ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

УТВЕРЖДАЮ:
Руководитель специальности

ЮУрГУ
Электронный документ, подписанный ПЭП, хранится в системе электронного документооборота Южно-Уральского государственного университета
СВЕДЕНИЯ О ВЛАДЕЛЬЦЕ ПЭП
Кому выдан: Мишнев М. В.
Пользователь: mishnevmv
Дата подписания: 24.05.2023

М. В. Мишнев

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

дисциплины 1.О.34 Нелинейные задачи строительной механики
для специальности 08.05.01 Строительство уникальных зданий и сооружений
уровень Специалитет
форма обучения очная
кафедра-разработчик Строительное производство и теория сооружений

Рабочая программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 08.05.01 Строительство уникальных зданий и сооружений, утверждённым приказом Минобрнауки от 31.05.2017 № 483

Зав.кафедрой разработчика,
к.техн.н., доц.

ЮУрГУ
Электронный документ, подписанный ПЭП, хранится в системе электронного документооборота Южно-Уральского государственного университета
СВЕДЕНИЯ О ВЛАДЕЛЬЦЕ ПЭП
Кому выдан: Киянец А. В.
Пользователь: kianetcav
Дата подписания: 24.05.2023

А. В. Киянец

Разработчик программы,
д.техн.н., проф., профессор

ЮУрГУ
Электронный документ, подписанный ПЭП, хранится в системе электронного документооборота Южно-Уральского государственного университета
СВЕДЕНИЯ О ВЛАДЕЛЬЦЕ ПЭП
Кому выдан: Потапов А. Н.
Пользователь: potapovan
Дата подписания: 23.05.2023

А. Н. Потапов

Челябинск

1. Цели и задачи дисциплины

Дисциплина «Нелинейные задачи строительной механики» изучается в 9 и 10 семестрах. Цель дисциплины «Нелинейные задачи строительной механики» состоит в подготовке студентов, уровень знаний которых соответствует требованию квалификации специалистов по направлению 08.05.01 «Строительство уникальных зданий и сооружений». В частности, познакомить студента с методами нелинейного расчета сооружений и конструкций, выполненных из различных материалов, на прочность, жесткость и устойчивость при различных воздействиях с использованием современного вычислительного аппарата. Задачи дисциплины «Нелинейные задачи строительной механики»: - научить студента владеть и применять методы нелинейного расчета строительных конструкций и их элементов при проектировании зданий и сооружений; - подготовить студента к выполнению научно-исследовательской работе и защите выпускной квалификационной работы.

Краткое содержание дисциплины

В курсе «Нелинейные задачи строительной механики» студенты получают общие фундаментальные понятия о природе возникновения нелинейностей (физической, геометрической и конструктивной) в задачах строительной механики и сведения о методах нелинейного расчета конструкций, играющие важную роль в подготовке расчетчика, проектировщика и конструктора. Вводятся основные понятия и положения нелинейной строительной механики; особенности нелинейной работы материала, диаграммы деформирования материалов, эффект Баушингера, принцип Мазинга. Рассматриваются экспериментальные диаграммы растяжения для различных материалов, два предельных режима деформирования во времени: ползучесть и релаксация, знакопеременное нагружение и пластический гистерезис. Учет конструктивной нелинейности в расчете стержневых систем. Расчет рам и неразрезных балок с учетом монтажных зазоров. Учет геометрической нелинейности в расчете стержневых систем. Общее уравнение упругой линии при продольном изгибе стержня. Метод начальных параметров. Расчет плоских рам на устойчивость методом перемещений (МП). Таблица сжатых стандартных стержней при единичных воздействиях. Основная система и канонические уравнения МП. Метод решения уравнения устойчивости. Практические рекомендации к выбору параметра устойчивости. Порядок расчёта рам на устойчивость МП. Методы предельного равновесия. Работа системы из идеально упругопластического материала. Предельное равновесие сечения. Пластический момент сопротивления. Теоремы предельного равновесия и методы решения (статическая и кинематическая теоремы). Кинематический метод предельного равновесия в расчете СН балок и рам. Простые и комбинированные варианты пластических механизмов разрушения. Кинематический метод предельного равновесия в задачах с распределенной нагрузкой и учетом различной несущей способности. Два вида расчета на прочность. Проектный и проверочный расчеты. Расчет конструкций с учетом упрочнения материала. Моделирование поведения материала с учетом пластических зон (ПЗ). Два допущения, принятые для зоны упругопластических деформаций при упрочнении материала. Классификация специальных зон (упругопластическая, пластическая зоны и зона усиления). Расчет СН балок со специальными зонами на единичные воздействия. Балка с закреплениями «заделка» – «шарнир» и «заделка» –

«заделка». Безразмерные балочные пластические функции и их свойства. Расчет плоской рамы на действие статической нагрузки методом перемещений с учетом ПЗ.

2. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины

Планируемые результаты освоения ОП ВО (компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине
ОПК-1 Способен решать прикладные задачи строительной отрасли, используя теорию и методы фундаментальных наук	Знает: основные понятия нелинейнодеформирования твёрдых тел и особенности распределения напряжений при нелинейной работе материалов конструкций; основные методы и приёмы расчёта строительных конструкций с учётом физической и геометрической нелинейности Умеет: рассчитывать конструкции из нелинейноупругого и упругопластического материала при статических воздействиях; выполнять расчёты с использованием стандартных программ и алгоритмов в нелинейных задачах строительной механики Имеет практический опыт: современными методами определения внутренних усилий, напряжений и перемещенийпри нелинейной работе конструкций; методами математического (компьютерного) моделирования в нелинейных задачах строительной механики

3. Место дисциплины в структуре ОП ВО

Перечень предшествующих дисциплин, видов работ учебного плана	Перечень последующих дисциплин, видов работ
1.О.23 Техническая механика, 1.О.12 Алгебра и геометрия, 1.О.37 Механика деформируемого твердого тела, 1.О.14 Специальные главы математики, 1.О.19 Теоретическая механика, 1.О.13 Математический анализ, 1.О.15 Физика, Производственная практика (ориентированная, цифровая) (6 семестр)	Не предусмотрены

Требования к «входным» знаниям, умениям, навыкам студента, необходимым при освоении данной дисциплины и приобретенным в результате освоения предшествующих дисциплин:

Дисциплина	Требования
1.О.23 Техническая механика	Знает: основные понятия, расчетные схемы и методы расчета элементов конструкций, используемые в технической механике и далее в дисциплинах профессионального цикла Умеет: определять внутренние усилия и напряжения, возникающие в стержневых элементах конструкций при различных внешних силовых

	воздействиях; оценивать прочностную и деформационную надежность стержневого элемента конструкции Имеет практический опыт: расчета стержневых элементов строительных конструкций на прочность, жесткость и устойчивость
1.О.12 Алгебра и геометрия	Знает: фундаментальные законы алгебры и геометрии Умеет: применять методы алгебры и геометрии при решении профессиональных задач Имеет практический опыт: использования законов алгебры и геометрии при решении практических задач
1.О.37 Механика деформируемого твердого тела	Знает: основные положения, расчётные методымеханики деформируемого твердого тела;полную систему уравнений теории упругости.практические приемы статического расчётаконструкций при различных силовых идеформационных воздействиях Умеет: :составить расчётную схему сооруженияядля решения задачи методами теории упругости,формировать граничные условия в двух- итрехмерных задачах механики деформируемоготвердого тела Имеет практический опыт: практическими приемами статическогорасчёта конструкций при различных силовых идеформационных воздействиях
1.О.19 Теоретическая механика	Знает: постановки классических задач теоретической механики; основные понятия и аксиомы, законы, принципы теоретической механики фундаментальные понятия кинематики и кинетики, основные законы равновесия и движения материальных объектов Умеет: оценивать корректность поставленной задачи; применять основные законы теоретической механики Имеет практический опыт: владения методами математического моделирования статического, кинематического и динамического состояния механических систем
1.О.15 Физика	Знает: основные физические явления и основные физические законы в области механики, термодинамики, электричества и магнетизма, оптики и атомной физики; границы их применимости, применение законов в важнейших практических приложениях; основные физические величины и физические константы, их определение, смысл, способы и единицы их измерения; фундаментальные физические опыты и их роль в развитии науки; назначение и принципы действия важнейших физических приборов Умеет: объяснить основные наблюдаемые природные и техногенные явления и эффекты с позиций фундаментальных физических взаимодействий; указать, какие законы описывают данное явление или эффект; записывать уравнения для физических величин в системе СИ; работать с

	приборами и оборудованием современной физической лаборатории; использовать различные методикифизических измерений и обработки экспериментальных данных Имеет практический опыт: выполнять численные и экспериментальные исследования, проводить обработку и анализ результатов
1.О.14 Специальные главы математики	Знает: основные понятия, теоремы и методы математического анализа по теории числовых и функциональных рядов, теории вероятностей и математической статистики Умеет: применять понятия, теоремы и методы при решении прикладных задач; решать конкретные задачи в профессиональной деятельности Имеет практический опыт: владения навыками математического представления объектов исследования в сфере профессиональной деятельности; математическим аппаратом для решения специфических задач в профессиональной области
1.О.13 Математический анализ	Знает: фундаментальные основы математики, включая математический анализ, необходимые для освоения других дисциплин и самостоятельного приобретения знаний, способы и методики выполнения исследования,требования охраны труда при выполнении исследований Умеет: самостоятельно использовать математический аппарат, содержащейся в литературе по строительным наукам для решения поставленных профессиональных задач, формулировать цели, ставить задачи исследования,-составлять программы для проведения исследования, определять потребности в ресурсах,составлять план исследования, составлять математической модели исследуемого процесса (явления), обрабатывать результаты эмпирических исследований методами математической статистики и теории вероятностей, обрабатывать результаты математического моделирования, документировать результаты исследования, оформлять отчётную документацию,формулировать выводы по результатам исследования Имеет практический опыт: владения конкретными практическими приемами и навыками постановки и решения математических задач, ориентированных на практическое применение при изучении дисциплин профессионального цикла, по выполнению и контролю выполнения исследования, по выполнению и контролю выполнения документального исследования технической информации о профильном объекте строительства, представления и защиты результатов проведённого исследования

Производственная практика (ориентированная, цифровая) (6 семестр)	Знает: Круг задачи строительной отрасли, Принципы проектирования цифровых моделей зданий и сооружений (в том числе уникальных) Умеет: Применять теорию и методы фундаментальных наук, Использовать современные цифровые пакеты для создания цифровых моделей зданий и сооружений Имеет практический опыт: Решения прикладных задач строительной отрасли, Создания 3D и BIM моделей зданий, сооружений и их элементов

4. Объём и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 7 з.е., 252 ч., 128,75 ч. контактной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах	
		Номер семестра	
		9	10
Общая трудоёмкость дисциплины	252	108	144
Аудиторные занятия:	112	48	64
Лекции (Л)	16	0	16
Практические занятия, семинары и (или) другие виды аудиторных занятий (ПЗ)	64	32	32
Лабораторные работы (ЛР)	32	16	16
Самостоятельная работа (СРС)	123,25	53,75	69,5
Задача № 1. Расчет стальной неразрезной балки с учетом монтажных зазоров	20	20	0
Подготовка к экзамену	10	0	10
Подготовка к выступлению с докладом на семинаре №1; тема: Устойчивость упругих систем	5	5	0
Задача № 2. Расчет статически неопределимой рамы на устойчивость методом перемещений	23,75	23.75	0
Задача № 4. Расчёт статически неопределимой рамы учетом пластических зон (ПЗ) методом перемещений (МП)	29,5	0	29.5
Задача № 3. Расчет рамы по методу предельного равновесия с использованием кинематической теоремы	25	0	25
Подготовка к зачету	5	5	0
Подготовка к выступлению с докладом на семинаре №2; тема: Метод предельного равновесия	5	0	5
Консультации и промежуточная аттестация	16,75	6,25	10,5
Вид контроля (зачет, диф.зачет, экзамен)	-	зачет	экзамен

5. Содержание дисциплины

№ раздела	Наименование разделов дисциплины	Объем аудиторных занятий по видам в часах			
		Всего	Л	ПЗ	ЛР
1	Основные понятия и положения нелинейной	6	0	4	2

	строительной механики				
2	Расчет конструктивно-нелинейных стержневых систем	14	0	10	4
3	Учет геометрической нелинейности в расчете стержневых систем	28	0	18	10
4	Расчет конструкций по несущей способности	36	8	18	10
5	Расчет конструкций с учетом упрочнения материала	28	8	14	6

5.1. Лекции

№ лекции	№ раздела	Наименование или краткое содержание лекционного занятия	Кол-во часов
1	4	Методы расчёта строительных конструкций. Предельное состояние сечения	2
2	4	Кинематический метод предельного равновесия в расчете СН балок и рам	2
3	4	Кинематический метод предельного равновесия в задачах с распределенной нагрузкой	2
4	4	Особенности расчета конструкций методом предельного равновесия с различной несущей способностью стержней. Два вида расчета на прочность: прямое проектирование и обратная задача	2
5	5	Моделирование поведения материала с учетом пластических зон. Специальные зоны и их краткая характеристика.	2
6	5	Расчет СН балок со специальными зонами на единичные воздействия. Балка с закреплениями «заделка» – «шарнир».	2
7	5	Расчет балки с закреплениями «заделка» – «заделка» с учетом пластических зон на единичные воздействия. Безразмерные нелинейные функции и их свойства.	2
8	5	Расчет СН рам с учетом пластических зон методом перемещений.	2

5.2. Практические занятия, семинары

№ занятия	№ раздела	Наименование или краткое содержание практического занятия, семинара	Кол-во часов
1	1	Применение пакетов MATLAB, Лира-САПР, ANSYS в расчётах линейных задач строительной механики. Расчеты на прочность и жесткость.. Виды анизотропии. Понятие о нелинейно-упругом и упругопластическом материале. Экспериментальные диаграммы растяжения для различных материалов. Петля гистерезиса. Влияние времени деформирования. Ползучесть, релаксация.	2
2	1	Физическая нелинейность. Нелинейно-упругий, упругопластический и жѐсткопластический материал. Аппроксимация экспериментальных кривых деформирования материалов. Геометрическая нелинейность	2
3	2	Расчет конструктивно-нелинейных стержневых систем. Расчет СН рам с одним-двумя неизвестными по методу сил с учетом монтажных зазоров на действие статической нагрузки. Определение перенапряжений в раме при установке опор с отклонением уровня монтажных отметок от проектных.	4
4	2	Расчет стальной трехпролетной неразрезной балки на действие статической нагрузки при наличие монтажных зазоров в двух опорах. Первый этап расчета: определение величины нагрузки q1 при условии, когда упругая линия касается опоры № 1. Определение НДС балки, построение эпюр M, Q. Второй этап расчета: определение величины нагрузки q2, когда упругая линия касается опоры № 2. Построение эпюр M, Q. Выдача индивидуального	4

		задания (Задача № 1).	
5	2	Продолжение решения задачи. Третий этап: проверка расчета., расчет неразрезной балки методом перемещений на совместное действие найденной вертикальной нагрузки и заданных осадок опор (монтажных отклонений от проекта). Определение перенапряжений в балке от монтажных зазоров.	2
6	3	Определение критических сил в стандартных СН балках методом начальных параметров	4
7	3	Расчет на устойчивость сжатых упругих стержней. Задача 1: сила расположена внутри пролета; задача 2: стержень со ступенчато переменной жесткостью.	4
8	3	Расчет на устойчивость сжатых упругих стержней. Задача 3: определение критической силы в стержне с упругой опорой. Рассмотреть частные случаи. Задача 4: расчет на устойчивость неразрезных балок.	4
9	3	Расчет на устойчивость СН рам методом перемещений. Построение основной системы и единичных эпюр. Определение коэффициентов с учетом поправочных функций. Анализ моделей сжатых стержней и определение диапазона параметра устойчивости рамы. Выдача индивидуального задания (Задача № 2).	4
10	3	Компьютерное моделирование задачи устойчивости рамы в математической системе Matlab. Выполнение расчетов на ЭВМ.	2
11	4	Решение задач по учету пластических свойств материала в статически определимых системах, работающих на растяжение-сжатие. То же самое для статически определимых систем.	4
12	4	Расчет статически неопределимых балок методом выравнивания изгибающих моментов. Определение предельных нагрузок для балок с постоянной и переменной несущей способностью. Определение предельных нагрузок методом выравнивания изгибающих моментов в неразрезных балках.	4
13	4	Кинематический метод расчета статически неопределимых балок и рам. Определение величин разрушающих нагрузок для стержней с различной несущей способностью. Простые и комбинированные варианты разрушения рам. Выдача индивидуального задания (Задача № 3).	4
14	4	Определение величин разрушающих нагрузок для стержней рам с различной несущей способностью. Решение задач для случая действия на раму распределенной нагрузки. Построение предельной эпюры моментов.	4
15	4	Примеры применения статической теоремы при расчёте балок и рам.	2
16	5	Расчет СН балки с закреплениями «заделка» – «шарнир» с учетом пластической зоны при: 1. единичном повороте заделки; 2. взаимном единичном смещении опор. Построение нелинейной безразмерной функции. Определение опорных реакций для обоих единичных воздействий.	4
17	5	Расчет СН балки с закреплениями «заделка» – «заделка» с учетом пластической зоны при единичном повороте заделки и при взаимном единичном смещении опор. Построение нелинейных безразмерных функций. Определение опорных реакций.	4
18	5	Расчет статически неопределимой рамы с учетом пластических зон методом перемещений. Определение опасного сечения из упругого расчета. (1-й этап), перерасчет с учетом зоны усиления (2 этап), проведение двух циклов последовательных нагружений в пластическом расчете по определению относительной длины пластической зоны, предельной нагрузки и предельной эпюры моментов (3 этап).	4
21	5	Расчеты на ЭВМ: компьютерное моделирование пластического расчета рамы в математической системе Matlab.	2

5.3. Лабораторные работы

№ занятия	№ раздела	Наименование или краткое содержание лабораторной работы	Кол-во часов
1	1	Эффект Баушингера, принцип Мазинга, наклеп. Простое и сложное нагружение. Активная и пассивная деформация. Основные постановки при решении задач нелинейной СМ	2
2	2	Расчет конструктивно-нелинейных стержневых систем. Компьютерное моделирование конструктивно-нелинейных задач с использованием программы расчета в математической системе Matlab.	4
3	3	Устойчивость систем с конечным числом степеней свободы. Упругие опоры и упругие шарниры. Примеры 1 и 2: устойчивость сжатого стержня с 1 степенью свободы при наличии упругой опоры и упругого шарнира. Пример 3: определение критической силы для системы с двумя степенями свободы с упругими шарнирами. Анализ результатов.	4
4	3	Устойчивость систем с конечным числом степеней свободы. Пример 4: определение критической силы для системы с двумя степенями свободы с упругими связями. Анализ результатов. Пример 5: комбинированный случай. Сжатые абсолютно твердые стержни шарнирно соединены между собой и консольным упругим стержнем жесткости EI. Определить Fкр и формы потери устойчивости.	4
5	3	Устойчивость систем с конечным числом степеней свободы. Пример 6: Частный случай примера 5. Продольная сжимающая сила перенесена в другой узел системы. Определить Fкр и формы потери устойчивости.	2
6	4	Кинематический метод расчета статически неопределимых балок и рам. Определение величин разрушающих нагрузок для стержней с различной несущей способностью. Простые и комбинированные варианты разрушения рам.	4
7	4	Определение величин разрушающих нагрузок для стержней рам с различной несущей способностью. Решение задач для случая действия на раму распределенной нагрузки. Построение предельной эпюры моментов.	4
8	4	Примеры применения статической теоремы при расчёте балок и рам.	2
9	5	Расчет статически неопределимой рамы с учетом пластических зон методом перемещений. Определение опасного сечения из упругого расчета. (1-й этап), перерасчет с учетом зоны усиления (2 этап), проведение двух циклов последовательных нагружений в пластическом расчете по определению относительной длины пластической зоны, предельной нагрузки и предельной эпюры моментов (3 этап).	4
10	5	Расчеты на ЭВМ: компьютерное моделирование пластического расчета рамы в математической системе Matlab.	2

5.4. Самостоятельная работа студента

Выполнение СРС			
Подвид СРС	Список литературы (с указанием разделов, глав, страниц) / ссылка на ресурс	Семестр	Кол-во часов
Задача № 1. Расчет стальной неразрезной балки с учетом монтажных зазоров	Лукаш, П. А. Основы нелинейной строительной механики. - М.: Стройиздат, 1978. - 208 с. ил., Введение, С.3-9, гл. 3, С. 62-108	9	20
Подготовка к экзамену	[1], гл. 10, пар. 10.1, С. 278-310, пар. 10.2, С. 311-342 [2], Гл. 1, С. 9-13, гл 2, С. 14-27, гл 3, С. 28-30, гл 4, С. 31-53	10	10

Подготовка к выступлению с докладом на семинаре №1; тема: Устойчивость упругих систем	Пособия: Безухов Н.И. Устойчивость и динамика сооружений. – М.: ВШ, 1987: гл. 2, С. 27-46,	9	5
Задача № 2. Расчет статически неопределимой рамы на устойчивость методом перемещений	[2], гл. 2, С. 27-48, гл.3, С. 48-66	9	23,75
Задача № 4. Расчёт статически неопределимой рамы учетом пластических зон (ПЗ) методом перемещений (МП)	[2], Гл. 1, С. 9-13, гл 2, С. 14-27, гл 3, С. 28-30, гл 4, С. 31-53	10	29,5
Задача № 3. Расчет рамы по методу предельного равновесия с использованием кинематической теоремы	[1], гл. 10, пар. 10.1, С. 278-310, пар. 10.2, С. 311-342	10	25
Подготовка к зачету	Лукаш, П. А. Основы нелинейной строительной механики. - М.: Стройиздат, 1978. - 208 с. ил., Введение, С.3-9, гл. 3, С. 62-108. [2], гл. 2, С. 27-48, гл.3, С. 48-66	9	5
Подготовка к выступлению с докладом на семинаре №2; тема: Метод предельного равновесия	Пособия: Анохин Н.Н. Строительная механика в примерах и задачах. Ч. 2. – М.: Издательство АСВ, 2007: гл. 10, С. 278-338	10	5

6. Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации

Контроль качества освоения образовательной программы осуществляется в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе оценивания результатов учебной деятельности обучающихся.

6.1. Контрольные мероприятия (КМ)

№ КМ	Се-местр	Вид контроля	Название контрольного мероприятия	Вес	Макс. балл	Порядок начисления баллов	Учи-тыва-ется в ПА
1	9	Текущий контроль	Задача № 1. Расчет стальной неразрезной балки с учетом монтажных зазоров	0,35	50	1. Выбор метода расчета модели, работающей по схеме СН однопролетной балки (без учета опор с монтажными зазорами, установленными не по проекту) – 3 б 2. Построение эпюры изгибающих моментов М для выбранной схемы работы балки и определение прогибов в сечениях над опорами с монтажными зазорами – 8 б 3. Определение величины нагрузки q1, при которой происходит контакт оси балки с 1-й опорой, установленной не по проекту – 8 б 4. Выбор метода расчета модели, работающей по схеме двухпролетной балки. – 3 б 5. Построение эпюры М в	зачет

						многопролетной балке и определение прогиба в сечении над 2-й опорой с монтажным зазором – 8 б 6. Определение величины нагрузки q2, обеспечивающей контакт оси балки со 2-й опорой – 10 б 7. Выполнение проверок: расчет модели по схеме трехпролетной балки от действия заданной нагрузки и кинематических воздействий в виде монтажных зазоров – 10 б Всего – 50 б	
2	9	Текущий контроль	Задача № 2. Расчет статически неопределимой рамы на устойчивость методом перемещений	0,35	50	1. Для всех сжатых стержней рамы устанавливается соответствие между параметрами устойчивости vi - 3 б 2. Построение единичных эпюр Mi (в основной системе МП) – 8 б. 3. Определение коэффициентов rij, содержащих поправочные функции и запись уравнения устойчивости – 12 б. 4. Анализ моделей сжатых стержней и выбор интервала изменения критического параметра устойчивости – 12 б. 5. Решение уравнения устойчивости с использованием метода последовательных приближений – 10 б. 6. Определение искомых характеристик задачи (критическая сила, приведённая длина и коэффициент приведённой длины каждой сжатой стойки) – 5 б. Всего – 50 б	зачет
3	10	Текущий контроль	Задача № 3. Расчет рамы по методу предельного равновесия с использованием кинематической теоремы	0,35	50	1. Определение числа расчетных сечений рамы – 3 б 2. Определение числа простых механизмов разрушения – 5 б 3. Составление комбинированных вариантов разрушения рамы (2-3 варианта) – 8 б 4. Выражение линейных параметров перемещений узлов через угловые параметры поворота стержней рамы – 10 б 5. Составление и решение уравнения работ для каждой схемы разрушения – 16 б 6. Определение разрушающей нагрузки – 8 б Всего – 50 б	экзамен
4	10	Текущий контроль	Задача № 4. Расчёт статически	0,35	50	I Этап. Упругий расчет рамы без учета зоны усиления (ЗУ) (при u = 0).	экзамен

			неопределимой рамы учетом пластических зон (ПЗ) методом перемещений (МП)			ОС и единичные эпюры; определение rij, RiF и решение системы канонических уравнений (СКУ); эпюра М – 8 б II Этап. Перерасчет упругой эпюры изгибающих моментов с учетом ЗУ при заданной относительной длине ЗУ u и коэффициенте жесткости ЗУ: 2.1. Определение опасного сечения по итогам I-го этапа – 1 б 2.2. Формирование безразмерных функций fi() при относительной длине ПЗ = lp0 / L = 0 и заданных u и – 2 б 2.3. Определение коэффициентов rij с учетом функций fi(), формирование и решение СКУ МП, построение эпюры моментов Mp0 и определение нагрузки Fp0 – 4 б III Этап. Пластический расчет (первая ступень нагружения): 3.1. Определение абсолютной и относительной длины ПЗ (lp0, 0) из условия упругого распределения моментов (0,005 % от Fp0, что соответствует коэффициенту 1,00005) – 4 б 3.2. Определение функций fi(0) и вычисление коэффициентов rij – 4 б 3.3. Построение инкрементальной эпюры (эпюры приращений) моментов dMp1 и результирующей эпюры в 1-й ступени нагружения Mp1 = Mp0 + dMp1 – 7 б 3.4. Определение величин lp1, 1 = lp1 / L по эпюре Mp1 для 2-й ступени – 5 б. IV Этап. Пластический расчет (вторая ступень нагружения при lp1, 1) выполняется в такой же последовательности, как и III этап, начиная с п.3.2 – 15 б Итог – 50 б	
5	9	Проме-жуточная аттестация	Зачет	-	3	Правильный ответ на 1 вопрос - 1 балл; Всего задается 3 вопроса. Максимальная оценка - 3 балла.	зачет
6	10	Проме-жуточная аттестация	Экзамен	-	20	Критерии оценивания по дисциплине «Нелинейные задачи строительной механики» (специалисты) Экзамен: теоретический вопрос (10 баллов) 1. Изложение материала в логической	экзамен

						последовательности – 2 б 2. Владеет знаниями основ дисциплины «Нелинейные задачи строительной механики» – 3 б 3. Полностью раскрыта тема вопроса – 3 б. 4. Понимает физический смысл формул и уравнений – 2 б. Итого: 10 б. Экзамен: Задача (10 баллов) 1. Определение числа расчетных сечений в заданной раме – 1 б 2. Определение числа простых схем разрушения – 2 б 3. Построение комбинированных вариантов схем разрушения – 2 б 4. Составление уравнения работ и связь между параметрами по каждому варианту – 4 б. 5. Определение разрушающей нагрузки – 1 б. Итого: 10 б.	
7	9	Текущий контроль	Подготовка к выступлению с докладом на семинаре №1	0,1	5	Тема раскрыта полностью, студент свободно отвечает на вопросы по теме доклада – 3 балла; Тема раскрыта полностью, ответы на вопросы неполные или их нет – 2 балла; Тема раскрыта не полностью, ответы на вопросы неполные или их нет – 1 балл; Если тема доклада не раскрыта или доклад не производился – 0 баллов. Максимально за задание можно получить 3 балла	зачет
8	10	Текущий контроль	Выступление с докладом на семинаре №2	0,1	0	Тема раскрыта полностью, студент свободно отвечает на вопросы по теме доклада – 3 балла; Тема раскрыта полностью, ответы на вопросы неполные или их нет – 2 балла; Тема раскрыта не полностью, ответы на вопросы неполные или их нет – 1 балл; Если тема доклада не раскрыта или	экзамен
9	9	Текущий контроль	Контрольная работа № 1	0,1	13	В ходе контрольной работы необходимо ответить на вопросы: 1. Описать два предельных режима во времени. Ползучесть и релаксация. 2. Дать понятие о петле гистерезиса, условия образования петли и ее параметры. 3. Что такое циклически упрочняющиеся, циклически разупрочняющиеся и циклически	зачет

						идеальные материалы? Правильный ответ на вопрос оценивается в 2 б. Максимально за контрольную работу можно получить 6 б.	
10	9	Текущий контроль	Контрольная работа № 2	0,1	8	В ходе контрольной работы необходимо ответить на вопросы: 1. Какие допущения используются в расчете рам на устойчивость методом перемещений? 2. Понятие о расчёте на устойчивость стандартных элементов. Поправочные функции и их свойства. 3. Основная система и канонические уравнения метода перемещений при расчёте на устойчивость (отличие канонических уравнений от аналогичных уравнений при расчёте на прочность) Правильный ответ на вопрос оценивается в 2 б. Максимально за контрольную работу можно получить 6 б.	зачет
11	10	Текущий контроль	Контрольная работа № 3	0,1	6	В ходе контрольной работы необходимо ответить на вопросы: 1. Как строятся комбинированные механизмы разрушения? 2. Какие характерные особенности имеет расчет конструкций методом предельного равновесия? 3. При каких обстоятельствах в статически неопределимых системах возникают остаточные деформации и напряжения? Правильный ответ на вопрос оценивается в 2 б. Максимально за контрольную работу можно получить 6 б.	экзамен
12	10	Текущий контроль	Контрольная работа № 4	0,1	6	В ходе контрольной работы необходимо ответить на вопросы: 1. Какой вид имеет билинейная диаграмма деформирования материала? 2. В чем состоит отличие диаграммы материала с упрочнением от диаграммы идеально упругопластического материала? 3. Какие специальные зоны возникают в несущих элементах конструкции при упругопластической работе материала? Правильный ответ на вопрос оценивается в 2 б.	экзамен

						Максимально за контрольную работу можно получить 6 б.	

6.2. Процедура проведения, критерии оценивания

Вид промежуточной аттестации	Процедура проведения	Критерии оценивания
экзамен	В аудитории находятся все сдающие за отдельными столами. В билете содержатся один теоретический вопрос и одна задача. Дополнительные вопросы не предлагаются. Экзамен проводится устно. На ответы отводится 90 минут. Система оценки - бально-рейтинговая согласно Рабочей программе.	В соответствии с пп. 2.5, 2.6 Положения
зачет	Зачет выставляется по результатам оценивания студента по мероприятиям текущего контроля успеваемости (Задача №1 и №2)	В соответствии с пп. 2.5, 2.6 Положения

6.3. Паспорт фонда оценочных средств

Компетенции	Результаты обучения	№ КМ											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
ОПК-1	Знает: основные понятия нелинейнодеформирования твёрдых тел и особенности распределения напряжений при нелинейной работе материалов конструкций; основные методы и приёмы расчёта строительных конструкций с учётом физической и геометрической нелинейности	+		+		+	+	+			+		
ОПК-1	Умеет: рассчитывать конструкции из нелинейноупругого и упругопластического материала при статических воздействиях; выполнять расчёты с использованием стандартных программ и алгоритмов в нелинейных задачах строительной механики	+	+		+	+	+		+			+	
ОПК-1	Имеет практический опыт: современными методами определения внутренних усилий, напряжений и перемещенийпри нелинейной работе конструкций; методами математического (компьютерного) моделирования в нелинейных задачах строительной механики		+	+	+	+	+			+	+	+	+

Типовые контрольные задания по каждому мероприятию находятся в приложениях.

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

Печатная учебно-методическая документация

а) основная литература:

1. Анохин, Н. Н. Строительная механика в примерах и задачах [Текст] Ч. 2 Статически неопределимые системы учебное пособие для вузов по строит. специальностям : в 3 ч. Н. Н. Анохин. - 2-е изд., доп. и перераб. - М.: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2007. - 463, [1] с. ил.
2. Потапов, А. Н. Расчет статически неопределимых рам с учетом пластических зон методом перемещений [Текст : непосредственный] метод. указания для специальности 08.05.01 "Стр-во уникал. зданий и сооружений" А. Н. Потапов ; Юж.-Урал. гос. ун-т, Каф. Строит. пр-во и теория сооружений ;

ЮУрГУ. - Челябинск: Издательский Центр ЮУрГУ, 2020. - 54, [1] с. ил. электрон. версия

б) дополнительная литература:

1. Потапов, А. Н. Математическая система MATLAB [Текст] Ч. 1 учеб. пособие для самостоят. работы А. Н. Потапов, Е. М. Уфимцев ; Юж.-Урал. гос. ун-т, Каф. Строительная механика ; ЮУрГУ. - Челябинск: Издательство ЮУрГУ, 2009. - 73, [2] с. ил. электрон. версия
2. Безухов, Н. И. Основы теории упругости, пластичности и ползучести Учеб. для втузов Н. И. Безухов. - 2-е изд., испр. и доп. - М.: Высшая школа, 1968. - 512 с. ил.

в) отечественные и зарубежные журналы по дисциплине, имеющиеся в библиотеке:

1. 1. Строительная механика и расчет сооружений
2. 2. Journal of engineering mechanics
3. 3. International Journal for Computational Civil and Structural Engineering (IJCCSE)

г) методические указания для студентов по освоению дисциплины:

1. Расчет статически неопределимых рам с учетом пластических зон методом перемещений: методические указания / Сост. А.Н. Потапов. - Челябинск, Изд центр ЮУрГУ, 2020 , 55 с.
2. Лукаш, П. А. Основы нелинейной строительной механики. - М.: Стройиздат, 1978. - 208 с. ил.
3. Рудых О.Л., Соколов Г.П., Пахомов В.Л. Введение в нелинейную строительную механику.- М.: АСВ,1998.-103 с.

из них: учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента:

1. Расчет статически неопределимых рам с учетом пластических зон методом перемещений: методические указания / Сост. А.Н. Потапов. - Челябинск, Изд центр ЮУрГУ, 2020 , 55 с.
2. Лукаш, П. А. Основы нелинейной строительной механики. - М.: Стройиздат, 1978. - 208 с. ил.
3. Рудых О.Л., Соколов Г.П., Пахомов В.Л. Введение в нелинейную строительную механику.- М.: АСВ,1998.-103 с.

Электронная учебно-методическая документация

Нет

Перечень используемого программного обеспечения:

1. Microsoft-Windows(бессрочно)
2. Microsoft-Office(бессрочно)

Перечень используемых профессиональных баз данных и информационных справочных систем:

1. -База данных ВИНИТИ РАН(бессрочно)

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Вид занятий	№ ауд.	Основное оборудование, стенды, макеты, компьютерная техника, предустановленное программное обеспечение, используемое для различных видов занятий
Лабораторные занятия	213 (ЛкАС)	Учебная универсальная испытательная машина "Механические испытания материалов" МИМ-9ЛР-010. Типовой комплект учебного оборудования «Основы сопротивления материалов» ОСМ-11ЛР-11. Типовой комплект учебного оборудования «Устойчивость продольно сжатого стержня» УСС-5ЛР-12.
Практические занятия и семинары	604 (1)	Учебная лаборатория «Учебный центр «САПР в строительстве» Системный блок Intel + монитор LCD – 13 шт., Проектор ASER PD100D, мультимедийная система: Колонки JetBalanceJB-3812x30Вт-2шт, микрофон SHURE C606-N-динамический с выкл.и кабелем, мультимедийный информационный комплекс: документ-камера ASER Video CP300, монитор ASER 19», специализированный рабочий стол преподавателя, пульт управления видеокоммутатором, принтер лазерный HP6L ANSYS 12.1 Academic Teaching, AutoCAD 2011 Autodesk 3ds Max 2009, Autodesk Revit Architecture 2011, Columbus 2007 (Виртуальные лабораторные по сопротивлению материалов) FEM Models 2.0, GIMP 2.8 Ing+ 2008 (MicroFE), LIRA-SAPR 2013 (R2), OpenOffice 4.0, SMathStudioDesktop 0.96, САПФИР 2013, Виртуальные дидактические модули по направлению «Строительная механика» *Microsoft office **Windows MathCAD (PTC:order #2456861 #2497812)
Лекции	604 (1)	Компьютер, проектор ASER PD100D, электронная доска, MS Windows - бессрочно, MS Office – бессрочно. специализированный рабочий стол преподавателя, пульт управления видеокоммутатором