

## **РЕШЕНИЕ НЕЛИНЕЙНЫХ ЗАДАЧ СТРОИТЕЛЬНОЙ МЕХАНИКИ (курс подготовки специалистов)**

**Марчук Н.И., к.т.н., доцент, Палагушкин В.И., к.т.н., доцент**

*Сибирский федеральный университет*

Целью изучения дисциплины «Нелинейные задачи строительной механики» является подготовка специалистов, уровень знаний которых соответствует требованиям квалификации специалист по направлению 270100.68 «Строительство».

Курс специалистов по специализации «Нелинейные задачи строительной механики» включает в себя основные направления в образовательной и учебно-исследовательской деятельности, в том числе: расчет зданий, сооружений и инженерных конструкций на различные статические воздействия с использованием лицензионных, современных расчетных программных комплексов SCAD, Лира, ANSYS, NASTRAN в строительстве и различных областях техники; компьютерное моделирование, проектирование с учетом нелинейного деформирования конструкций, предельного состояния, включая элементы управления, на базе современных расчетных программных комплексов SCAD, ANSYS.

В курсе «Нелинейные задачи строительной механики» студенты получают общие фундаментальные понятия о природе возникновения геометрической и физической нелинейностей в задачах строительной механики, расчетных моделях различных сооружений с учетом нелинейностей, общих математических методах решения нелинейных задач и методов нелинейного расчета и анализа напряженно-деформированного состояния (НДС) различного типа конструкций.

Задача нелинейного расчета строительных конструкций намного сложнее линейных задач и требует соответствующей подготовки расчетчика-проектировщика. Этим частично объясняется не очень широкое распространение расчетов конструкций с учетом их нелинейностей.

В связи с этим в курсе «Нелинейные задачи строительной механики» изучаются математические методы решения нелинейных уравнений (методы последовательных приближений), метод Ньютона решения нелинейных уравнений, метод Ньютона – Канторовича решение операторных уравнений, модифицированный метод Ньютона – Канторовича; метод продолжения по параметру, метод последовательных нагружений В.В. Петрова, шаговые методы решения нелинейных задач.

Рассматриваются основные понятия теории нелинейных задач строительной механики: понятие геометрической нелинейности - учет изменяющейся геометрии конструкции; разрешающие уравнения геометрически нелинейных систем, решение геометрически нелинейных задач стержневых систем; геометрически нелинейные задачи пластин и пологих оболочек; решение задач о больших прогибах балок, пластин и пологих оболочек методом конечных элементов (МКЭ); понятие мгновенной матрицы жесткости, основные разрешающие уравнения в форме МКЭ, методика решения геометрически нелинейных задач, решение задач гибких стержней методом Ньютона; расчет упругих систем по деформированному состоянию; решение задач о больших прогибах пластин и пологих оболочек методом последовательных нагружений, расчет геометрически нелинейных большепролетных конструкций - вантовых систем; решение геометрически нелинейных задач, включая генетическую нелинейность в ПК SCAD, Лира, ANSYS.

Особенности нелинейной работы материала, неупругие и нелинейно упругие системы; основы теории пластичности, поверхность пластичности, основные теоремы и принципы; особенности нелинейной работы материала, диаграммы деформирования материалов, методы их построения и схематизация, эффект Баушингера; основные законы теории пластичности, условие текучести материала и условие текучести для объемного напряженного состояния; критерий Губера – Мизеса для плоского напряженного состояния; поверхность текучести; ассоциированный закон течения, теоремы о простом нагружении и разгрузке, принцип минимума полной энергии; теория малых упругопластических деформаций (деформационная теория пластичности), теория пластического течения; общие методы решения задач теории пластичности (физически нелинейных задач) строительной механики); метод упругих решений в форме метода дополнительных нагрузок А.А. Ильюшина; основные соотношения между деформациями и напряжениями, разрешающие уравнения в перемещениях для стержневых систем и пластин; последовательность решения задач методом дополнительных нагрузок; метод упругих решений в форме метода переменных параметров упругости И.А. Биргера; основные разрешающие уравнения для пластин; алгоритм решения задач методом переменных параметров упругости; соотношения метода дополнительных деформаций, разрешающие уравнения, последовательность решения задач.

Решение физически и геометрически нелинейных задач пластин и пологих оболочек методом конечных элементов (МКЭ), разрешающие уравнения в перемещениях в форме МКЭ, понятие тангенциальной матрицы жесткости; уравнения МКЭ гибких физически нелинейных пластин и пологих оболочек, решение физически нелинейных и учетом двух нелинейностей задач методом последовательных нагружений.

Прямой шаговый метод (решение в приращениях). Самокорректирующийся шаговый метод решения геометрически и физически нелинейных задач. Шаговые методы решения физически и геометрически нелинейных задач. Самокорректирующиеся методы.

Основы расчета конструкций по предельному состоянию, основные принципы и метода предельного равновесия; предельное состояние стержневых систем, непосредственное нахождение состояния предельного равновесия; статический и кинематический методы решения задач предельного равновесия; предельное состояние стержневых систем при изгибе, предельное равновесие металлических и железобетонных пластинок.

Изучаются основы метода конечных элементов для решения нелинейных задач, типы конечных элементов для учета физической и геометрической нелинейностей; программные расчетные комплексы Лира, SCAD, ANSYS, как базовые для решения нелинейных задач НДС 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.

Будущий специалист в области нелинейных задач строительной механики должен: применять современные программные комплексы SCAD, ANSYS, для решения нелинейных задач расчета конструкций, расчета и моделирования элементов зданий и сооружений; выполнять постановку нелинейных задач расчета и проектирования конструкций; применять, анализировать и проверять результаты расчетов, получаемых с помощью ПЭВМ.

Владеть общими фундаментальными понятиями о различных видах нелинейностей конструкций и сооружений, способами и приемами решения подобных задач.