

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Брейс Р.В.
Должность: Первый проректор
Дата подписания: 16.09.2023 17:59:18
Уникальный программный ключ:
5ede28fe5b714e680817c5c132d4ba793a6b4422

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ЛУГАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ К.Е.ВОРОШИЛОВА»**

«Утверждаю»
Декан факультета землеустройства и кадастров

Брейс Р.В. _____
«___» _____ 2023 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА

учебной дисциплины «Нелинейные задачи строительной механики»
для направления подготовки 08.05.01 «Строительство уникальных зданий и сооружений»
профиль: «Строительство высотных и большепролетных зданий и сооружений»

Год начала подготовки – 2023

Квалификация выпускника – инженер-строитель

Луганск, 2023

Рабочая программа составлена с учетом требований:

- порядка организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры, утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 06.04.2021 № 245;
- федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 08.05.01 Строительство уникальных зданий и сооружений, утвержденный приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 31.05.2017 №483 (с изменениями и дополнениями)

Преподаватели, подготовившие рабочую программу:

Профессор _____ **А.И. Давиденко**

Рабочая программа рассмотрена на заседании кафедры проектирования сельскохозяйственных объектов (протокол № от 2023).

**Заведующий кафедрой
проектирования сельскохозяйственных
объектов** _____ **В.П. Матвеев**

Рабочая программа рекомендована к использованию в учебном процессе методической комиссией факультета землеустройства и кадастров (протокол № от 2023).

Председатель методической комиссии _____ **Е.В. Богданов**

**Руководитель основной профессиональной
образовательной программы** _____ **Р.В. Бреус**

1. Цели и задачи дисциплины

Цель дисциплины.

Дисциплина относится к базовой части профессионального цикла примерной основной образовательной программы подготовки специалистов и имеет своей целью освоение студентом знаний и умений, необходимых строителю для решения задач в области анализа работы и расчета конструкций и их отдельных элементов на прочность, жёсткость и устойчивость с учётом геометрической нелинейности и неупругой работы материалов с использованием современного вычислительного аппарата.

Задачи дисциплины:

- формирование представлений о работе конструкций и их отдельных элементов, выполненных из нелинейно-упругого или пластического материала,
- обучение методов определения истинного распределения в конструкциях напряжений при нелинейной работе материалов,
- изучение способов обеспечения необходимой прочности и жесткости конструкций с учетом геометрической нелинейности работы её элементов

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина "Нелинейные задачи строительной механики" относится к профессиональному циклу базовой (общепрофессиональной) части. Для изучения курса требуется знание: «Строительная механика», «Теория упругости с основами теории пластичности и ползучести», «Вероятностные методы строительной механики и теория надежности строительных конструкций», «Динамика и устойчивость сооружений».

В свою очередь, данный курс, помимо самостоятельного значения, является предшествующей дисциплиной для курса: "Обследование и испытание сооружений".

3. Требования к результатам освоения дисциплины

- способность к самоорганизации и самообразованию (ОК-7);
- владение эффективными правилами, методами и средствами сбора, обмена, хранения и обработки информации, навыками работы с компьютером как средством управления информацией (ОПК-2);
- использование основных законов естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применение методов математического анализа и математического (компьютерного) моделирования, теоретического и экспериментального исследования (ОПК-6);
- способность выявить естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлечь их для решения соответствующий физико-математический аппарат (ОПК-7);
- владение методами математического (компьютерного) моделирования на базе универсальных и специализированных программно-вычислительных комплексов и систем автоматизированного проектирования, методами постановки и проведения экспериментов по заданным методикам (ПК-11);
- способность вести разработку эскизных, технических и рабочих проектов уникальных объектов с использованием универсальных и специализированных программно-вычислительных комплексов и систем автоматизированного проектирования (ПСК-1.1);

В результате изучения дисциплины "Нелинейные задачи строительной механики" студент должен

знать:

основные методы и практические приемы расчета реальных конструкций и их элементов в нелинейной постановке из различных материалов по предельным расчетным состояниям на различные воздействия

уметь:

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 **владеть:**

общими фундаментальными понятиями о различных видах нелинейностей конструкций и сооружений, способами и приемами решения подобных задач, навыками расчета конструкций с учетом 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 ПЭВМ.

4. Объем дисциплины и виды учебной работы

Таблица 1

Вид учебной работы		Всего часов/зач.ед.	Семестр
			В
Лекции		12	
Практические занятия		12	
Самостоятельная работа (всего)		48	
Вид отчетности		зачет	
Общая трудоемкость дисциплины	ВСЕГО в часах	72	
	ВСЕГО в зач. единицах	5	

5. Содержание дисциплины

5.1. Разделы дисциплины и виды занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Лекц. зан. часы	Практ. зан. часы	Всего часов
1	Введение. Виды нелинейности в теории расчета конструкций.	2	2	4
2	Основные положения нелинейной строительной механики.	2	2	4
3	Методы решения задач нелинейной теории упругости и теории пластичности.	2	2	4
4	Расчет физически нелинейных стержневых систем	2	2	4
5	Геометрически нелинейные задачи. Большие перемещения и неустойчивость конструкций.	2	2	4
6	Основы метода конечных элементов (МКЭ) для решения нелинейных задач	1	1	2

7	Расчет конструкций по несущей способности. Метод предельного равновесия.	1	1	2
	ИТОГО	12	12	24

5.2. Лекционные занятия

Таблица 3

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела
1	Введение. Виды нелинейности в теории расчета конструкций.	Общие фундаментальные понятия о природе возникновения геометрической и физической нелинейностей в задачах строительной механики. Физическая нелинейность. Нелинейно-упругий, упруго-пластический и жестко-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.
2	Основные положения нелинейной строительной механики.	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
3	Методы решения задач нелинейной теории упругости и теории пластичности.	Метод упругих решений (МУР). Метод переменных параметров упругости (МППУ). Метод дополнительных деформаций. Метод Ньютона–Рафсона. Модифицированный метод Ньютона–Канторовича. Метод последовательного нагружения (МПН). Учет последовательности возведения наращиваемых сооружений
4	Расчет физически нелинейных стержневых систем	Основы расчета нелинейно-упругих балок. Примеры расчета физически нелинейных стержневых систем приближенными методами

5	Геометрически нелинейные задачи. Большие перемещения и неустойчивость конструкций.	Особенности расчёта по деформированному состоянию. Точный расчёт по деформированному состоянию. Расчет по деформированному состоянию способом последовательных приближений. Расчет рам по деформированному состоянию последовательными приближениями. Продольно-поперечный изгиб.
6	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.
7	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.

5.3 Лабораторный практикум – не предусмотрен учебным планом

5.4. Практические занятия

Таблица 5

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела
1	Физическая нелинейность. Нелинейно-упругий, упругопластический и жесткопластический материал. Аппроксимация экспериментальных кривых деформирования материалов	Аппроксимация экспериментальных кривых деформирования материалов
2	Геометрическая нелинейность, конструктивная нелинейность, генетическая нелинейность	Геометрическая нелинейность. Конструктивная нелинейность, Генетическая нелинейность
3	Основные постановки при решении задач нелинейной строительной механики. Основные теоремы строительной механики нелинейных стержневых систем	Задачи нелинейной строительной механики. Теоремы строительной механики нелинейных стержневых систем.
4	Тензоры напряжений, деформаций и скоростей деформаций. Инварианты тензоров напряжений и деформаций. Основные уравнения нелинейно-упругого и упругопластического тела	Тензор напряжений. Тензор деформаций и тензор скоростей деформаций.
5	Метод упругих решений (МУР). Метод переменных параметров упругости (МППУ).	Метод упругих решений. Метод переменных параметров упругости
6	Метод дополнительных деформаций. Метод Ньютона–Рафсона. Модифицированный метод Ньютона – Канторовича	Метод Ньютона–Рафсона. Модифицированный метод Ньютона – Канторовича
7	Метод последовательного нагружения (МПН). Учет последовательности возведения наращиваемых сооружений	Метод последовательного нагружения. Учет последовательности.
8	Примеры расчета физически нелинейных стержневых систем приближенными методами	Расчет физически нелинейных стержневых систем приближенными методами (примеры)
9	Расчет по деформированному состоянию способом последовательных приближений. Расчет рам по деформированному состоянию последовательными приближениями	Расчет по деформированному состоянию способом последовательных приближений. Расчет рам по деформированному состоянию последовательными приближениями
10	Программные расчетные комплексы Лира, SCAD, ANSYS, для решения нелинейных задач конструкций на ПЭВМ. Создание конечно-элементных моделей конструкций.	Создание конечно-элементных моделей конструкций программными расчетными комплексами.
11	Управление нелинейным расчетом с использованием шаговых и шагово-итерационных решателей, последовательность выполнения расчетов в ПК SCAD, Лира, ANSYS	Выполнение расчетов в ПК SCAD, Лира, ANSYS и др.
12	Расчет геометрически нелинейных большепролетных конструкций - вантовых и висячих систем.	Расчет геометрически нелинейных большепролетных конструкций - вантовых и висячих систем.

13	Расчет по предельному равновесию рам, арок и ферм	
14	Предельное равновесие изгибаемых пластин	Изгибаемые пластины
15	Применение методов математического программирования для задач предельного равновесия	Математическое программирование.

6. Самостоятельная работа студентов по дисциплине

Вопросы для самостоятельного изучения

№ п/п	Темы для самостоятельного изучения	Количество часов
1	Метод допускаемых напряжений	8
2	Метод предельного равновесного состояния	8
3	Кинематический метод предельного равновесного состояния	8
4	Статический метод предельного равновесного состояния	8
5	Пластический шарнир при изгибе конструкции	8
6	Расчет статически неопределимых арок и ферм	8
ВСЕГО		48

Рекомендуемая литература:

1. А.В. Александров «Основы теории упругости и пластичности» -М.: «Высшая школа»; 2003 г.,
2. Строительная механика. В 2 кн. Кн. 1 Статика упругих систем: учеб. пособие для вузов / В. Д. Потапов [и др.]; под ред. В. Д. Потапова. – М.: Высш. шк., 2007. – 511 с
3. <http://mysopromat.ru>

7. Оценочные средства

Вопросы к первой рубежной аттестации

1. Какие основные принципы лежат в основе линейной строительной механики?
2. Какие методы расчета конструкций на прочность, жесткость и устойчивость разработаны в строительной механике?
3. В чем состоит основная идея расчета конструкций по методу допускаемых напряжений?
4. В чем состоит основная идея расчета конструкций по методу разрушающих нагрузок?
5. В чем состоит основная идея расчета конструкций по методу предельных состояний?–
6. Какие виды нелинейности учитываются при прочностных расчетах инженерных сооружений и конструкций?
7. Что такое физическая нелинейность, для каких материалов она характерна?
8. Что такое геометрическая нелинейность?
9. Что такое конструктивная нелинейность, ее виды?

10. Какие гипотезы линейной строительной механики не соблюдаются при учете физической нелинейности материала?
11. То же, при учете геометрической нелинейности сооружений и конструкций?
12. То же, при учете конструктивной нелинейности сооружений и конструкций?
13. Какой вид имеют диаграммы деформирования упругого, упругопластического, жесткопластического и нелинейно-упругого тела?
14. Какие существуют классификации нелинейных задач теории упругости?
15. Какой вид имеют диаграммы деформирования физически нелинейного материала?
16. В чем состоит отличие между нелинейно-упругим и упругопластическим материалом?
17. В чем состоит особенность формулы для определения перемещений (Мора–Максвелла) применительно к расчету нелинейных задач строительной механики?
18. Какие четыре основные постановки задач нелинейной теории строительной механики возможны в практических расчетах?
19. В чем состоит основная предпосылка нелинейной теории упругости?
20. В чем состоит основная гипотеза в теории пластичности?
21. Что называется тензором напряжений, тензором деформаций и тензором скоростей деформаций?
22. Какой вид имеет тензор напряжений, тензор деформаций и тензор скоростей деформаций в главных осях напряжений?
23. На какие составляющие раскладывается тензор напряжений, тензор деформаций и тензор скоростей деформаций?
24. Какой вид имеют шаровые тензоры напряжений, деформаций и скоростей деформаций?
25. Какой вид имеют тензоры девиаторы напряжений, деформаций и скоростей деформаций?
26. С какой составляющей тензора напряжений связывают изменение объема, а с какой изменение формы тела?
27. По каким формулам подсчитываются средние напряжения, линейные деформации и скорости линейной деформации?
28. Какая величина характеризует скорость объемной деформации?
29. Из какого уравнения определяются главные напряжения?
30. Что называется инвариантами? Чему равны первый, второй и третий инварианты напряжений и деформаций?
31. Чему равны интенсивности нормальных и касательных напряжений?
32. Чему равны интенсивности линейных деформаций и деформаций сдвига?
33. Какие величины в теории упругости принято называть обобщенными напряжениями и деформациями?
34. Чему равны обобщенные напряжения и деформации при одноосном сжатии или растяжении, чистом сдвиге и всестороннем равномерном сжатии?
35. Какие основные уравнения описывают нелинейно-упругие тела? Их физический смысл?
36. Какой вид имеют уравнения равновесия?
37. Какие виды граничных условий применяются в теории упругости? Запишите уравнения статических граничных условий.
38. Какой вид имеют геометрические уравнения?
39. Какой вид имеют уравнения совместности или неразрывности деформаций и в каких плоскостях они связывают между собой составляющие деформаций?
40. Какой вид имеет реологическое уравнение состояния тела?
41. Как записываются законы изменения формы и объема?
42. Что такое простое и сложное нагружение?
43. Что такое активная и пассивная деформации?
44. Какие существуют основные группы теорий пластичности?
45. Какие приняты основные допущения теорий пластичности?

46. Как конкретно формулируются основные допущения в деформационной теории пластичности?
47. Что называется модулем пластичности?
48. Что такое параметры Надаи–Лоде?
49. Как записываются уравнения Генки?
50. Как определяются упругие и пластические составляющие деформации в деформационной теории пластичности?
51. Как учитывается процесс разгрузки в деформационной теории пластичности?

Вопросы ко второй рубежной аттестации

1. Как конкретно формулируются основные допущения в теории пластического течения?
2. Какой вид имеют уравнения Сен-Венана–Мизеса?
3. Что такое пластический потенциал, чему он равен?
4. Что такое ассоциированный закон течения?
5. Какие основные идеализованные тела применяются в механике сплошной среды?
6. Как записываются реологические уравнения состояния евклидова тела?
7. Как записываются реологические уравнения состояния идеальной паскалевской жидкости?
8. Как записываются реологические уравнения состояния упругого линейно деформируемого тела?
9. Какие зависимости существуют между модулем объемной деформации, модулем упругости, модулем сдвига и коэффициентом Пуассона в идеально упругом теле?
10. Какой вид диаграмм «напряжение-деформация» для жесткопластического тела Сен-Венана и упругопластического тела Прандтля (диаграмма Прандтля)?
11. По каким формулам определяются переменные параметры упругости?
12. Какой геометрический смысл секущего, секториального и касательного модулей упругости?
13. Как записывается обобщенный закон Гука в напряжениях и деформациях и их приращениях в канонической и матричной формах?
14. Как записываются уравнения нелинейного деформирования в форме, предложенной А.А. Ильюшиным?
15. Что такое коэффициент линейной деформируемости среды?
16. Какие существуют виды напряженных состояний сооружений?
17. В чем состоит суть теории прочности Треска–Сен-Венана?
18. В чем состоит суть теории прочности Мизеса, ее энергетическое обоснование?
19. Какой вид имеет условие прочности Мизеса–Шлейхера?
20. В чем состоит суть теории прочности Мора–Кулона?
21. Что такое явление «разрыхления» материала при пластической деформации?
22. Какой вид имеют критерии теории максимальных касательных напряжений В.В. Новожилова?
23. Какой вид имеет степенная зависимость между обобщенными напряжениями и деформациями? Смысл коэффициентов и их определение?
24. Какой вид имеют комбинированные зависимости между обобщенными напряжениями и деформациями? Смысл коэффициентов и их определение?
25. Какой вид имеет дробно-линейная зависимость между обобщенными напряжениями и деформациями? Смысл коэффициентов и их определение?
26. Какой вид имеет диаграмма В.В. Соколовского между обобщенными напряжениями и деформациями? Смысл коэффициентов и их определение?
27. Как вычисляются секущие и касательные модули упругости для представленных выше зависимостей?
28. Какой вид имеет система основных дифференциальных уравнений метода перемещений для нелинейно-упругого и упругопластического тела и его матричная форма?
29. В чем состоит суть метода упругих решений? Его алгоритм и форма матричной реализации?

31. В чем состоит суть метода переменных параметров упругости? Его алгоритм и форма матричной реализации?
32. В чем состоит суть метода дополнительных деформаций? Его алгоритм и форма матричной реализации?
33. В чем состоит суть метода Ньютона–Рафсона? Его алгоритм и форма матричной реализации?
34. В чем состоит суть модифицированного метода Ньютона–Канторовича? Его алгоритм и форма матричной реализации?
35. В чем состоит суть метода последовательного нагружения? Его алгоритм и форма матричной реализации?
36. Как осуществляется учет последовательности возведения наращиваемых сооружений?
37. Какие достоинства и недостатки имеют вышеизложенные методы?
38. При каких условиях справедлив закон плоских сечений в нелинейно-упругих балках?
39. Какой вид имеет эпюра нормальных напряжений по высоте поперечного сечения в зависимости от уравнения между напряжениями и деформациями?
40. Какой вид имеют зависимости между кривизной оси балки и изгибающим моментом при разных уравнениях между напряжениями и деформациями для сечений в форме прямоугольного или идеального двутавра?
41. Что называется статическим моментом, моментом инерции и моментом сопротивления $(k + 1)$ -го порядка?
42. По каким формулам определяются напряжения в нелинейно-упругих балках?
43. Чему равен пластический момент сопротивления при изгибе?
44. Чему равны изгибающие моменты в физически нелинейных стержневых системах при различных законах изменения диаграммы «напряжение - деформация»?
45. Какой вид имеет дифференциальное уравнение изогнутой оси балки в физически нелинейных стержневых системах?
46. Какие способы решения дифференциального уравнения изогнутой оси балки, рассмотрены в данной главе?
47. Какие алгоритмы приближенного решения дифференциального уравнения изогнутой оси балки применяются в методе переменных параметров упругости (МППУ)?
48. Какие алгоритмы приближенного решения дифференциального уравнения изогнутой оси балки применяются в методе последовательного нагружения (МПН)?
49. Какие достоинства и недостатки имеют МППУ и МПН?

Вопросы к экзамену

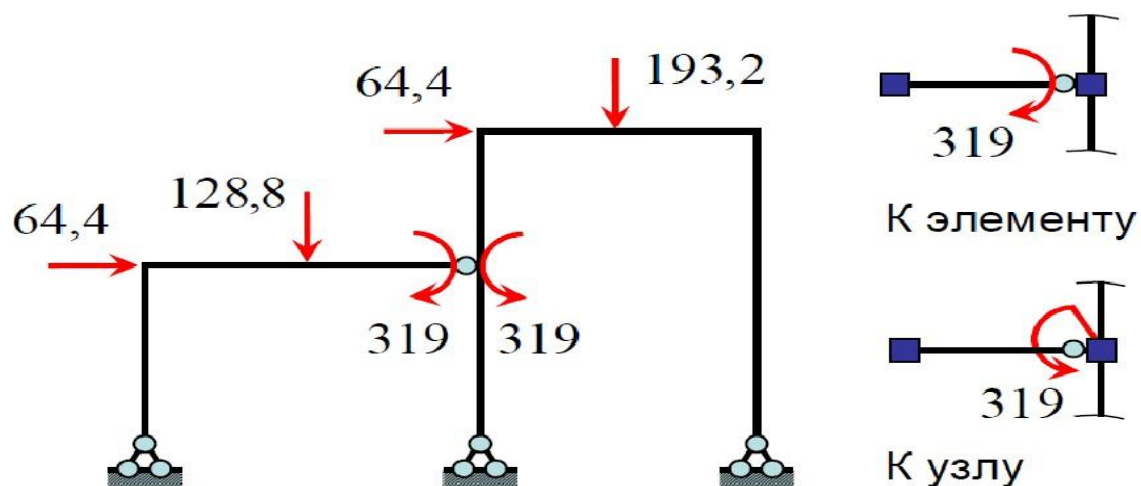
1. Какие системы относятся к геометрически нелинейным?
2. В чем состоит различие при обычном линейном расчете и расчете по деформируемой схеме?
3. Как осуществляется расчет по деформированному состоянию способом последовательных приближений?
4. Что называется продольно-поперечным изгибом?
5. Как влияет на величину прогибов и изгибающих моментов при продольно-поперечном изгибе сжимающая или растягивающая продольная сила?
6. В чем состоит отличие эйлеровой силы используемой при продольно- поперечном изгибе от критической нагрузки по формуле Эйлера?
7. Назовите зависимость между напряжениями и поперечной нагрузкой при продольно-поперечном изгибе.
8. Почему расчет сжато-изогнутых стержней на продольно-поперечный изгиб следует производить по методу допускаемых нагрузок?
9. Как учитывается геометрическая нелинейность в стержневых системах, работающих на растяжение-сжатие МКЭ?
10. Что называют консервативной нагрузкой?

11. В чем состоит метод вычисления добавок к реакциям, предложенный В.В. Болотиным?
12. Как составляются обычные матрицы жесткости конечных элементов?
13. Как составляются геометрические матрицы жесткости конечных элементов?
14. Как составляются обычные матрицы жесткости и геометрические матрицы жесткости системы?
15. Как записывается основное уравнение МКЭ в задачах устойчивости?
16. Как находится форма потери устойчивости в МКЭ?
17. Как определяется критическая нагрузка в МКЭ?
18. Что понимается под явлением приспособляемости в конструкциях?
19. Какие три возможных случая деформирования в элементах конструкций возможны при повторных нагружениях конструкции за пределами упругости?
20. Какие фермы называются равнопрочными или не равнопрочными?
21. Какой вид имеют диаграммы при однократном и многократном нагружении равнопрочных и не равнопрочных ферм?
22. В каких фермах отсутствует явление приспособляемости и по каким причинам?
23. При каких условиях и в каких фермах возникает явление приспособляемости?
24. Какими особенностями обладают приспособившиеся фермы?

Текущий контроль

Типовое задание для практических занятий

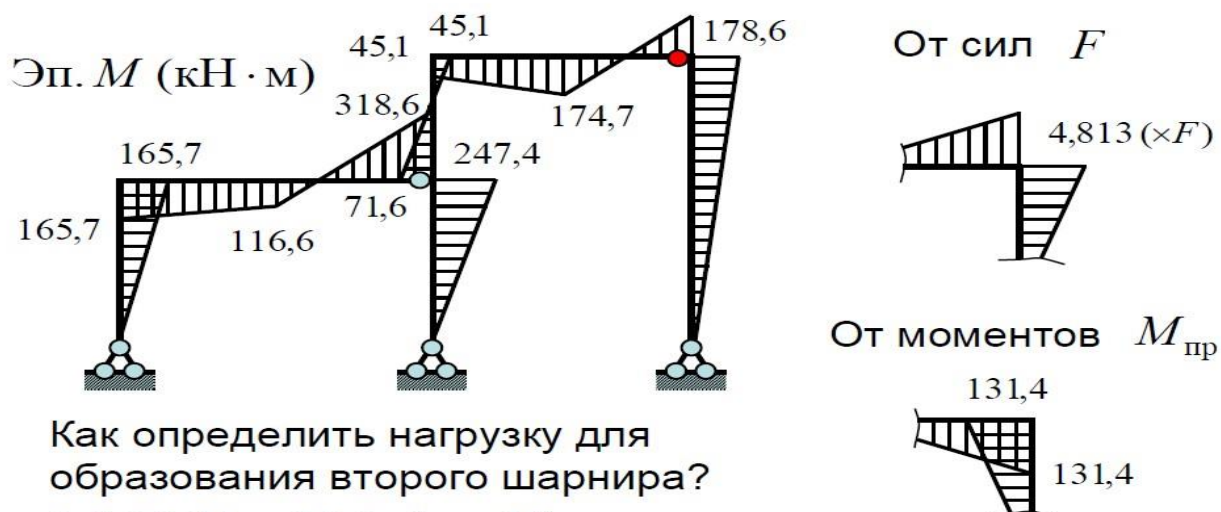
3. Расчет рамы с одним пластическим шарниром



Загружение № 1 – силы с точностью до параметра F

Загружение № 2 – моменты $M_{пр} = 319 \text{ кН} \cdot \text{м}$

Загружение № 3 – приведено на схеме



Как определить нагрузку для образования второго шарнира?

$$4,813F - 131,4 = M_{пр}$$

$$F = \frac{319 + 131,4}{4,813} = 93,6 \text{ кН}$$

8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

а) основная литература

1. О. Л. Рудых, Г. П. Соколов, В. Л. Пахомов. М., Введение в нелинейную строительную механику. М.: Изд-во АСВ, 2010
2. Рудых, О. Л. Введение в нелинейную строительную механику: учеб. пособие / О. Л. Рудых, Г. П. Соколов, В. Л. Пахомов; под ред. О. Л. Рудых. – М.: Изд-во АСВ, 1999. – 103 с
3. Погорелов В.И. «Строительная механика тонкостенных конструкций». –СПБ: БХВ- Петербург, 2007. -528с.
4. Ржаницын А.Р. «Строительная механика»: учебн. пособие для строит. спец. Вуз-М.: Высшая школа., 1991. -439 с.

б) дополнительная литература

1. Петров, В. В. Метод последовательных нагружений в нелинейной теории пластин и оболочек / В. В. Петров. – Саратов: Изд-во Саратовского ун-та, 1975. – 119 с.
2. Почтман, Ю. М. Расчет и оптимальное проектирование конструкций с учетом приспособляемости / Ю. М. Почтман, З. И. Пятигорский. – М.: Наука, 1978. – 208 с.
3. Рабинович, И. М. Вопросы теории статического расчета сооружений с односторонними связями / И. М. Рабинович. – М.: Стройиздат, 1975. – 145 с.
4. Ржаницын, А. Р. Строительная механика / А. Р. Ржаницын. – М.: Высш. шк., 1982. – 400 с
5. «Основы теории упругости и пластичности»-М.: «Высшая школа»; 1990 г., А.В. Александров.
6. Строительная механика. В 2 кн. Кн. 1 Статика упругих систем : учеб. пособие для вузов / В. Д. Потапов [и др.] ; под ред. В. Д. Потапова. – М.: Высш. шк., 2007. – 511 с

в) ресурсы сети Интернет

1. <http://mysopromat.ru>
2. <http://www.femto.com.ua>
4. <http://e.lanbook.com>
5. <http://ibooks.ru>
6. <http://studentlibrary.ru>

в) программное и коммуникационное обеспечение

1. Электронный конспект лекций.
2. [Microsoft](#) Windows (актуальная версия);
3. Microsoft Office Professional (актуальная версия);

г) при изучении дисциплины «Нелинейные задачи строительной механики»

рекомендуются следующие образовательные технологии:

при работе в аудитории:

- лекции-презентации разделов курса,
- практические занятия, посвящённые решению задач,
- презентации работ исследовательского содержания, самостоятельно подготовленных студентами под руководством преподавателя;
- осуществление текущего контроля усвоения содержания курса в форме письменного или устного тестирования;

при организации самостоятельной работы студентов:

- руководство деятельностью студентов по подготовке ими лекции-презентации по курсу и заданий исследовательского содержания;
- руководство работой с разнообразными INTERNET-ресурсами.

При самостоятельной работе над содержанием дисциплины студенту рекомендуется.

- 1) Найти соответствующий учебный материал по данному разделу и проработать раздел совместно с учебником, [конспектами лекций](#) и практических занятий.
- 2) Выделить наиболее трудные для понимания вопросы раздела и закрепить теоретические сведения решением конкретных задач.
- 3) Решить задачи.
- 4) Сформулировать вопросы для совместного решения их на консультации с преподавателем.

9. Материально-техническое обеспечение дисциплины

1. Для проведения лекционных занятий необходима аудитория, оснащенная компьютером и мультимедийным оборудованием
2. ПК SCAD