2:	Формирует конструктивные системы зданий и сооружений с применением железобетонных, металлических, каменных и деревянных конструкций, конструкций из полимерных и композиционных материалов	<p>8. 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;"><math>R = 24 \text{ кН/см}^2</math>   <math>\ell = 3 \text{ м} = 300 \text{ см}</math></p>  <p style="text-align: center;">Сечение - прямоугольник <math>b = 10 \text{ см}</math> <math>h = 30 \text{ см}</math></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"> <li>1. Написать алгоритм метода упругих решений и форму матричной реализации.</li> <li>2. Написать алгоритм метода переменных параметров упругости и форму матричной реализации.</li> <li>3. Написать алгоритм метода Ньютона–Рафсона и форму матричной реализации.</li> <li>4. Написать алгоритм метода последовательного нагружения и форму матричной реализации.</li> <li>5. Пусть один раз статически неопределимая балка (рис. 2.6, а) нагружена силой величиной <math>P</math>. В результате упругого расчета построена эпюра изгибающих моментов (рис. 2.6, б).</li> </ol>  <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"> <li>6. Задача линейного программирования: Требуется найти максимум функции <math>F(N_1, N_2, N_3)</math>. <math>F = N_1 + N_2 + N_3 \rightarrow \max</math></li> </ol>



Код индикатора	Индикатор достижения компетенции	Оценочные средства
		<p>При выполнении условий <math>N_1 + 2N_2 + 3N_3 = 0</math></p> <p>1. Решить задачу с геометрической нелинейностью:  Например, рассмотрим консольную балку (<math>0 \leq x \leq l</math>, <math>-h/2 \leq z \leq h/2</math>, <math>h</math> – длина и высота балки), изгибаемую моментом <math>M</math> (рис.1,а) и изготовленную из линейно-упругого материала (<math>E</math> – 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"> <li>1. Написать как определяются упругие и пластические составляющие деформации в деформационной теории пластичности.</li> <li>2. Правильно определить физическую, геометрическую, конструктивную и генетическую нелинейность в конкретном примере.</li> <li>3. Какой вид имеет тензор напряжений, тензор деформаций?</li> <li>4. Чему равны интенсивности нормальных и касательных напряжений?</li> <li>5. Как записываются уравнения Генки?</li> </ol>

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.