Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Максимов Алексей Борисович
Должность: директор департамента по образовательной политике
Дата подписания: 02.10.2023 14:30:18
Уникальный программный ключ:
8db180d1a3f02ac9e60521a5672742735c18b1d6

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)

УТВЕРЖДЕНО
Декан Факультета урбанистики и
городского хозяйства
_____ К.И. Лушин
30 августа 2022 года

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Нелинейные задачи строительной механики»

Направление подготовки
08.05.01 Строительство уникальных зданий и сооружений

Профиль подготовки
Строительство высотных и большепролетных зданий и сооружений

Квалификация (степень) выпускника
Инженер-строитель

Форма обучения
Очная

Москва – 2022

РАЗРАБОТАНО:
Преподаватель Л.М. Колищак

Согласовано:

Заведующий кафедрой
«Промышленное и гражданское строительство», к.т. А.Н. Зайцев

1.1 Цель дисциплины

Целью изучения дисциплины «Нелинейные задачи строительной механики» является:

– формирование знаний о современных методах инженерного исследования и моделирования конструкций зданий и сооружений, численных алгоритмах для нелинейного анализа напряженно-деформированного состояния и прочности с учетом упругопластических свойств конструкционных материалов, геометрически нелинейных деформаций, контактного взаимодействия элементов, освоение предназначенного для этого универсального программного обеспечения метода конечных элементов;

- подготовка студентов к деятельности в соответствии с квалификационной характеристикой инженера по направлению 08.05.01. Строительство уникальных зданий и сооружений (Строительство высотных и большепролетных зданий и сооружений).

1.2 Задачи дисциплины

Задачами дисциплины «Нелинейные задачи строительной механики» являются:

- ознакомление студентов с широко применяемыми методами и подходами к нелинейному анализу напряженно-деформированного состояния и прочности, а также ознакомление с современным программным обеспечением, реализующим данные методы для расчета напряженно-деформированного в нелинейной постановке конструкций зданий и сооружений.

– изучение эффективных и высокопроизводительных численных алгоритмов, используемых в современных вычислительных комплексах для анализа напряженно-деформированного состояния зданий и сооружений в нелинейной постановке.

- знакомство с основами расчетного моделирования конструкций зданий и сооружений с использованием одной из универсальных программ метода конечных элементов и одной из универсальных программ трехмерного автоматизированного проектирования.

2 Место дисциплины в структуре основных образовательных программ

Дисциплина «Нелинейные задачи строительной механики» относится к базовой части профессионального цикла основных образовательных программ (ООП) по направлению подготовки 08.05.01. Строительство уникальных зданий и сооружений (Строительство высотных и большепролетных зданий и сооружений).

Предшествующими курсами, на которых базируется дисциплина «Нелинейные задачи строительной механики» являются:

- математика (линейная алгебра, математический анализ);
- теоретическая механика;
- сопротивление материалов;
- строительная механика;

- теория упругости с основами теории пластичности и ползучести.

3 Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (ОПК-6, ОПК-7, ПК-10, ПК-11)

ОПК-6

Использованием основных законов естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применением методов математического анализа и математического (компьютерного) моделирования, теоретического и экспериментального исследования.

ОПК-7

Способностью выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлечь для их решения соответствующий физико-математический аппарат.

ПК-10

Знанием научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по профилю деятельности.

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

В результате освоения дисциплины студент должен обладать следующими общепрофессиональными (ОПК) и профессиональными (ПК) компетенциями:

Код компетенции	**В результате освоения образовательной программы обучающийся должен обладать компетенциями**	**Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине**
ОПК-6	Использование основных законов естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применением методов математического анализа и математического (компьютерного) моделирования, теоретического и экспериментального исследования.	**знать:** • теоретические вопросы в области нелинейной теории упругости, теории пластичности, численных алгоритмов для решения нелинейных задач прочностного анализа конструкций зданий и сооружений с использованием современных вычислительных средств математического (компьютерного) моделирования. **уметь:** • составлять расчетные модели для основных конструктивных элементов зданий и сооружений для нелинейного прочностного анализа; • выполнять на ЭВМ расчеты напряженно-деформированного состояния и осуществлять оценку прочности конструктивных элементов зданий и сооружений в нелинейной постановке. **владеть:** • методами нелинейной механики применительно к элементам зданий и сооружений, ориентированными на

		использование современных вычислительных средств.
ОПК-7	Способностью выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлечь для их решения соответствующий физико-математический аппарат .	**знать:** • постановку нелинейных задач строительной механики и их связь с смежными дисциплинами: нелинейной теории упругости, теории пластичности. **уметь:** • формулировать условия задач строительной механики в нелинейной постановке применительно к основным конструктивным элементам зданий и сооружений. **владеть:** • физико-математическим аппаратом для решения задач строительной механики в нелинейной постановке применительно к основным конструктивным элементам зданий и сооружений .
ПК-10	Знание научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по профилю деятельности.	**знать:** • современное состояние проблемы нелинейного анализа конструкций зданий и сооружений в отечественном и зарубежном строительстве. **уметь:** • применять знания, почерпнутые в отечественных и зарубежных источниках научно-технической информации, о современным методах расчета зданий и сооружений в нелинейной постановке. **владеть:** • современными методами расчета напряженно деформированного состояния зданий и сооружений в нелинейной постановке.
ПК-11	Владением методами математического (компьютерного) моделирования на базе универсальных и специализированных программно-	**знать:** • вычислительные алгоритмы, применяемые в современном программном обеспечении для решения прикладных задач нелинейного прочностного анализа.

	вычислительных комплексов и систем автоматизированного проектирования, методами постановки и проведения экспериментов по заданным методикам.	**уметь:** • представлять отдельные конструктивные элементы зданий и сооружений в виде расчетных моделей; • использовать современное программное обеспечение для нелинейного анализа напряженно деформированного состояния и прочности деталей и узлов зданий и сооружений. **владеть:** • навыками использования одной из современных вычислительных программ, реализующей метод конечных элементов для расчета напряженно деформированного состояния зданий и сооружений в нелинейной постановке.

4 Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 7 зачетных единиц, т.е. **252** академических часа (из них 222 часа – самостоятельная работа студентов).

Дисциплина читается на пятом курсе в **девятом** семестре. Проводятся лекции - 8 часов, семинары – 22 часа. Форма контроля – экзамен.

Вид учебной работы	**Всего часов**	**Семестр**
		9
Общая трудоемкость	180 (5 з.е.)	180(5 з.е.)
Аудиторные занятия (всего)	90	90
В том числе		
лекции	36	36
Практические занятия	54	54
Лабораторные занятия	-	-
Самостоятельная работа студента	90	90
Курсовая работа	нет	нет
Курсовой проект	нет	нет
Вид промежуточной аттестации		Экзамен

Структура и содержание дисциплины «Нелинейные задачи строительной механики» по срокам и видам работы отражены в Приложении 1.

Содержание разделов дисциплины.

Тема 1. Введение.

Обзор типов нелинейных задач прочности при проектировании зданий и сооружений (расчет конструкций с учетом упругопластических свойств конструкционных материалов, задачи геометрически нелинейного деформирования, задачи контактного взаимодействия).

Современное программное обеспечение для решения нелинейных задач прочности.

Обзор эффективных и производительных численных алгоритмов, реализуемых в программных комплексах для решения нелинейных задач прочности.

Сравнительный анализ различных расчетных подходов для решения нелинейных задач. Демонстрация результатов выполненных в нелинейной постановке расчетных исследований конструкций. Проблемы точности, адекватности и экономичности расчетных моделей для нелинейного анализа.

Тема 2. Основы теории пластичности.

Испытания материалов на растяжение-сжатие. Основные механические характеристики материалов. Диаграмма деформирования материала (условная, действительная). Схематизация диаграммы деформирования. Напряженное состояние в точке. Разложение тензора напряжений на шаровой тензор и девиатор. Инварианты тензора напряжений. Интенсивность напряжений. Изображение напряженного состояния в пространстве главных напряжений. Девиаторная плоскость. Деформированное состояние. Разложение тензора деформаций на шаровой тензор и девиатор. Инварианты тензора деформаций. Интенсивность деформаций. Связь между компонентами тензоров, а также величинами интенсивности напряжений и деформаций в пределах упругости. Условия начала пластичности для изотропного тела (условия Треска-Сен-Венана, условия Хубера-Мизеса).

Поверхность пластичности. Мера упрочнения, Постулат Друкера. Теорема о максимуме работы пластической деформации. Ассоциированный закон течения. Теория течения с изотропным упрочнением. Уравнения Прандтля-Рейсса. Теория малых упругопластических деформаций (деформационная теория).

Тема 3. Сведения из геометрически нелинейной теории упругости.

Тензор нелинейных деформаций Грина. Второй тензор напряжений Пиолы-Кирхгоффа. Тензор напряжений Эйлера. Уравнения равновесия и граничные условия в нелинейной теории упругости.

Тема 4. Конечно-элементные формулировки решения нелинейных задач прочности.

Вариационные принципы - основа формирования разрешающих уравнений МКЭ нелинейного анализа прочности конструкций. Вывод матричных уравнений МКЭ для решения нелинейных задач прочности в приращения (подход Лагранжа, модифицированный подход Лагранжа). Матрицы МКЭ для задач в приращениях -

касательной жесткости, влияния начальных напряжений (геометрической жесткости), влияния начальных перемещений и др.

Тема 5. Эффективные численные алгоритмы решения нелинейных задач прочности с использованием метода конечных- элементов.

Метод переменных параметров упругости для решения упругопластической задачи по деформационной теории. Методы дополнительных деформаций и дополнительных напряжений для решения упругопластической задачи по деформационной теории.

Метод Ньютона для решения геометрически и физически нелинейных задач конечно-элементного анализа. Квазиньютоновские методы (Бройдена, BFGS). Обеспечение глобальной сходимости метода Ньютона (линейный поиск, локально-ограниченный оптимальный шаг).

Arc-length метод и метод продолжения по параметру Шалашилина для решения существенно нелинейных задач.

Явные и неявные схемы прямого интегрирования по времени нелинейных динамических уравнений.

Тема 6. Особенности решения контактных задач методом конечных элементов

Обзор типов контактных конечных элементов. Использование метода штрафных функций для отражения контактного взаимодействия в системе. Метод множителей Лагранжа при решении контактной задачи.

Тема 7. Пути повышения точности расчетного нелинейного анализа, выполняемого методом конечных элементов

Погрешности, возникающие при нелинейном конечно-элементном анализе конструкций зданий и сооружений. Пути повышения точности выполняемого методом конечных элементов расчетного нелинейного анализа напряженно-деформированного состояния конструкций зданий и сооружений.

5. Образовательные технологии

Методика преподавания дисциплины «Нелинейные задачи строительной механики» и реализация компетентностного подхода в изложении и восприятии материала предусматривает использование следующих активных форм проведения групповых, индивидуальных, аудиторных занятий в сочетании с внеаудиторной работой с целью формирования и развития профессиональных навыков обучающихся:

– подготовка к выполнению практических занятий в компьютерных лабораториях вуза;

– подготовка, представление и обсуждение презентаций на семинарских занятиях;

– организация и проведение текущего контроля знаний студентов в форме бланкового тестирования;

– проведение мастер-классов экспертов и специалистов в области численных методов и нелинейной механики.

6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов.

В процессе обучения используются следующие оценочные формы самостоятельной работы студентов, оценочные средства текущего контроля успеваемости и промежуточных аттестаций:

- подготовка к выполнению расчетных модельных задач на практических занятиях и их защита.

Оценочные средства текущего контроля успеваемости включают контрольные вопросы и задания в форме бланкового и (или) компьютерного тестирования, для контроля освоения обучающимися разделов дисциплины.

Образцы тестовых заданий, контрольных вопросов и заданий для проведения текущего контроля, экзаменационных билетов, приведены в приложении 2.

6.1. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю).

6.1.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы.
В результате освоения дисциплины (модуля) формируются следующие компетенции:

Код компетенции	В результате освоения образовательной программы обучающийся должен обладать
ОПК-6	Использованием основных законов естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применением методов математического анализа и математического (компьютерного) моделирования, теоретического и экспериментального исследования.
ОПК-7	Способностью выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлечь для их решения соответствующий физико-математический аппарат.
ПК-10	Знанием научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по профилю деятельности.
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

В процессе освоения образовательной программы данные компетенции, в том числе их отдельные компоненты, формируются поэтапно в ходе освоения обучающимися дисциплин (модулей), практик в соответствии с учебным планом и календарным графиком учебного процесса.

6.1.2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций, формируемых по итогам освоения дисциплины (модуля), описание шкал оценивания.

Показателем оценивания компетенций на различных этапах их формирования является достижение обучающимися планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю).

ОПК-6 – Использованием основных законов естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применением методов математического анализа и математического (компьютерного) моделирования, теоретического и экспериментального исследования.

Показатель	**Критерии оценивания**			
	2	**3**	**4**	**5**
знать: теоретические вопросы в области нелинейной теории упругости, теории пластичности, численных алгоритмов для решения нелинейных задач прочностного анализа конструкций зданий и сооружений с использованием современных вычислительных средств математического (компьютерного) моделирования.	Обучающийся демонстрирует полное отсутствие или недостаточное соответствие теоретических знаний в области нелинейной теории упругости, теории пластичности, численных алгоритмов для решения нелинейных задач прочностного анализа конструкций зданий и сооружений с использованием современных вычислительных средств математического (компьютерного) моделирования.	Обучающийся демонстрирует неполные теоретические знания в области нелинейной теории упругости, теории пластичности, численных алгоритмов для решения нелинейных задач прочностного анализа конструкций зданий и сооружений с использованием современных вычислительных средств математического (компьютерного) моделирования. Допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность знаний, по ряду показателей, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями при их переносе на новые ситуации.	Обучающийся демонстрирует частичные теоретические в области нелинейной теории упругости, теории пластичности, численных алгоритмов для решения нелинейных задач прочностного анализа конструкций зданий и сооружений с использованием современных вычислительных средств математического (компьютерного) моделирования, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях.	Обучающийся демонстрирует полные теоретические знания в области нелинейной теории упругости, теории пластичности, численных алгоритмов для решения нелинейных задач прочностного анализа конструкций зданий и сооружений с использованием современных вычислительных средств математического (компьютерного) моделирования, свободно оперирует приобре-тенными знаниями.

уметь: составлять расчетные модели для основных конструктивных элементов зданий и сооружений для нелинейного прочностного анализа; выполнять на ЭВМ расчеты напряженно-деформированног о состояния и осуществлять оценку прочности конструктивных элементов зданий и сооружений в нелинейной постановке.	Обучающийся не умеет или в недостаточной степени умеет: составлять расчетные модели для основных конструктивных элементов зданий и сооружений для нелинейного прочностного анализа; выполнять на ЭВМ расчеты напряженно-деформированного состояния и осуществлять оценку прочности конструктивных элементов зданий и сооружений в нелинейной постановке.	Обучающийся демонстрирует неполное соответствие следующих умений: составлять расчетные модели для основных конструктивных элементов зданий и сооружений для нелинейного прочностного анализа; выполнять на ЭВМ расчеты напряженно-деформированного состояния и осуществлять оценку прочности конструктивных элементов зданий и сооружений в нелинейной постановке. Допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность владения навыками по ряду показателей, Обучающийся испытывает значительные затруднения при применении навыков в новых ситуациях.	Обучающийся демонстрирует частичное соответствие следующих умений: составлять расчетные модели для основных конструктивных элементов зданий и сооружений для нелинейного прочностного анализа; выполнять на ЭВМ расчеты напряженно-деформированного состояния и осуществлять оценку прочности конструктивных элементов зданий и сооружений в нелинейной постановке. Умения освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при переносе умений на новые, нестандартные ситуации.	Обучающийся демонстрирует полное соответствие следующих умений: составлять расчетные модели для основных конструктивных элементов зданий и сооружений для нелинейного прочностного анализа; выполнять на ЭВМ расчеты напряженно-деформированного состояния и осуществлять оценку прочности конструктивных элементов зданий и сооружений в нелинейной постановке. Свободно оперирует приобретенным и умениями, применяет их в ситуациях повышенной сложности.

владеть: методами нелинейной механики применительно к элементам зданий и сооружений, ориентированным и на использование современных вычислительных средств.	Обучающийся не владеет или в недостаточной степени владеет методами нелинейной механики применительно к элементам зданий и сооружений, ориентированными на использование современных вычислительных средств.	Обучающийся не в полной мере владеет методами нелинейной механики применительно к элементам зданий и сооружений, ориентированными на использование современных вычислительных средств. Допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность владения навыками по ряду показателей, Обучающийся испытывает значительные затруднения при применении навыков в новых ситуациях.	Обучающийся частично владеет методами нелинейной механики применительно к элементам зданий и сооружений, ориентированными на использование современных вычислительных средств. Навыки освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при переносе умений на новые, нестандартные ситуации.	Обучающийся в полном объеме владеет методами нелинейной механики применительно к элементам зданий и сооружений, ориентированными на использование современных вычислительных средств. Свободно применяет полученные навыки в ситуациях повышенной сложности.

ОПК-7 – Способностью выявлять естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлечь для их решения соответствующий физико-математический аппарат.

Показатель	**Критерии оценивания**			
	2	**3**	**4**	**5**
знать: постановку нелинейных задач строительной механики и их связь с смежными дисциплинами: нелинейной теорией упругости, теорией пластичности.	Обучающийся демонстрирует полное отсутствие или недостаточное соответствие теоретических знаний в области постановки нелинейных задач строительной механики и их связь с смежными дисциплинами: нелинейной теорией упругости, теорией пластичности.	Обучающийся демонстрирует неполные теоретические знания в постановки нелинейных задач строительной механики и их связь с смежными дисциплинами: нелинейной теорией упругости, теорией пластичности. Допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность знаний, по ряду показателей, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями при их переносе на новые ситуации.	Обучающийся демонстрирует частичные теоретические знания в области постановки нелинейных задач строительной механики и их связь с смежными дисциплинами: нелинейной теорией упругости, теорией пластичности, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях.	Обучающийся демонстрирует полные теоретические знания в области постановки нелинейных задач строительной механики и их связь с смежными дисциплинами: нелинейной теорией упругости, теорией пластичности, свободно оперирует приобре-тенными знаниями.

уметь: формулировать условия задач строительной механики в нелинейной постановке применительно к основным конструктивным элементам зданий и сооружений.	Обучающийся не умеет или в недостаточной степени умеет: формулировать условия задач строительной механики в нелинейной постановке применительно к основным конструктивным элементам зданий и сооружений.	Обучающийся демонстрирует неполное соответствие следующих умений: формулировать условия задач строительной механики в нелинейной постановке применительно к основным конструктивным элементам зданий и сооружений. Допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность владения навыками по ряду показателей, Обучающийся испытывает значительные затруднения при применении навыков в новых ситуациях.	Обучающийся демонстрирует частичное соответствие следующих умений: формулировать условия задач строительной механики в нелинейной постановке применительно к основным конструктивным элементам зданий и сооружений. Умения освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при переносе умений на новые, нестандартные ситуации.	Обучающийся демонстрирует полное соответствие следующих умений: формулировать условия задач строительной механики в нелинейной постановке применительно к основным конструктивным элементам зданий и сооружений. Свободно оперирует приобретенным и умениями, применяет их в ситуациях повышенной сложности.
владеть: физико-математическим аппаратом для решения задач строительной механики в нелинейной постановке применительно к основным конструктивным элементам зданий и сооружений .	Обучающийся не владеет или в недостаточной степени владеет физико-математическим аппаратом для решения задач строительной механики в нелинейной постановке применительно к основным конструктивным элементам зданий и сооружений .	Обучающийся не в полной мере владеет физико-математическим аппаратом для решения задач строительной механики в нелинейной постановке применительно к основным конструктивным элементам зданий и сооружений . Допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность владения навыками по ряду показателей, Обучающийся испытывает значительные затруднения при применении навыков в новых ситуациях.	Обучающийся частично владеет физико-математическим аппаратом для решения задач строительной механики в нелинейной постановке применительно к основным конструктивным элементам зданий и сооружений . Навыки освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при переносе умений на новые, нестандартные ситуации.	Обучающийся в полном объеме владеет физико-математическим аппаратом для решения задач строительной механики в нелинейной постановке применительно к основным конструктивным элементам зданий и сооружений . Свободно применяет полученные навыки в ситуациях повышенной сложности.

ПК-10 – Знанием научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по профилю деятельности.	
Показатель	**Критерии оценивания**

	2	3	4	5
знать: современное состояние проблемы нелинейного анализа конструкций зданий и сооружений в отечественном и зарубежном строительстве.	Обучающийся демонстрирует полное отсутствие или недостаточное соответствие знаний в области современного состояния проблемы нелинейного анализа конструкций зданий и сооружений в отечественном и зарубежном строительстве.	Обучающийся демонстрирует неполные знания в области современного состояния проблемы нелинейного анализа конструкций зданий и сооружений в отечественном и зарубежном строительстве. Допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность знаний, по ряду показателей, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями при их переносе на новые ситуации.	Обучающийся демонстрирует частичные знания в области современного состояния проблемы нелинейного анализа конструкций зданий и сооружений в отечественном и зарубежном строительстве, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях.	Обучающийся демонстрирует полные знания в области современного состояния проблемы нелинейного анализа конструкций зданий и сооружений в отечественном и зарубежном строительстве, свободно оперирует приобре-тенными знаниями.
уметь: применять знания, почерпнутые в отечественных и зарубежных источниках научно-технической информации, о современным методах расчета зданий и сооружений в нелинейной постановке.	Обучающийся не умеет или в недостаточной степени умеет: применять знания, почерпнутые в отечественных и зарубежных источниках научно-технической информации, о современным методах расчета зданий и сооружений в нелинейной постановке.	Обучающийся демонстрирует неполное соответствие следующих умений: применять знания, почерпнутые в отечественных и зарубежных источниках научно-технической информации, о современным методах расчета зданий и сооружений в нелинейной постановке. Допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность владения навыками по ряду показателей, Обучающийся испытывает значительные затруднения при применении навыков в новых ситуациях.	Обучающийся демонстрирует частичное соответствие следующих умений: применять знания, почерпнутые в отечественных и зарубежных источниках научно-технической информации, о современным методах расчета зданий и сооружений в нелинейной постановке. Умения освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при переносе умений на новые, нестандартные ситуации.	Обучающийся демонстрирует полное соответствие следующих умений: применять знания, почерпнутые в отечественных и зарубежных источниках научно-технической информации, о современным методах расчета зданий и сооружений в нелинейной постановке. Свободно оперирует приобретенным и умениями, применяет их в ситуациях повышенной сложности.

владеть: современными методами расчета напряженно деформированного состояния зданий и сооружений в нелинейной постановке.	Обучающийся не владеет или в недостаточной степени владеет современными методами расчета напряженно деформированного состояния зданий и сооружений в нелинейной постановке.	Обучающийся не в полной мере владеет современными методами расчета напряженно деформированного состояния зданий и сооружений в нелинейной постановке. Допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность владения навыками по ряду показателей, Обучающийся испытывает значительные затруднения при применении навыков в новых ситуациях.	Обучающийся частично владеет современными методами расчета напряженно деформированного состояния зданий и сооружений в нелинейной постановке. Навыки освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при переносе умений на новые, нестандартные ситуации.	Обучающийся в полном объеме владеет современными методами расчета напряженно деформированного состояния зданий и сооружений в нелинейной постановке. Свободно применяет полученные навыки в ситуациях повышенной сложности.

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.

Показатель	**Критерии оценивания**			
	2	**3**	**4**	**5**
знать: вычислительные алгоритмы, применяемые в современном программном обеспечении для решения прикладных задач нелинейного прочностного анализа.	Обучающийся демонстрирует полное отсутствие или недостаточное соответствие знаний в области вычислительных алгоритмов, применяемых в современном программном обеспечении для решения прикладных задач нелинейного прочностного анализа.	Обучающийся демонстрирует неполные знания в области вычислительных алгоритмов, применяемых в современном программном обеспечении для решения прикладных задач нелинейного прочностного анализа. Допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность знаний, по ряду показателей, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями при их переносе на новые ситуации.	Обучающийся демонстрирует частичные знания в области вычислительных алгоритмов, применяемых в современном программном обеспечении для решения прикладных задач нелинейного прочностного анализа, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях.	Обучающийся демонстрирует полные знания в области вычислительных алгоритмов, применяемых в современном программном обеспечении для решения прикладных задач нелинейного прочностного анализа, свободно оперирует приобре-тенными знаниями.

уметь: представлять отдельные конструктивные элементы зданий и сооружений в виде расчетных моделей; использовать современное программное обеспечение для нелинейного анализа напряженно деформированного состояния и прочности деталей и узлов зданий и сооружений.	Обучающийся не умеет или в недостаточной степени умеет: представлять отдельные конструктивные элементы зданий и сооружений в виде расчетных моделей; использовать современное программное обеспечение для нелинейного анализа напряженно деформированного состояния и прочности деталей и узлов зданий и сооружений.	Обучающийся демонстрирует неполное соответствие следующих умений: представлять отдельные конструктивные элементы зданий и сооружений в виде расчетных моделей; использовать современное программное обеспечение для нелинейного анализа напряженно деформированного состояния и прочности деталей и узлов зданий и сооружений. Допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность владения навыками по ряду показателей, Обучающийся испытывает значительные затруднения при применении навыков в новых ситуациях.	Обучающийся демонстрирует частичное соответствие следующих умений: представлять отдельные конструктивные элементы зданий и сооружений в виде расчетных моделей; использовать современное программное обеспечение для нелинейного анализа напряженно деформированного состояния и прочности деталей и узлов зданий и сооружений. Умения освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при переносе умений на новые, нестандартные ситуации.	Обучающийся демонстрирует полное соответствие следующих умений: представлять отдельные конструктивные элементы зданий и сооружений в виде расчетных моделей; использовать современное программное обеспечение для нелинейного анализа напряженно деформированного состояния и прочности деталей и узлов зданий и сооружений. Свободно оперирует приобретенным и умениями, применяет их в ситуациях повышенной сложности.
владеть: навыками использования одной из современных вычислительных программ, реализующей метод конечных элементов для расчета напряженно деформированного состояния деталей и узлов зданий и сооружений в нелинейной постановке.	Обучающийся не владеет или в недостаточной степени владеет навыками использования одной из современных вычислительных программ, реализующей метод конечных элементов для расчета напряженно деформированного состояния деталей и узлов зданий и сооружений в нелинейной постановке.	Обучающийся не в полной мере владеет навыками использования одной из современных вычислительных программ, реализующей метод конечных элементов для расчета напряженно деформированного состояния деталей и узлов зданий и сооружений в нелинейной постановке. Допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность владения навыками по ряду показателей, Обучающийся испытывает	Обучающийся частично владеет навыками использования одной из современных вычислительных программ, реализующей метод конечных элементов для расчета напряженно деформированного состояния деталей и узлов зданий и сооружений в нелинейной постановке. Навыки освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при переносе умений на новые, нестандартные ситуации.	Обучающийся в полном объеме владеет навыками использования одной из современных вычислительных программ, реализующей метод конечных элементов для расчета напряженно деформированного состояния деталей и узлов зданий и сооружений в нелинейной постановке. Свободно применяет полученные

		значительные затруднения при применении навыков в новых ситуациях.		навыки в ситуациях повышенной сложности.

Шкалы оценивания результатов промежуточной аттестации и их описание:

Форма промежуточной аттестации: экзамен.

Промежуточная аттестация обучающихся в форме экзамена проводится по результатам выполнения всех видов учебной работы, предусмотренных учебным планом по данной дисциплине (модулю), при этом учитываются результаты текущего контроля успеваемости в течение семестра. Оценка степени достижения обучающимися планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю) проводится преподавателем, ведущим занятия по дисциплине (модулю) методом экспертной оценки. По итогам промежуточной аттестации по дисциплине (модулю) выставляется оценка «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» или «неудовлетворительно».

К промежуточной аттестации допускаются только студенты, выполнившие все виды учебной работы, предусмотренные рабочей программой по дисциплине «Нелинейные задачи строительной механики»: прошли промежуточный контроль, выполнили лабораторные работы, выполнили курсовой проект.

Шкала оценивания	**Описание**
Отлично	Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. Студент демонстрирует соответствие знаний, умений, навыков, приведенных в таблицах показателей, оперирует приобретенными знаниями, умениями, навыками, применяет их в ситуациях повышенной сложности. При этом могут быть допущены незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации.
Хорошо	Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. Обучающийся демонстрирует частичное соответствие знаний, умений, навыков по предмету. Навыки освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при переносе умений на новые, нестандартные ситуации.
Удовлетворительно	Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. Обучающийся демонстрирует значительные ошибки, проявляет недостаточность знаний, умений и владения навыками по нескольким темам предмета. Обучающийся испытывает значительные затруднения при применении умений и навыков в новых ситуациях.

Неудовлетворительно	Не выполнен один или более видов учебной работы, предусмотренных учебным планом. Студент демонстрирует неполное соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, допускаются значительные ошибки, проявляется отсутствие знаний, умений, навыков по ряду показателей, студент испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации.

Фонды оценочных средств представлены в приложении 2 к рабочей программе.

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины.

а) основная литература:

1. Писаренко Г.С., Можаровский Н.С. Уравнения и краевые задачи теории пластичности и ползучести. – Киев: Наук. думка, 1981. – 496 с.

б) дополнительная литература:

2. Агапов В.П., Гаврюшин С.С., Карунин А.Л., Крамский Н.А. – Строительная механика автомобиля и трактора. М.: Изд-во МГТУ "МАМИ", 2002 - 400с.

3. Малинин Н.Н. Прикладная теория пластичности и ползучести. – М.: Машиностроение, 1975. – 400 с.

4. Зенкевич О. – Метод конечных элементов в технике. – М.: Мир, 1975. – 543 с.

5. Васидзу К. – Вариационные методы в теории упругости и пластичности. – М.: Мир, 1987. – 542 с.

6. Zienkiewicz O.Z., Taylor R.L. – The Finite Element Method. Fifth edition. Volume 1: The Basis. – Butterworth-Heinemann, 2000. – 707 p.

7. Zienkiewicz O.Z., Taylor R.L. – The Finite Element Method. Fifth edition. Volume 2: Solid Mechanics. – Butterworth-Heinemann, 2000. – 479 p.

в) программное обеспечение и интернет-ресурсы:

Программное обеспечение:

- универсальная программа метода конечных элементов, применяемая на предприятиях строительной отрасли;
- универсальная программа 3-D проектирования, применяемая на предприятиях строительной отрасли;
- офисное программное обеспечение.

Интернет-ресурсы не предусмотрены.

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины.

- Специализированная учебная лаборатория кафедры «Динамика, прочность машин и сопротивление материалов» Ауд. Н-212, оснащенная компьютерами с установленным необходимым программным обеспечением;

- Проекторы, экраны для демонстрации обучающих материалов, презентаций, учебных фильмов.

9. Методические рекомендации для самостоятельной работы студентов

9.1 Методические указания по выполнению и оформлению выполненных практических заданий по дисциплине «Нелинейные задачи строительной механики»

9.1.1 Требования к оформлению выполненных практических заданий

- Выполненное практическое задание должно быть оформлено на листах формата А4 со следующими полями:
  - Левое - 25 мм.
  - Верхнее - 15 мм.
  - Правое - 15 мм.
  - Нижнее - 15 мм.
- Выполненное практическое задание должно иметь титульный лист. Пример оформления титульного листа показан в приложении.
- Выполненное практическое задание должно содержать следующие разделы:
  - Содержание.
  - Введение.
  - Основная часть.
  - Заключение.
  - Список использованной литературы.
  - Приложения (не являются обязательной частью отчета).
- Страницы отчета должны быть пронумерованы. Нумерация начинается со второй страницы. На титульном листе номер странице не проставляется.
- В основной части находятся все пронумерованные главы, параграфы и подпараграфы.

Нумерация параграфов и подпараграфов производятся следующим образом:

- Первая цифра обозначает номер главы.
- Вторая цифра - порядковый номер параграфа.
- Третья цифра - порядковый номер подпараграфа.

Например, параграф 2 и подпараграф 5 параграфа 2 главы 3:

- **III Описание расчетной схемы**
- **3.2 Граничные условия**
- **3.2.5 Граничные условия по перемещениям**

Нумерация рисунков производится следующим образом:

- Первая цифра обозначает номер главы.
- Вторая цифра - порядковый номер рисунка в главе.

Например, рисунок в главе 3, имеющий порядковый номер 11:

- Рис. 3.11. Диалоговое окно ввода исходных данных

Точка в конце названия главы, параграфа, подпараграфа и рисунка не ставится. Название главы пишется заглавными полужирными буквами. Названия параграфов и подпараграфов пишутся строчными полужирными буквами, за исключением первой буквы, заглавной. Подпараграфы могут быть выделены курсивом.

- Нумерация использованной литературы производится либо в алфавитном порядке, либо по мере ссылок на нее в тексте курсовой работы.

Примеры оформления литературы.

Книги:

- Бидерман В.Л. – Теория механических колебаний. – М.: Высш. школа, 1980. – 408 с.
- Bathe K.J. – Finite Element Procedures. Prentice Hall, 1996. - 1037 p.

Журналы:

- Борисов Ю.С., Благовещенский Ю.Н., Дмитриченко С.С., Панкратов Н.М. Анализ применимости уравнений и исследование формы кривой усталости // Заводская лаборатория. Диагностика материалов, №10, 2000. С. 41-52.
- Bator J.L., Bathe K.J., Ho L.W. A study of three-node triangular plate bending elements // Int. J. Numer. Meth. Engng, v.15, 1980. P. 1771 – 1812.

9.1.2 Требования к содержанию разделов практического задания

1. В **содержании** должны быть представлены названия всех глав, параграфов и подпараграфов с указанием номеров начальных страниц.

2. Во **введении** обосновывается актуальность и ставится цель работы, перечисляются решаемые задачи и дается краткое содержание всех глав. Для курсового проекта, содержащего конкретные задачи, дается постановка задач.
   Теоретическая работа может носить описательный или методический характер.

3. В **основной части** подробно описывается последовательность решения задачи.
   Примерный план основной части

   - Постановка задачи. Сведения об объекте исследования и области строительства.
   - Теоретические основы решения задачи, используемые алгоритмы.
   - Описание программного обеспечения
   - Исходные данные, описание расчетной схемы.

- Характеристики модели МКЭ. Количество элементов, узлов, степеней свободы.
- Описание типов конечных элементов.
- Информация об условиях закрепления и нагружения.
- Последовательность формирования модели средствами программы МКЭ, особенности подготовки модели.
- Информация о процессе решения задачи.
- Сведения о компьютере, характеристиках программы МКЭ (название, версия, возможности), необходимых вычислительных ресурсах, времени решения.
- Анализ результатов расчетов.

4. В **заключении** дается краткая оценка и основные выводы выполненной работы.

5. В **приложение** выносится информационный материал, не требующий детального рассмотрения в основной части (например, таблицы, графики, рисунки, листинги программ и т.п.)

9.1.3 Требования к выполнению практических заданий

1. Практическое задание должно быть оформлено согласно требованиям указанным выше.
2. Содержание практического задания должно соответствовать перечисленным выше требованиям.
3. Практическое задание должно быть сдано за две недели до окончания семестра.

10.Методические рекомендации для преподавателя

Программа составлена в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки инженеров **08.05.01. Строительство уникальных зданий и сооружений** (Строительство высотных и большепролетных зданий и сооружений).

Программу составил преп. / Л. М. Колищак /

Программа утверждена на заседании кафедры “Промышленное и гражданское строительство ” «28» августа 2022 г., протокол № 1

Заведующий кафедрой
доцент, к. т. н. /А.Н. Зайцев/

Руководитель образовательной
программы / /

Приложение 1.

Структура и содержание дисциплины «Нелинейные задачи строительной механики» по направлению подготовки 23.04.02 «Наземные транспортно-технологические комплексы (Строительство высотных и большепролетных зданий и сооружений)
(инженер)

n/n	Раздел	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов, и трудоемкость в часах					Виды самостоятельной работы студентов					Формы аттестации	
				Л	П/С	Лаб	СРС	КСР	К.Р.	К.П.	РГР	Реферат	К/р	Э	З
	Шестой семестр														
1.1	***Тема 1. Введение***	**9**	1	5	7		10								
1.2	***Тема 2. Основы теории пластичности.***	**9**	2-4	5	7		10								
1.3	***Тема 3. Сведения из геометрически нелинейной теории упругости.***	**9**	5-6	5	9		15			+					
1.4	***Тема 4. Конечно-элементные формулировки решения нелинейных задач прочности.***	**9**	7-8	5	8		15								
1.5	***Тема 5. Эффективные численные алгоритмы решения нелинейных задач прочности с использованием метода конечных- элементов.***	**9**	9-13	5	7		10								
1.6	***Тема 6. Особенности решения контактных задач методом конечных элементов***	**9**	14	6	8		15								
1.7	***Тема 7. Пути повышения точности расчетного***	**9**	15	5	8		15								

	нелинейного анализа, выполняемого методом конечных элементов														
	Форма аттестации									+				**Э**	
	Всего часов по дисциплине в первом семестре			36	54		90								
	Всего часов по дисциплине во всех семестрах			36	54		90								

Приложение 1 к рабочей программе

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)

Направление подготовки 08.03.01 Строительство

Профиль подготовки «Промышленное и гражданское строительство»

Форма обучения: очная

Кафедра: Промышленное и гражданское строительство

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

ПО ДИСЦИПЛИНЕ
«Нелинейные задачи строительной механики»

Форма обучения: очная
Вид профессиональной деятельности: (В соответствии с ФГОС ВО)

Состав: 1. Паспорт фонда оценочных средств

2. Описание оценочных средств:
Экзаменационные задания.

Составитель: Колищак Л. М.

Москва, 2022год

Таблица 1

ПОКАЗАТЕЛЬ УРОВНЯ СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИЙ

Нелинейные задачи строительной механики					
ФГОС ВО 3					
В процессе освоения данной дисциплины студент формирует и демонстрирует следующие **общепрофессиональные и профессиональные компетенции**:					
КОМПЕТЕНЦИИ		**Перечень компонентов**	**Технология формирования компетенций**	**Форма оценочного средства**	**Степени уровней освоения компетенций**
ИНДЕКС	**ФОРМУЛИРОВКА**				
ОПК-6	***способность*** *использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и математического (компьютерного) моделирования, теоретического и экспериментального исследования.*	**знать:** теоретические вопросы в области нелинейной теории упругости, теории пластичности, численных алгоритмов для решения нелинейных задач прочностного анализа конструкций зданий и сооружений с использованием современных вычислительных средств математического (компьютерного) моделирования. **уметь:** составлять расчетные модели для основных конструктивных элементов зданий и сооружений для нелинейного прочностного анализа; выполнять на ЭВМ расчеты напряженно-деформированного состояния и осуществлять оценку прочности конструктивных элементов зданий и сооружений в нелинейной постановке. **владеть:** методами нелинейной механики применительно к элементам зданий и сооружений, ориентированными на использование современных вычислительных средств.	Самостоятельная работа, лекции, практические занятия	УО, ДИ, К, К/ Р, Т, РТ	**Базовый уровень** - способен *использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности.* Воспроизводство полученных знаний в ходе текущего контроля **Повышенный уровень** - способен самостоятельно *использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности* Практическое применение полученных знаний в процессе подготовки к семинарам, к выступлению с докладом

ОПК-7	**Способность** *Работать с компьютером, как средством управления информацией, в том числе в режиме удаленного доступа, способностью работать с программными средствами общего и специального назначения.*	**знать:** постановку нелинейных задач строительной механики и их связь с смежными дисциплинами: нелинейной теорией упругости, теорией пластичности. **уметь:** формулировать условия задач строительной механики в нелинейной постановке применительно к основным конструктивным элементам зданий и сооружений. **владеть:** физико-математическим аппаратом для решения задач строительной механики в нелинейной постановке применительно к основным конструктивным элементам зданий и сооружений	Самостоятельная работа, лекции, практические занятия	УО, ДИ, К, К/Р, Т, Р Т	**Базовый уровень** - способен *работать с компьютером (в том числе в режиме удаленного доступа) и с программными средствами общего и специального назначения для решения нелинейных задач прочности.* Воспроизводство полученных знаний в ходе текущего контроля **Повышенный уровень** - способен *самостоятельно работать с компьютером (в том числе в режиме удаленного доступа) и с программными средствами общего и специального назначения для решения нелинейных задач прочности;* - способен *самостоятельно составлять расчетные модели для основных конструктивных элементов зданий и сооружений для нелинейного прочностного анализа и выполнять на ЭВМ расчеты напряженно-деформированного состояния и осуществлять оценку прочности* Практическое применение полученных знаний в процессе подготовки к семинарам, к выступлению с докладом
ПК-10	**Способность** *Знанием научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по профилю деятельности.*	**знать:** современное состояние проблемы нелинейного анализа конструкций зданий и сооружений в отечественном и зарубежном строительстве. **уметь:** применять знания, почерпнутые в отечественных и зарубежных источниках научно-технической информации, о современным методах расчета зданий и сооружений в нелинейной постановке. **владеть:** современными методами расчета напряженно деформированного состояния зданий и сооружений в нелинейной постановке.	Самостоятельная работа, лекции, практические занятия	УО, ДИ, К, К/Р, Т, РТ	**Базовый уровень** - способен *ориентироваться* в *научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по профилю деятельности.* Воспроизводство полученных знаний в ходе текущего контроля **Повышенный уровень** - способен самостоятельно *ориентироваться* в *научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по профилю деятельности.* Практическое применение полученных знаний в процессе подготовки к семинарам, к выступлению с докладом

ПК-11	**Способность** владеть 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:** вычислительные алгоритмы, применяемые в современном программном обеспечении для решения прикладных задач нелинейного прочностного анализа. **уметь:** представлять отдельные конструктивные элементы зданий и сооружений в виде расчетных моделей; использовать современное программное обеспечение для нелинейного анализа напряженно деформированного состояния и прочности деталей и узлов зданий и сооружений. **владеть:** навыками использования одной из современных вычислительных программ, реализующей метод конечных элементов для расчета напряженно деформированного состояния зданий и сооружений в нелинейной постановке.	Самостоятельная работа, лекции, практические занятия	УО, ДИ, К, К/Р, Т, Р Т	**Базовый уровень:** - способен *представлять отдельные конструктивные элементы зданий и сооружений в виде расчетных моделей*. Воспроизводство полученных знаний в ходе текущего контроля. **Повышенный уровень:** - способен *самостоятельно представлять отдельные конструктивные элементы зданий и сооружений в виде расчетных моделей;* - способен *самостоятельно использовать современное программное обеспечение для нелинейного анализа напряженно деформированного состояния и прочности зданий и сооружений.* Практическое применение полученных знаний в процессе подготовки к семинарам, к выступлению с докладом

Приложение 2
к рабочей программе

Перечень оценочных средств по дисциплине
«Нелинейные задачи строительной механики»

№ ОС	Наименование оценочного средства	Краткая характеристика оценочного средства	Представление оценочного средства в ФОС
1	Деловая и/или ролевая игра (ДИ)	Совместная деятельность группы обучающихся и педагогического работника под управлением педагогического работника с целью решения учебных и профессионально - ориентированных задач путем игрового моделирования реальной проблемной ситуации. Позволяет оценивать умение анализировать и решать типичные профессиональные задачи.	Тема (проблема), концепция, роли и ожидаемый результат по каждой игре
2	Кейс-задача (К-З)	Проблемное задание, в котором обучающемуся предлагают осмыслить реальную профессионально-ориентированную ситуацию, необходимую для решения данной проблемы.	Задания для решения кейс-задачи
3	Коллоквиум (К)	Средство контроля усвоения учебного материала темы, раздела или разделов дисциплины, организованное как учебное занятие в виде собеседования педагогического работника с обучающимися.	Вопросы по темам/разделам дисциплины
4	Контрольная работа (К/Р)	Средство проверки умений применять полученные знания для решения задач определенного типа по теме или разделу	Комплект контрольных заданий по вариантам
5	Круглый стол, дискуссия, полемика, диспут, дебаты	Оценочные средства, позволяющие включить обучающихся в процесс обсуждения спорного вопроса, проблемы и оценить их умение аргументировать собственную точку зрения.	Перечень дискуссионных тем для проведения круглого стола, дискуссии, полемики, диспута, дебатов

6	Проект (П)	Конечный продукт, получаемый в результате планирования и выполнения комплекса учебных и исследовательских заданий. Позволяет оценить умения обучающихся самостоятельно конструировать свои знания в процессе решения практических задач и проблем, ориентироваться в информационном пространстве и уровень сформированности аналитических, исследовательских навыков, навыков практического и творческого мышления. Может выполняться в индивидуальном порядке или группой обучающихся.	Темы групповых и/или индивидуальных проектов
7	Рабочая тетрадь (РТ)	Дидактический комплекс, предназначенный для самостоятельной работы обучающегося и позволяющий оценивать уровень усвоения им учебного материала.	Образец рабочей тетради
8	Разноуровневые задачи и задания (РЗЗ)	Различают задачи и задания: а) репродуктивного уровня, позволяющие оценивать и диагностировать знание фактического материала (базовые понятия, алгоритмы, факты) и умение правильно использовать специальные термины и понятия, узнавание объектов изучения в рамках определенного раздела дисциплины; б) реконструктивного уровня, позволяющие оценивать и диагностировать умения синтезировать, анализировать, обобщать фактический и теоретический материал с формулированием конкретных выводов, установлением причинно-следственных связей; в) творческого уровня, позволяющие оценивать и диагностировать умения, интегрировать знания различных областей, аргументировать собственную точку зрения.	Комплект разноуровневых задач и заданий
9	Расчетно-графическая работа (РГР)	Средство проверки умений применять полученные знания по заранее определенной методике для решения задач или заданий по модулю или дисциплине в целом.	Комплект заданий для выполнения расчетно-графической работы

10	Реферат (Р)	Продукт самостоятельной работы студента, представляющий собой краткое изложение в письменном виде полученных результатов теоретического анализа определенной научной (учебно-исследовательской) темы, где автор раскрывает суть исследуемой проблемы, приводит различные точки зрения, а также собственные взгляды на нее.	Темы рефератов
11	Доклад, сообщение (ДС)	Продукт самостоятельной работы студента, представляющий собой публичное выступление по представлению полученных результатов решения определенной учебно-практической, учебно-исследовательской или научной темы	Темы докладов, сообщений
12	Устный опрос собеседование, (УО)	Средство контроля, организованное как специальная беседа педагогического работника с обучающимся на темы, связанные с изучаемой дисциплиной, и рассчитанное на выяснение объема знаний обучающегося по определенному разделу, теме, проблеме и т.п.	Вопросы по темам/разделам дисциплины
13	Творческое задание (ТЗ)	Частично регламентированное задание, имеющее нестандартное решение и позволяющее диагностировать умения, интегрировать знания различных областей, аргументировать собственную точку зрения. Может выполняться в индивидуальном порядке или группой обучающихся.	Темы групповых и/или индивидуальных творческих заданий
14	Тест (Т)	Система стандартизированных заданий, позволяющая автоматизировать процедуру измерения уровня знаний и умений обучающегося.	Фонд тестовых заданий
15	Тренажер (Тр)	Техническое средство, которое может быть использовано для контроля приобретенных студентом профессиональных навыков и умений по управлению конкретным материальным объектом.	Комплект заданий для работы на тренажере
16	Эссе	Средство, позволяющее оценить умение обучающегося письменно излагать суть поставленной проблемы, самостоятельно проводить анализ этой проблемы с использованием концепций и аналитического инструментария соответствующей дисциплины, делать выводы, обобщающие авторскую позицию по поставленной проблеме.	Тематика эссе

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)

Факультет Урбанистики и городского хозяйства, Кафедра «Промышленное и гражданское строительство»
Дисциплина - Нелинейные задачи строительной механики
Направление - 08.05.01. Строительство уникальных зданий и сооружений
Курс 5 семестр 9

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 1

1. Обзор типов нелинейных задач при обеспечении прочности конструкций зданий и сооружений.
2. Механические свойства конструкционных материалов за пределами упругости.
3. Задача.

Утверждено на заседании кафедры «__» _____ 2022 г., Протокол № __

Зав. кафедрой _____ / А.Н. Зайцев /

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)

Факультет Урбанистики и городского хозяйства, Кафедра «Промышленное и гражданское строительство»
Дисциплина - Нелинейные задачи строительной механики
Направление - 08.05.01. Строительство уникальных зданий и сооружений
Курс 5, семестр 9

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 2

1. Обзор методов и алгоритмов решения нелинейных задач прочности.
2. Диаграмма растяжения. Диаграмма сжатия. Диаграмма деформирования материала.
3. Задача.

Утверждено на заседании кафедры «__» _____ 2022 г., Протокол № __

Зав. кафедрой _____ / А.Н. Зайцев /

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)

Факультет Урбанистики и городского хозяйства, Кафедра «Промышленное и гражданское строительство»
Дисциплина - Нелинейные задачи строительной механики
Направление - 08.05.01. Строительство уникальных зданий и сооружений
Курс 5, семестр 9

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 3

1. Обзор программного обеспечения для решения нелинейных задач прочности.
2. Схематизация диаграмм деформирования материала.
3. Задача.

Утверждено на заседании кафедры «__» _____ 2022 г., Протокол № __

Зав. кафедрой _____ / А.Н. Зайцев /

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)

Факультет Урбанистики и городского хозяйства, Кафедра «Промышленное и гражданское строительство»
Дисциплина - Нелинейные задачи строительной механики
Направление - 08.05.01. Строительство уникальных зданий и сооружений
Курс 5, семестр 9

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 4

1. Разложение тензора напряжений на шаровой и девиатор.
2. Эффект Баушингера.
3. Задача.

Утверждено на заседании кафедры «__» _____ 2022 г., Протокол № __

Зав. кафедрой _____ / А.Н. Зайцев /

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)

Факультет Урбанистики и городского хозяйства, Кафедра «Промышленное и гражданское строительство»
Дисциплина - Нелинейные задачи строительной механики
Направление - 08.05.01. Строительство уникальных зданий и сооружений
Курс 5, семестр 9

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 5

1. Инварианты тензора напряжений, девиатора напряжений.
2. Условие начала пластических деформаций в форме Хубера-Мизеса.

3. Задача.

Утверждено на заседании кафедры «__» _____ 2022 г., Протокол № __

Зав. кафедрой _____ / А.Н. Зайцев /

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)

Факультет Урбанистики и городского хозяйства, Кафедра «Промышленное и гражданское строительство»
Дисциплина - Нелинейные задачи строительной механики
Направление - 08.05.01. Строительство уникальных зданий и сооружений
Курс 5, семестр 9

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 6

1. Интенсивность напряжений, интенсивность касательных напряжений. Девиаторная плоскость.
2. Условие начала пластических деформаций в форме Треска-Сен-Венана.
3. Задача.

Утверждено на заседании кафедры «__» _____ 2022 г., Протокол № __

Зав. кафедрой _____ / А.Н. Зайцев /

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)

Факультет Урбанистики и городского хозяйства, Кафедра «Промышленное и гражданское строительство»
Дисциплина - Нелинейные задачи строительной механики
Направление - 08.05.01. Строительство уникальных зданий и сооружений
Курс 5, семестр 9

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 7

1. Разложение тензора деформаций на шаровой и девиатор
2. Поверхность пластичности. Меры упрочнения.
3. Задача.

Утверждено на заседании кафедры «__» _____ 2022 г., Протокол № __

Зав. кафедрой _____ / А.Н. Зайцев /

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)

Факультет Урбанистики и городского хозяйства, Кафедра «Промышленное и гражданское строительство»
Дисциплина - Нелинейные задачи строительной механики
Направление - 08.05.01. Строительство уникальных зданий и сооружений
Курс 5, семестр 9

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 8

1. Инварианты тензора деформаций, девиатора деформаций.
2. Постулат Друкера.
3. Задача.

Утверждено на заседании кафедры «__» _____ 2022 г., Протокол № __

Зав. кафедрой _____ / А.Н. Зайцев /

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)

Факультет Урбанистики и городского хозяйства, Кафедра «Промышленное и гражданское строительство»
Дисциплина - Нелинейные задачи строительной механики
Направление - 08.05.01. Строительство уникальных зданий и сооружений
Курс 5, семестр 9

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 9

1. Зависимости между напряжениями и деформациями в пределах упругости. Объемный модуль упругости. Связь между девиатором деформаций и девиатором напряжений. Связь между интенсивностью деформаций и интенсивностью напряжений.
2. Теорема о максимуме пластической работы.
3. Задача.

Утверждено на заседании кафедры «__» _____ 2022 г., Протокол № __

Зав. кафедрой _____ / А.Н. Зайцев /

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)

Факультет Урбанистики и городского хозяйства, Кафедра «Промышленное и гражданское строительство»
Дисциплина - Нелинейные задачи строительной механики
Направление - 08.05.01. Строительство уникальных зданий и сооружений
Курс 5, семестр 9

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 10

1. Метод Ньютона как основа алгоритмов решения геометрически-нелинейных и физически-нелинейных задач прочности.
2. Метод переменных параметров упругости для решения упруго-пластической задачи по деформационной теории.
3. Задача.

Утверждено на заседании кафедры «__» _____ 2022 г., Протокол № __

Зав. кафедрой _____ / А.Н. Зайцев /

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)

Факультет Урбанистики и городского хозяйства, Кафедра «Промышленное и гражданское строительство»
Дисциплина - Нелинейные задачи строительной механики
Направление - 08.05.01. Строительство уникальных зданий и сооружений
Курс 5, семестр 9

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 11

1. Теория течения с изотропным упрочнением.
2. Нелинейные деформации. Постановка геометрически-нелинейных задач прочности.
3. Задача.

Утверждено на заседании кафедры «__» _____ 2022 г., Протокол № __

Зав. кафедрой _____ / А.Н. Зайцев /

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)

Факультет Урбанистики и городского хозяйства, Кафедра «Промышленное и гражданское строительство»
Дисциплина - Нелинейные задачи строительной механики
Направление - 08.05.01. Строительство уникальных зданий и сооружений
Курс 5, семестр 9

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 12

1. Уравнения течения Прандтля-Рейса.
2. Обзор моделей гиперупругих материалов.
3. Задача.

Утверждено на заседании кафедры «__» _____ 2022 г., Протокол № __

Зав. кафедрой _____ / А.Н. Зайцев /

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)

Факультет Урбанистики и городского хозяйства, Кафедра «Промышленное и гражданское строительство»
Дисциплина - Нелинейные задачи строительной механики
Направление - 08.05.01. Строительство уникальных зданий и сооружений
Курс 5, семестр 9

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 13

1. Теория малых упруго-пластических деформаций (деформационная теория).
2. Постановка и обзор методов решения конструкционно-нелинейных задач (задач контактного взаимодействия).
3. Задача.

Утверждено на заседании кафедры «__» _____ 2022 г., Протокол № __

Зав. кафедрой _____ / А.Н. Зайцев /

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)

Факультет Урбанистики и городского хозяйства, Кафедра «Промышленное и гражданское строительство»
Дисциплина - Нелинейные задачи строительной механики
Направление - 08.05.01. Строительство уникальных зданий и сооружений
Курс 5, семестр 9

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 14

1. Обеспечение глобальной сходимости метода Ньютона при решении нелинейных задач прочности.
2. Ассоциированный закон течения.
3. Задача.

Утверждено на заседании кафедры «__» _____ 2022 г., Протокол № __

Зав. кафедрой _____ / А.Н. Зайцев /

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)

Факультет Урбанистики и городского хозяйства, Кафедра «Промышленное и гражданское строительство»
Дисциплина - Нелинейные задачи строительной механики
Направление - 08.05.01. Строительство уникальных зданий и сооружений
Курс 5, семестр 9

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 15

1. Квазиньютоновские алгоритмы решения нелинейных задач прочности.
2. Постановка задачи оценки качеств пассивной безопасности кузова транспортного средства при аварийном столкновении.
3. Задача.

Утверждено на заседании кафедры «__» _____ 2022 г., Протокол № __

Зав. кафедрой _____ / А.Н. Зайцев /

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)

Факультет Урбанистики и городского хозяйства, Кафедра «Промышленное и гражданское строительство»
Дисциплина - Нелинейные задачи строительной механики
Направление - 08.05.01. Строительство уникальных зданий и сооружений
Курс 5, семестр 9

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЙ БИЛЕТ № 16

1. Моделирование нелинейного деформирования конструкции транспортного средства при аварийном столкновении.
2. Конечно-элементные формулировки решения нелинейных задач прочности.
3. Задача.

Утверждено на заседании кафедры «__» _____ 2022г., Протокол № __

Зав. кафедрой _____ / А.Н. Зайцев /