Подписано и утверждено в СЭД 11.10.2022 13:05:00ИД задачи 2694135

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»

УТВЕРЖДАЮ
Директор по образовательной
деятельности

_____ С.Т. Князев
«___» _____

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА МОДУЛЯ

Код модуля	Модуль
1148081	Нелинейные задачи строительной механики

Екатеринбург

Перечень сведений о рабочей программе модуля	Учетные данные
Образовательная программа 1. Строительство уникальных зданий и сооружений	**Код ОП** 1. 08.05.01/22.01
Направление подготовки 1. Строительство уникальных зданий и сооружений	**Код направления и уровня подготовки** 1. 08.05.01

Программа модуля составлена авторами:

№ п/п	Фамилия Имя Отчество	Ученая степень, ученое звание	Должность	Подразделение
1	Антипин Алексей Александрович	кандидат технических наук, доцент	Доцент	систем автоматизированного проектирования объектов строительства
2	Городилов Сергей Николаевич	без ученой степени, без ученого звания	Старший преподаватель	систем автоматизированного проектирования объектов строительства

Согласовано:

Управление образовательных программ Р.Х. Токарева

1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МОДУЛЯ Нелинейные задачи строительной механики

1.1. Аннотация содержания модуля

Дисциплина «Нелинейные задачи строительной механики» является для студентов строительных специальностей одной из основных базовых дисциплин, имеет своей целью: дать современному специалисту необходимые представления, а также приобрести навыки в области анализа работы и расчета конструкций и их отдельных элементов с учётом физической, геометрической нелинейностей, выполненных из различных материалов, на прочность, жесткость и устойчивость при различных воздействиях с использованием современного вычислительного аппарата. Задачи освоения дисциплины: вооружить будущего специалиста необходимыми знаниями для анализа работы и расчета строительных конструкций и их отдельных элементов в нелинейной постановке. Изучение дисциплины «Нелинейные задачи строительной механики» требует основных знаний, умений и компетенций студента по следующим курсам: "Высшая математика" (Естественнонаучный и общетехнический цикл); анализ функции одного и нескольких переменных; дифференциальное и интегральное исчисление; исследование функции; приближенное решение уравнений; дифференциальные уравнения; векторы и матрицы; решение линейных алгебраических уравнений; "Физика", (Естественнонаучный и общетехнический цикл): Инерция; масса; импульс (количество движения); сила; законы сохранения; силы упругости и трения; силы тяготения; основные законы механики; колебания. Дисциплина «Нелинейные задачи строительной механики» относится к базовым дисциплинам математического и естественнонаучного цикла учебного плана. Изучение дисциплины требует основных знаний, умений и компетенций студента по курсам: математика, сопротивление материалов, строительная механика, теория упругости.

1.2. Структура и объем модуля

Таблица 1

№ п/п	Перечень дисциплин модуля в последовательности их освоения	Объем дисциплин модуля и всего модуля в зачетных единицах
1	Нелинейные задачи строительной механики	6
	ИТОГО по модулю:	6

1.3.Последовательность освоения модуля в образовательной программе

Пререквизиты модуля	1. Общая физика 2. Математика 3. Математическое моделирование и методы оптимизации 4. Метод конечных элементов 5. Сопротивление материалов 6. Строительная механика 7. Теория упругости с основами пластичности и ползучести
Постреквизиты и кореквизиты модуля	1. Металлические конструкции, включая сварку (общий курс)

	2. Стальные и железобетонные конструкции

1.4. Распределение компетенций по дисциплинам модуля, планируемые результаты обучения (индикаторы) по модулю

Таблица 2

Перечень дисциплин модуля	Код и наименование компетенции	Планируемые результаты обучения (индикаторы)
1	2	3
Нелинейные задачи строительной механики	ОПК-1 - способен решать прикладные задачи строительной отрасли, используя теорию и методы фундаментальных наук	З-19 - Излагать основные вероятностные методы и методы теории надёжности строительной механики У-18 - Оценивать возможность применения вероятностных методов и методов теории надёжности строительной механики к расчёту высотных и многопролётных зданий и сооружений У-19 - Применять вероятностные методы и методы теории надёжности строительной механики для расчётов конкретных высотных и многопролётных зданий и сооружений У-20 - Выполнять анализ собственных результатов расчётов с применением вероятностных методов и методов теории надёжности строительной механики конкретных высотных и многопролётных зданий и сооружений, либо выполненных другими специалистами П-26 - Пользоваться общими фундаментальными понятиями о различных видах нелинейностей конструкций и сооружений, способами и приемами решения подобных задач, навыками расчёта конструкций с учётом нелинейностей П-27 - Определять внутренние усилия, напряжения и перемещения в элементах статически определимых и неопределимых систем современными методами при различных воздействиях, применять,

		анализировать и проверять результаты расчетов, получаемых с помощью ПЭВМ

1.5. Форма обучения

Обучение по дисциплинам модуля может осуществляться в очной формах.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Нелинейные задачи строительной механики

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

№ п/п	Фамилия Имя Отчество	Ученая степень, ученое звание	Должность	Подразделение
1	Антипин Алексей Александрович	кандидат технических наук, доцент	Доцент	систем автоматизированного проектирования объектов строительства
2	Городилов Сергей Николаевич	без ученой степени, без ученого звания	Старший преподаватель	систем автоматизированного проектирования объектов строительства

Рекомендовано учебно-методическим советом института Строительства и Архитектуры

Протокол № _1_ от _31.08.2021_ г.

1. СОДЕРЖАНИЕ И ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ

Авторы:

- **Антипин Алексей Александрович, Доцент, систем автоматизированного проектирования объектов строительства**
- **Городилов Сергей Николаевич, Старший преподаватель, систем автоматизированного проектирования объектов строительства**

1.1. Технологии реализации, используемые при изучении дисциплины модуля

- Традиционная (репродуктивная) технология
- Разноуровневое (дифференцированное) обучение
  - Базовый уровень

**Базовый I уровень – сохраняет логику самой науки и позволяет получить упрощенное, но верное и полное представление о предмете дисциплины, требует знание системы понятий, умение решать проблемные ситуации. Освоение данного уровня результатов обучения должно обеспечить формирование запланированных компетенций и позволит обучающемуся на минимальном уровне самостоятельности и ответственности выполнять задания;*
Продвинутый II уровень – углубляет и обогащает базовый уровень как по содержанию, так и по глубине проработки материала дисциплины. Это происходит за счет включения дополнительной информации. Данный уровень требует умения решать проблемы в рамках курса и смежных курсов посредством самостоятельной постановки цели и выбора программы действий. Освоение данного уровня результатов обучения позволит обучающемуся повысить уровень самостоятельности и ответственности до творческого применения знаний и умений.

1.2. Содержание дисциплины

Таблица 1.1

Код раздела, темы	Раздел, тема дисциплины*	Содержание
Р1	Основные понятия нелинейной строительной механики	Задачи нелинейной строительной механики. Основные понятия и определения. Понятие физической и геометрической нелинейности в строительной механике. Виды физической нелинейности. Понятие о конструктивной нелинейности. Типичные экспериментальные диаграммы растяжения для различных материалов. Понятие активной и пассивной деформации. Понятие простого и сложного нагружения. Петля гистерезиса. Упрочнение материала. Площадка текучести. Пределы текучести и прочности.
Р2	Модель нелинейно-упругого материала	Основные уравнения и гипотезы для нелинейно упругих и упругопластических тел. Теорема А.А. Ильюшина о простом нагружении. Теорема Генки о

		разгрузке. Эффект Баушингера. Нелинейно-упругий материал. Зависимость между напряжениями и деформациями. Зависимости Ф. И. Герстнера, Сен-Венана. Способы аппроксимации экспериментальных кривых. Диаграмма разгрузки и активного нагружения.
Р3	Нелинейно упругие балки. Расчет стержневых систем по методу предельного равновесия	Основные методы решения нелинейных задач: метод упругих решений и метод переменных параметров упругости. Метод пошагового нагружения. Нелинейно упругие балки. Расчет стержневых систем по методу предельного равновесия.
Р4	Теоремы предельного равновесия.	Понятие о предельном состоянии. Разрушающие нагрузки. Гипотезы теории предельного равновесия. Основные теоремы о разрушающих нагрузках: статическая, кинематическая и о единственности решения. Понятие пластического шарнира. Пластический момент сопротивления.
Р5	Расчёт конструкций с учетом пластических деформаций	Простые механизмы разрушения. Частичное и полное разрушение. Механизмы разрушения: балочный, бокового смещения, поворота узла. Комбинация простых механизмов разрушения. Расчет статически неопределимых рам способом комбинированных механизмов разрушения. Расчет статически неопределимых рам с использованием математического программирования. Расчёт плит. Механизм разрушения плиты. Расчёт статически определимых и неопределимых ферм с учетом пластических свойств материала.
Р6	Геометрически нелинейные задачи. Большие перемещения и неустойчивость конструкций.	Особенности расчета по деформированному состоянию. Точный расчѐт по деформированному состоянию. Расчѐт по деформированному состоянию способом последовательных приближений. Расчѐт рам по деформированному состоянию последовательными приближениями. Продольно-

		поперечный изгиб.
Р7	Основы метода конечных элементов (МКЭ) для решения нелинейных задач.	Типы конечных элементов для учета физической и геометрической нелинейностей. Программные расчетные комплексы Лира, SCAD, ANSYS, для решения нелинейных задач конструкций на ПЭВМ. Создание конечно-элементных моделей конструкций. Управление нелинейным расчетом с использованием шаговых и шагово-итерационных решателей, последовательность выполнения расчетов в ПК SCAD, Лира, ANSYS. Учет геометрической, физической и генетической нелинейности при расчете стержневых систем методом конечных элементов. Расчет геометрически нелинейных большепролетных конструкций - вантовых и висячих систем. Метод конечных элементов для анализа устойчивости геометрически нелинейных систем.
Р8	Расчет конструкций по несущей способности. Метод предельного равновесия.	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. Применения статической и кинематической теорем. Расчет рам и арок. Расчет ферм. Влияние упругости и смещений опор на величину предельной нагрузки. Предельное равновесие изгибаемых пластин. Применение методов математического программирования для задач предельного равновесия. Понятие о приспособляемости конструкций.

1.3. Направление, виды воспитательной деятельности и используемые технологии

Таблица 1.2

Направление воспитательной деятельности	Вид воспитательной деятельности	Технология воспитательной деятельности	Компетенция	Результаты обучения
Формирование информационной культуры в сети интернет	целенаправленная работа с информацией для использования в практических целях	Технология формирования уверенности и готовности к самостоятельной успешной профессиональной деятельности	ОПК-1 - способен решать прикладные задачи строительной отрасли, используя теорию и методы фундаментальных наук	П-27 - Определять внутренние усилия, напряжения и перемещения в элементах статически определимых и неопределимых систем современными методами при различных воздействиях, применять, анализировать и проверять результаты расчетов, получаемых с помощью ПЭВМ

1.4. Программа дисциплины реализуется на государственном языке Российской Федерации .

2. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Нелинейные задачи строительной механики

Электронные ресурсы (издания)

Печатные издания

1. Рудых, О. Л., Пахомов Виктор Леонидович, В. Л., Соколов, Г. П.; Введение в нелинейную строительную механику : Учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по строит. спец..; Издательство АСВ, Москва; 1999 (2 экз.)

2. , Смирнов, А. Ф., Шапошников, Н. Н.; Строительная механика. Динамика и устойчивость сооружений : Учебник для вузов.; Стройиздат, Москва; 1984 (44 экз.)

3. Чирас, А. А.; Строительная механика: Теория и алгоритмы : Учебник для вузов по специальности "Пром. и гражд. стр-во".; Стройиздат, Москва; 1989 (26 экз.)

4. , Абовский, Н. П., Енджиевский, Л. В., Савченков, В. И.; Избранные задачи по строительной механике и теории упругости (регулирование, синтез, оптимизация : Для строит. специальностей вузов.; Стройиздат, Москва; 1978 (1 экз.)

5. Зайцев, Ю. В.; Механика разрушения для строителей : Учеб. пособие для строит. спец. вузов.; Высш.шк., Москва; 1991 (11 экз.)

6. Ильин, В. П.; Численные методы решения задач строительной механики : справ. пособие.; Вышэйшая

школа, Минск; 1990 (6 экз.)

7. Ильин, В. П.; Расчет строительных конструкций из вязкоупругих материалов; Стройиздат, Ленинград; 1991 (3 экз.)

Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы

Зональная научная библиотека УрФУ со свободным доступом по студенческому билету для студентов УрФУ http://lib.urfu.ru/ .

www.rambler.ru, www.yandex.ru, www.mail.ru, www.yahoo.ru, google.ru.

ELIBRARY – электронная библиотека;

SCIENCEDIRECT – электронная библиотека;

ЦСБДВИНИТИ – централизованная система баз данных по науке и технике

http://www.complexdoc.ru – База нормативной документации;

http://nordoc.ru/doc/45-45194 – База нормативной документации.

Материалы для лиц с ОВЗ

Весь контент ЭБС представлен в виде файлов специального формата для воспроизведения синтезатором речи, а также в тестовом виде, пригодном для прочтения с использованием экранной лупы и настройкой контрастности.

Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

Зональная научная библиотека http://library.urfu.ru/

Каталоги библиотеки http://library.urfu.ru/about/department/catalog/rescatalog/

Электронный каталог http://library.urfu.ru/resources/ec/

Ресурсы http://library.urfu.ru/resources

Поиск http://library.urfu.ru/search.

3. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Нелинейные задачи строительной механики

Сведения об оснащенности дисциплины специализированным и лабораторным оборудованием и программным обеспечением

Таблица 3.1

№ п/п	Виды занятий	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения
1	Лекции	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в	Система строительного проектирования СТАРКОН в

		соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная Периферийное устройство Оборудование, соответствующее требованиям организации учебного процесса в соответствии с санитарными правилами и нормами Подключение к сети Интернет	составе: STARK ES, МЕТАЛЛ, СпИн, ПРУСК, ОДИССЕЙ COMSOL Multiphysics с модулем Wave Optics Module COMSOL Multiphysics Лира 10.10 full локальная ANSYS Teaching HF (25 tasks) лицензия ANSYS Academic Teaching Mechanical and CFD (25 tasks)
2	Практические занятия	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная Периферийное устройство Оборудование, соответствующее требованиям организации учебного процесса в соответствии с санитарными правилами и нормами Подключение к сети Интернет	ANSYS Academic Teaching Mechanical and CFD (25 tasks) ANSYS Academic Research Electronics HPC (per core) ANSYS BladeModeller ANSYS Academic Research HF 1 task ANSYS Academic Research HF HPC (per core) Paid-Up
3	Самостоятельная работа студентов	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Персональные компьютеры по количеству обучающихся Оборудование, соответствующее требованиям организации учебного процесса в соответствии с санитарными правилами и нормами Подключение к сети Интернет	Система строительного проектирования СТАРКОН в составе: STARK ES, МЕТАЛЛ, СпИн, ПРУСК, ОДИССЕЙ COMSOL Multiphysics с модулем Wave Optics Module Лира 10.10 full локальная COMSOL Multiphysics ANSYS Teaching HF (25 tasks) лицензия ЛИРА-САПР 2012 PRO ANSYS Academic Teaching Mechanical and CFD (25 tasks)

4	Текущий контроль и промежуточная аттестация	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Рабочее место преподавателя Доска аудиторная Периферийное устройство Оборудование, соответствующее требованиям организации учебного процесса в соответствии с санитарными правилами и нормами Подключение к сети Интернет	**Не требуется**