

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования



**Пермский национальный исследовательский
политехнический университет**

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по образовательной
деятельности

 А.Б. Петроченков

« 19 » сентября 20 23 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина: Нелинейные задачи строительной механики
(наименование)

Форма обучения: очная
(очная/очно-заочная/заочная)

Уровень высшего образования: специалитет
(бакалавриат/специалитет/магистратура)

Общая трудоёмкость: 108 (3)
(часы (ЗЕ))

Направление подготовки: 08.05.01 Строительство уникальных зданий и сооружений
(код и наименование направления)

Направленность: Строительство высотных и большепролетных зданий и сооружений
(наименование образовательной программы)

1. Общие положения

1.1. Цели и задачи дисциплины

Цель преподавания дисциплины состоит в усвоении студентами знаний в области анализа работы и расчета конструкций с учётом нелинейностей, выполненных из различных материалов, на прочность, жесткость и устойчивость при различных воздействиях с использованием современного вычислительного аппарата.

Задачи освоения дисциплины: ознакомить учащихся с расчётным анализом конструкций при необходимости учёта физической, геометрической и конструктивной нелинейности; научить выполнять расчеты конструкций с учётом нелинейностей с помощью современных программных комплексов.

1.2. Изучаемые объекты дисциплины

Физическая нелинейность. Аппроксимация экспериментальных кривых деформирования материалов. Геометрическая и конструктивная нелинейность. Тензоры напряжений, деформаций.

1.3. Входные требования

Не предусмотрены

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
ОПК-1	ИД-1ОПК-1	Знание основных методов и практических приемов расчета реальных конструкций и их элементов в нелинейной постановке из различных материалов по предельным расчетным состояниям на различные воздействия.	Знает: порядок выбора фундаментальных законов, описывающих изучаемый процесс или явление	Зачет

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
ОПК-1	ИД-2ОПК-1	Умение грамотно составить расчетную схему сооружения в нелинейной постановке, выбрать наиболее рациональный метод расчета при различных воздействиях, найти распределение усилий и напряжений, обеспечить необходимую прочность и жесткость его элементов с учетом реальных свойств конструкционных материалов, используя современную вычислительную технику.	Умеет : составлять математическую модель, описывающую изучаемый процесс или явление, проводить выбор и обоснование граничных и начальных условий; оценивать адекватность результатов моделирования, формулировать предложения по использованию математической модели для решения задач профессиональной деятельности.	Зачет
ОПК-1	ИД-3ОПК-1	Владение общими фундаментальными понятиями о различных видах нелинейностей конструкций и сооружений, способами и приемами решения подобных задач, навыками расчёта конструкций с учётом нелинейностей; определения внутренних усилий, напряжений и перемещений в элементах статически определимых и неопределимых систем современными методами при различных воздействиях, применять, анализировать и проверять результаты расчетов, получаемых с помощью ЭВМ.	Владеет навыками: применения типовых задач теории оптимизации в профессиональной деятельности	Зачет
ОПК-3	ИД-1ОПК-3	Знание основных методов и практических приемов расчета реальных конструкций и их элементов в нелинейной постановке из различных материалов по	Знает: методику формулирования научно-технической задачи в сфере профессиональной деятельности на основе знания проблем отрасли и опыта их решения; последовательность сбора	Зачет

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
		предельным расчетным состояниям на различные воздействия.	и систематизации информации об опыте решения научно-технической задачи в сфере профессиональной деятельности	
ОПК-3	ИД-2ОПК-3	Умение грамотно составить расчетную схему сооружения в нелинейной постановке, выбрать наиболее рациональный метод расчета при различных воздействиях, найти распределение усилий и напряжений, обеспечить необходимую прочность и жесткость его элементов с учетом реальных свойств конструкционных материалов, используя современную вычислительную технику.	Умеет: выбирать методы решения, устанавливать ограничения к решению научно-технической задачи в сфере профессиональной деятельности на основе нормативно-технической документации и знания проблем отрасли и опыта их решения	Зачет
ОПК-3	ИД-3ОПК-3	Владение общими фундаментальными понятиями о различных видах нелинейностей конструкций и сооружений, способами и приемами решения подобных задач, навыками расчёта конструкций с учётом нелинейностей; определения внутренних усилий, напряжений и перемещений в элементах статически определимых и неопределимых систем современными методами при различных воздействиях, применять, анализировать и проверять результаты расчетов, получаемых с помощью ЭВМ.	Владеет навыками: составления перечня работ и ресурсов, необходимых для решения научно-технической задачи в сфере профессиональной деятельности; разработки и обоснования выбора варианта решения научно-технической задачи в сфере профессиональной деятельности.	Зачет

3. Объем и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах	
		Номер семестра	
		7	
1. Проведение учебных занятий (включая проведение текущего контроля успеваемости) в форме:	54	54	
1.1. Контактная аудиторная работа, из них:			
- лекции (Л)	16	16	
- лабораторные работы (ЛР)			
- практические занятия, семинары и (или) другие виды занятий семинарского типа (ПЗ)	36	36	
- контроль самостоятельной работы (КСР)	2	2	
- контрольная работа			
1.2. Самостоятельная работа студентов (СРС)	54	54	
2. Промежуточная аттестация			
Экзамен			
Дифференцированный зачет			
Зачет	9	9	
Курсовой проект (КП)			
Курсовая работа (КР)			
Общая трудоемкость дисциплины	108	108	

4. Содержание дисциплины

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
7-й семестр				
Введение. Виды нелинейности в теории расчета конструкций	4	0	6	10
Общие фундаментальные понятия о природе возникновения геометрической и физической нелинейностей в задачах строительной механики. Физическая нелинейность. Нелинейно-упругий, упругопластический и жёстко пластический материал. Аппроксимация экспериментальных кривых деформирования материалов. Геометрическая нелинейность, конструктивная нелинейность, генетическая нелинейность. Основные постановки при решении задач нелинейной строительной механики. Основные теоремы строительной механики нелинейных стержневых систем				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
Основные положения нелинейной строительной механики	2	0	6	8
Тензоры напряжений, деформаций и скоростей деформаций. Инварианты тензоров напряжений и деформаций. Основные уравнения нелинейно-упругого и упругопластического тела. Простое и сложное нагружения. Активная и пассивная деформации. О теориях деформирования				
Методы решения задач нелинейной теории упругости и теории пластичности	4	0	6	10
Метод упругих решений (МУР). Метод переменных параметров упругости (МППУ). Метод дополнительных деформаций. Метод Ньютона–Рафсона. Модифицированный метод Ньютона–Канторовича. Метод последовательного нагружения (МПН)				
Расчёт физически нелинейных стержневых систем. Расчет конструкций по несущей способности. Метод предельного равновесия	2	0	6	10
Основы расчета нелинейно-упругих балок. Примеры расчета физически нелинейных стержневых систем приближенными методами. Основы расчета конструкций по предельному состоянию. Статический и кинематический методы решения задач предельного равновесия. Растяжение и сжатие. Кручение прямого бруса круглого поперечного сечения. Предельное равновесие многопролетных неразрезных балок. Особенности расчета изгибаемых конструкций методом предельного равновесия				
Геометрически нелинейные задачи. Большие перемещения и устойчивость конструкций	2	0	6	8
Особенности расчёта по деформированному состоянию. Точный расчёт по деформированному состоянию. Расчёт по деформированному состоянию способом последовательных приближений. Расчёт рам по деформированному состоянию последовательными приближениями				
Основы применения метода конечных элементов для решения нелинейных задач	2	0	6	8
Использование расчетных комплексов ЛИРА-САПР, SCAD Office для решения нелинейных задач на ПЭМ. Создание конечно-элементных моделей конструкций. Управление нелинейным расчетом с использованием шагово-итерационных решателей. Учёт геометрической, физической				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
и генетической нелинейности при расчёте стержневых систем методом конечных элементов. Расчет геометрически нелинейных большепролетных конструкций - вантовых и висячих систем.				
ИТОГО по 7-му семестру	16	0	36	54
ИТОГО по дисциплине	16	0	36	54

Тематика примерных практических занятий

№ п.п.	Наименование темы практического (семинарского) занятия
1	Аппроксимация экспериментальных кривых деформирования материалов
2	Метод дополнительных деформаций. Метод Ньютона-Рафсона
3	Расчет стержневой системы с учётом физической нелинейности по МКЭ
4	Расчет геометрически нелинейной висячей системы по МКЭ

5. Организационно-педагогические условия

5.1. Образовательные технологии, используемые для формирования компетенций

Проведение лекционных занятий по дисциплине основывается на активном методе обучения, при котором учащиеся не пассивные слушатели, а активные участники занятия, отвечающие на вопросы преподавателя. Вопросы преподавателя нацелены на активизацию процессов усвоения материала, а также на развитие логического мышления. Преподаватель заранее намечает список вопросов, стимулирующих ассоциативное мышление и установление связей с ранее освоенным материалом.

Практические занятия проводятся на основе реализации метода обучения действием: определяются проблемные области, формируются группы. При проведении практических занятий преследуются следующие цели: применение знаний отдельных дисциплин и креативных методов для решения проблем и принятия решений; отработка у обучающихся навыков командной работы, межличностных коммуникаций и развитие лидерских качеств; закрепление основ теоретических знаний.

При проведении учебных занятий используются интерактивные лекции, групповые дискуссии, ролевые игры, тренинги и анализ ситуаций и имитационных моделей.

5.2. Методические указания для обучающихся по изучению дисциплины

При изучении дисциплины обучающимся целесообразно выполнять следующие рекомендации:

1. Изучение учебной дисциплины должно вестись систематически.
2. После изучения какого-либо раздела по учебнику или конспектным материалам рекомендуется по памяти воспроизвести основные термины, определения, понятия раздела.
3. Особое внимание следует уделить выполнению отчетов по практическим занятиям, лабораторным работам и индивидуальным комплексным заданиям на самостоятельную работу.
4. Вся тематика вопросов, изучаемых самостоятельно, задается на лекциях преподавателем. Им же даются источники (в первую очередь вновь изданные в периодической научной литературе) для более детального понимания вопросов, озвученных на лекции.

6. Перечень учебно-методического и информационного обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

6.1. Печатная учебно-методическая литература

№ п/п	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке
1. Основная литература		
1	Дарков А. В., Шапошников Н. Н. Строительная механика : учебник для вузов. 12-е изд., стер. Санкт-Петербург [и др.] : Лань, 2010. 655 с.	32
2	Петров В. В. Нелинейная строительная механика : учебник. Москва : Изд-во АСВ, 2019. 433 с. 27,13 усл. печ. л.	1
2. Дополнительная литература		
2.1. Учебные и научные издания		
1	Кривошапко С.Н. Строительная механика : лекции, семинары, расчетно-графические работы учебное пособие для вузов. М. : Высш. шк., 2008. 391 с.	1
2	Петров В. В. Нелинейная инкрементальная строительная механика. Москва : Инфра-Инженерия, 2014. 479 с.	2
3	Рудых О. Л., Соколов Г. П., Пахомов В. Л. Введение в нелинейную строительную механику : учебное пособие для вузов. Москва : Изд-во АСВ, 1999. 106 с.	4
4	Строительная механика в примерах и задачах. Статически неопределимые системы. Москва : Изд-во АСВ, 2010. 464 с. 29 усл. печ. л.	31
5	Строительная механика в примерах и задачах. Статически определимые системы. Москва : Изд-во АСВ, 2010. 333 с. 29 усл. печ. л.	30
6	Топчий? Б. Е. Применение Mathcad в механике : учебно-методическое пособие. Калининград : БГАРФ, 2020. 91 с. URL: https://elib.pstu.ru/Record/lanRU-LAN-BOOK-160069 (дата обращения: 08.11.2021).	1
2.2. Периодические издания		
1	Строительная механика и расчет сооружений. 2021. № 1 : научно-технический журнал. Москва : Строительство, 2021.	1
2.3. Нормативно-технические издания		

	Не используется	
3. Методические указания для студентов по освоению дисциплины		
	Не используется	
4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента		
	Не используется	

6.2. Электронная учебно-методическая литература

Вид литературы	Наименование разработки	Ссылка на информационный ресурс	Доступность (сеть Интернет / локальная сеть; авторизованный / свободный доступ)
Дополнительная литература	Нелинейная инкрементальная строительная механика	https://elib.pstu.ru/Record/lanRU-LAN-BOOK-148421	сеть Интернет; свободный доступ

6.3. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение, используемое при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Вид ПО	Наименование ПО
Прикладное программное обеспечение общего назначения	MATHCAD 14 Academic, ПНИПУ 2009 г.
Системы управления проектами, исследованиями, разработкой, проектированием, моделированием и внедрением	SCAD Office 21 (лиц. № 12832)
Системы управления проектами, исследованиями, разработкой, проектированием, моделированием и внедрением	ЛИРА-САПР 2016 Стандарт плюс, ПНИПУ 2017 г.

6.4. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Наименование	Ссылка на информационный ресурс
Научная библиотека Пермского национального исследовательского политехнического университета	http://lib.pstu.ru/
Электронно-библиотечная система Лань	https://e.lanbook.com/
Электронно-библиотечная система IPRbooks	http://www.iprbookshop.ru/
Виртуальный читальный зал Российской государственной библиотеки	https://dvs.rsl.ru/
Информационные ресурсы Сети КонсультантПлюс	http://www.consultant.ru/

7. Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине

Вид занятий	Наименование необходимого основного оборудования и технических средств обучения	Количество единиц
Лекция	Ноутбук, проектор, экран	1
Практическое занятие	Персональный компьютер	16

8. Фонд оценочных средств дисциплины

Описан в отдельном документе

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«Пермский национальный исследовательский политехнический
университет»**

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине
«Нелинейные задачи строительной механики»
Приложение к рабочей программе дисциплины

**Направление
подготовки:** Строительство уникальных зданий и
сооружений

**Направленность
(профиль)
образовательной
программы:** Строительство высотных и большепролетных зданий и
сооружений

**Квалификация
выпускника:** специалист

Форма обучения: очная

Курс: 4 Семестр: 7

Трудоёмкость:

Кредитов по рабочему учебному плану: 3 з.е.

Часов по рабочему учебному плану: 108 ч.

Виды промежуточного контроля: Зачет: 7 семестр

Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине «Нелинейные задачи строительной механики» является частью (приложением) к рабочей программе дисциплины. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине разработан в соответствии с общей частью фонда оценочных средств для проведения промежуточной аттестации основной образовательной программы, которая устанавливает систему оценивания результатов промежуточной аттестации и критерии выставления оценок. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине устанавливает формы и процедуры текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине.

1. Перечень формируемых частей компетенций, этапы их формирования и контролируемые результаты обучения

Согласно РПД освоение учебного материала дисциплины запланировано в течение одного семестра (7-го семестра базового учебного плана) и разбито на 6 учебных разделов. В каждом разделе предусмотрены аудиторские лекционные, лабораторные занятия, а также самостоятельная работа студентов. В рамках освоения учебного материала дисциплины формируется компоненты дисциплинарных компетенций *знать, уметь, владеть*, указанные в РПД, и которые выступают в качестве контролируемых результатов обучения (табл. 1.1).

Контроль уровня усвоенных знаний, усвоенных умений и приобретенных владений осуществляется в рамках текущего, рубежного и промежуточного контроля при изучении теоретического материала, выполнении лабораторных работ, сдаче отчетов по лабораторным работам и зачета. Виды контроля сведены в таблицу 1.1.

Таблица 1.1. Перечень контролируемых результатов обучения по дисциплине

Контролируемые результаты обучения по дисциплине (ЗУВы)	Вид контроля		
	Текущий	Рубежный	Промежуточный
Усвоенные знания			
З.1 Знает: требования нормативных правовых актов, нормативно-технических и нормативно-методических документов по проектированию и строительству высотных или большепролетных зданий и сооружений; процесс проектирования и строительства высотных и большепролетных зданий и сооружений, реконструкции, технического перевооружения и модернизации; методы и методики выполнения расчётного обоснования проектного решения высотных или большепролетных зданий и сооружений: состав, содержание и требования к документации по созданию объектов строительства; средства автоматизации и технологии выполнения работ (оказания услуг) по оценке качества и экспертизе проектной документации	С	КР1	ТВ
Освоенные умения			
У.1 Умеет: осуществлять сбор, обработку и анализ актуальной справочной и нормативной документации по проектированию высотного или большепролетного здания и сооружения; обобщать полученную информацию на основании анализа и составлять задания на проектирование объекта капитального строительства; выполнять расчёты и оценку прочности конструкций высотного или		ЛР1-4, КР2	Защита лаб. работ

<p>большепролетного здания и сооружения; формировать конструктивные системы и расчетные схемы высотного или большепролетного здания и сооружения и их элементов, определять параметры численного анализа для производства работ по расчетному обоснованию проектирования строительных конструкций и обеспечения надежности и безопасности высотного или большепролетного здания и сооружения; разрабатывать, оформлять проектную документацию; выполнять экспертизу проектной документации и инженерных изысканий; использовать информационно-коммуникационные технологии</p>			
Приобретенные владения			
<p>В.1 Владеет навыками: подготовки исходных данных для проектирования высотного или большепролетного здания и сооружения; подготовки и утверждения заданий на выполнение работ на подготовку проектной документации высотного или большепролетного здания и сооружения; навыками выбора параметров модели высотного или большепролетного здания или сооружения; выполнения расчетов для составления проектной и рабочей документации в сфере инженерно-технического проектирования и обеспечения безопасности высотного или большепролетного здания и сооружения; разработки технического предложения, эскизного и технического проекта, расчетного анализа и оценки технических решений объектов капитального строительства; оценки соответствия проектных решений и проектной документации высотного или большепролетного здания и сооружения требованиям нормативно-правовых и нормативно-технических документов</p>		ЛР1-4	Защита лаб. работ

С-собеседование, ТО – теоретический опрос; ЛР – лабораторная работа; КР– контрольная работа; ТВ – теоретический вопрос, ПЗ - практическое задание.

Итоговой оценкой освоения дисциплинарных компетенций (результатов обучения по дисциплине) является промежуточная аттестация в виде зачета, проводимая с учетом результатов текущего и рубежного контроля.

2. Виды контроля, типовые контрольные задания и шкалы оценивания результатов обучения

2.1. Текущий контроль усвоения материала. Текущий контроль для оценивания знаниевого компонента дисциплинарных частей компетенций (табл. 1.1) в форме выборочного собеседования студентов проводится по каждой теме. Результаты по 4-балльной шкале оценивания заносятся в книжку преподавателя и учитываются в виде интегральной оценки при проведении промежуточной аттестации.

2.2. Рубежный контроль усвоения материала. Рубежный контроль для комплексного оценивания усвоенных знаний, освоенных умений и приобретенных владений дисциплинарных частей компетенций (табл. 1.1) проводится согласно графика учебного процесса, приведенного в РПД, в форме защиты лабораторных работ, и 2-х рубежных контрольных работ.

Всего запланировано 4 лабораторные работы. Типовые темы лабораторных работ приведены в РПД. Защита лабораторных работ проводится индивидуально каждым студентом.

Типовые шкала и критерии оценки приведены в общей части ФОС программы специалитета.

Результаты защиты лабораторных работ оцениваются по 4-балльной шкале оценивания в виде интегральной оценки при проведении промежуточной аттестации.

2.3. Рубежные контрольные работы. Согласно РПД запланировано рубежные контрольные работы после освоения студентами учебных разделов дисциплины. Первая рубежная контрольная работа (РКР1) проводится после изучения теоретического курса, защиты лабораторных работ учебной дисциплины по разделам 1-3. Вторая рубежная контрольная работа (РКР2) проводится после изучения теоретического курса и защиты лабораторных работ учебной дисциплины по разделам 4-6.

Типовые шкала и критерии оценки результатов рубежной контрольной работы приведены в общей части ФОС программы специалитета.

Результаты рубежных контрольных работ по 4-балльной шкале оценивания заносятся в книжку преподавателя и учитываются в виде интегральной оценки при проведении промежуточной аттестации.

2.4. Промежуточная аттестация. Промежуточная аттестация проводится в форме зачета. Допуск к промежуточной аттестации осуществляется по результатам текущего и рубежного контроля. Условиями допуска являются успешная сдача всех лабораторных работ и положительная интегральная оценка по результатам текущего и рубежного контроля.

Промежуточная аттестация в виде зачета по дисциплине выполняется с проведением аттестационного испытания. Зачет можно проводить по результатам защиты лабораторных и контрольных работ.

2.4.2. Шкалы оценивания результатов обучения при зачете

Оценка результатов обучения по дисциплине в форме уровня сформированности компонентов *знать, уметь, владеть* заявленных дисциплинарных компетенций проводится по шкале оценивания «зачтено», «незачтено» путем выборочного контроля во время зачета.

Типовые шкала и критерии оценки результатов обучения при сдаче зачета для компонентов *знать, уметь и владеть* приведены в общей части ФОС программы специалитета.

3. Критерии оценивания уровня сформированности компонентов и дисциплинарных компетенций

3.1. Оценка уровня сформированности компонентов дисциплинарных компетенций

При оценке уровня сформированности дисциплинарных компетенций в рамках выборочного контроля при зачете считается, что *полученная оценка за компонент проверяемой дисциплинарной компетенции обобщается на соответствующий компонент всех дисциплинарных компетенций, формируемых в рамках данной учебной дисциплины.*

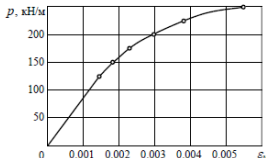
3.2. Оценка уровня сформированности дисциплинарных компетенций

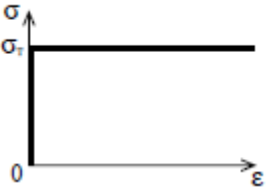
Общая оценка уровня сформированности всех дисциплинарных компетенций проводится путем агрегирования оценок, полученных студентом за каждый компонент формируемых компетенций, с учетом результатов текущего и рубежного контроля в виде интегральной оценки по 4-х балльной шкале. Все результаты контроля заносятся в оценочный лист и заполняются преподавателем по итогам промежуточной аттестации.

Форма оценочного листа и требования к его заполнению приведены в общей части ФОС.

Типовые шкала, критерии оценки результатов обучения при сдаче экзамена для компонентов *знать, уметь и владеть* приведены в общей части ФОС программы специалитета.

Дисциплина «Нелинейные задачи строительной механики»
Задания по образовательной программе
08.05.01 Строительство уникальных зданий и сооружений

Правильный ответ	Содержание вопроса	Компетенция
Физическая нелинейность	Какой тип нелинейности характеризует использование нелинейной зависимости между σ и ε в расчетах сооружения?	ОПК-1
Степенной закон Бюльфингера	Какой закон описывается следующим уравнением: $\sigma = B\varepsilon^m (0 < m < 1)$?	ОПК-1
Деформации	Согласно гипотезе о нелинейно-упругом теле, поведение упругопластического тела неотлично от поведения нелинейно-упругого тела с такой же зависимостью между напряжениями и деформациями при активной пластической...	ОПК-1
Геометрическая нелинейность	При каком типе нелинейности уравнения, связывающие перемещения с деформациями, приходится составлять с учетом изменения формы и размеров конструкции, т. е. по деформированной схеме?	ОПК-1
Расчетной схемы	Конструктивная нелинейность возникает вследствие конструктивных особенностей системы, вызывающих в процессе деформирования изменение...	ОПК-3
Метода последовательных приближений	Сущность какого метода заключается в том, что общая матрица $K(q)$ на каждой последующей итерации определяется через узловые перемещения, полученные на предыдущей итерации?	ОПК-1
Модифицированный метод Ньютона-Рафсона	Какой итерационный метод решения нелинейных задач описывается следующим уравнением: $q_{i+1} = [K]^{-1} \delta_i + q_i$?	ОПК-3
Нагрузки	 <p>На рисунке показан рост интенсивности деформации в точке первого появления текучести в зависимости от изменения...</p>	ОПК-1

Односторонними	Конструктивная нелинейность обычно возникает вследствие конструктивных особенностей системы и может проявляться, когда опорные связи допускают отрыв и проскальзывание опирающейся на них конструкции. Такого рода связи называются...	ОПК-1
Непрерывным	В процессе нагружения конструкции изменение расчетной схемы может быть скачкообразным или ...	ОПК-1
Четыре	Сколько типов нелинейных задач можно выделить согласно классификации задач нелинейной теории упругости, составленной В. В. Новожиловым?	ОПК-3
Жесткопластичным телом Сен-Венана	Если тело не деформируется при напряжениях ниже предела текучести, а при достижении этого предела в нем развиваются неограниченные пластические деформации, то его называют...	ОПК-1
Идеально жесткопластического	 <p>Диаграмма деформирования какого пластического материала приведена на рисунке?</p>	ОПК-3
Разных знаков	Параболическую зависимость Герстнера $\sigma = B_1\varepsilon - B_2\varepsilon^2$ нельзя применять к конструкциям, где возникают напряжения...	ОПК-3
Уругопластическим телом Прандтля	Если тело при напряжениях ниже предела текучести деформируется линейно упруго (по закону Гука), а при достижении предела деформируется пластически, то его называют...	ОПК-3
Гиперболическая зависимость С.П. Тимошенко	Как называется зависимость $\sigma = \frac{\varepsilon}{(a+b\varepsilon)}$?	ОПК-1
Линейную и нелинейную	В основе метода упругих решений лежит разделение матрицы жесткости $K(u)$ на две составляющие. Назовите их.	ОПК-1
Состояние предельного равновесия	Как называется состояние, при котором нагрузка еще находится	ОПК-3

	в равновесии с внутренними силами, но дальнейшее увеличение нагрузки уже невозможно, т.к. это будет означать исчерпание несущей способности конструкции?	
Статическая теорема о простом пластическом разрушении	Как называется теорема, в основе которой лежит экстремальный энергетический принцип, согласно которому из всех статически допустимых векторов усилий при простом пластическом разрушении действительным является тот, при котором мощность нагрузки максимальна?	ОПК-1
Минимальна	Согласно кинематической теореме о простом пластическом разрушении, из всех кинематически допустимых векторов скоростей перемещений и деформаций действительными являются те векторы, при которых скорость диссипации энергии...	ОПК-3
Шарнир текучести (пластический шарнир)	Как называется условная стадия работы сечения, при которой предельное состояние считается достигнутым сразу после окончания упругой работы сечения, а предельный момент в сечении считается соответствующим неопределенному значению кривизны?	ОПК-3
Величина момента, приходящегося на единицу длины цилиндрического шарнира	Что понимается под предельным моментом в выражении полной работы внутренних сил в изгибаемых плитах?	ОПК-1
Линейными	Расчет по деформированному состоянию предполагает, что уравнения равновесия записываются для деформированного состояния системы, однако зависимости между деформациями и перемещениями принимаются...	ОПК-1
Нет	Можно ли применять принцип независимости действия сил при расчете по деформированному состоянию?	ОПК-3
Определяются внутренние усилия в первом приближении и вычисляются их приращения	В чем заключается второй этап деформационного расчета по методу последовательных приближений?	ОПК-1
Силы трения	К классу неидеальных переменных связей относятся связи, в которых	ОПК-3

	необходимо учитывать...	
Сцепление	При односторонних связях с учетом трения возможны три состояния контакта: отрыв, контакт со скольжением и...	ОПК-3
С односторонними связями	Методы с использованием алгоритмов переключения состояния связей, а также методы математического программирования применяются при решении задач...	ОПК-1
Истории нагружения	Использование пошаговых алгоритмов целесообразно в тех случаях, когда решение конструктивно-нелинейной задачи зависит от...	ОПК-1
Пошаговый метод	Какой метод лежит в основе алгоритма решения задачи с неидеальными связями?	ОПК-3