

*Нарбеков Нодир Нарматович*

*доцент в.б*

*Джизакский политехнический институт*

*Узбекистан, Джизакская область, г. Джизак*

***ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИМЕНЕНИЯ МЕТОДА КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ  
ДЛЯ РЕШЕНИЯ СТАТИЧЕСКИ НЕОПРЕДЕЛИМЫХ СИСТЕМ  
СТЕРЖНЕЙ***

**Аннотация.** В данной статье рассматривается применение метода конечных элементов (МКЭ) для решения статически неопределимых систем стержней. МКЭ является мощным численным методом, который позволяет эффективно решать сложные задачи, учитывая различные физические эффекты и оптимизируя дизайн системы стержней.

**Ключевые слова.** Метод конечных элементов, неопределимые системы, численный метод, задачи, эффекты, воздействия, стержни, модель.

*Narbekov Nodir Narmatovich*

*Associate Professor V.B*

*Jizzakh Polytechnic Institute*

*Uzbekistan, Jizzakh region, Jizzakh city*

***STUDY OF THE APPLICATION OF THE FINITE ELEMENT METHOD FOR  
SOLVING STATICALLY INDETERMINATE SYSTEMS OF RODS***

**Annotation.** This paper discusses the application of the finite element method (FEM) to solve statically indeterminate member systems. FEM is a powerful numerical method that can effectively solve complex problems by taking into account various physical effects and optimizing the design of the rod system.

*Keywords. Finite element method, indeterminate systems, numerical method, problems, effects, influences, rods, model.*

Метод конечных элементов (МКЭ) является одним из наиболее эффективных численных методов для решения дифференциальных уравнений. Он широко используется в различных областях науки и техники, включая механику деформируемого твердого тела. В данной статье мы рассмотрим применение МКЭ для решения статически неопределимых систем стержней.

Статически неопределимые системы стержней представляют собой системы, в которых количество уравнений связи между перемещениями стержней меньше, чем количество самих стержней. Это означает, что такие системы не могут быть однозначно определены статически и требуют дополнительных условий для их решения.

Для применения МКЭ к статически неопределимым системам стержней необходимо использовать метод конечных элементов в пространстве. В этом методе система стержней разбивается на маленькие элементы, и решение дифференциального уравнения внутри каждого элемента приближается с помощью базисных функций. Затем решение дифференциального уравнения на всей системе стержней находится путем объединения решений каждого элемента.

При использовании МКЭ для решения статически неопределимых систем стержней необходимо учитывать дополнительные условия, которые обеспечивают корректность решения. Одним из таких условий является использование метода сил, который позволяет определить силы, действующие на каждый элемент системы стержней. Эти силы могут быть использованы для обеспечения равновесия системы или для задания дополнительных условий связи между перемещениями стержней.

Применение МКЭ для решения статически неопределимых систем стержней имеет ряд преимуществ. Во-первых, этот метод позволяет эффективно решать сложные задачи, которые не могут быть решены

аналитически. Во-вторых, он позволяет учитывать различные физические эффекты, такие как нелинейность свойств материала или взаимодействие с другими системами. В-третьих, МКЭ позволяет проводить оптимизацию дизайна системы стержней, изменяя ее параметры для достижения определенных целей.

Однако, при использовании МКЭ для решения статически неопределимых систем стержней необходимо учитывать некоторые ограничения. Например, точность решения может зависеть от выбора базисных функций и параметров элементов. Кроме того, решение может быть чувствительным к выбору дополнительных условий связи между перемещениями стержней.

Применение метода конечных элементов для решения статически неопределимых систем стержней является эффективным и мощным инструментом в механике деформируемого твердого тела. Он позволяет решать сложные задачи, учитывая различные физические эффекты и оптимизируя дизайн системы стержней. Однако, для достижения точного и надежного решения необходимо учитывать ограничения этого метода и тщательно выбирать параметры и дополнительные условия связи.

Одной из причин, почему МКЭ может успешно решать сложные задачи, является его способность аппроксимировать сложные геометрии и физические явления. При использовании МКЭ система стержней разбивается на маленькие элементы, и решение дифференциального уравнения внутри каждого элемента приближается с помощью базисных функций. Затем решение дифференциального уравнения на всей системе стержней находится путем объединения решений каждого элемента. МКЭ позволяет учитывать различные физические эффекты, такие как нелинейность свойств материала или взаимодействие с другими системами. Это делает его особенно полезным для решения сложных задач, где аналитические методы могут быть неэффективными или невозможными. В механике деформируемого твердого тела МКЭ может использоваться для моделирования поведения конструкций

при различных нагрузках. Он может учитывать нелинейность свойств материала, такую как пластичность или нелинейная упругость, а также взаимодействие с другими системами, такими как жидкости или газы. МКЭ позволяет проводить оптимизацию дизайна системы стержней, изменяя ее параметры для достижения определенных целей. Это может быть полезно, например, при проектировании зданий или мостов, где нужно найти оптимальное соотношение между прочностью и стоимостью.

Метод конечных элементов (МКЭ) является мощным инструментом для проведения оптимизации дизайна стержней. Он позволяет изменять параметры системы стержней для достижения определенных целей, таких как увеличение прочности или снижение стоимости. Оптимизация дизайна стержней с помощью МКЭ основана на решении целевой функции, которая учитывает различные факторы, такие как прочность, стоимость или вес системы стержней. Целью оптимизации является нахождение наилучшего сочетания параметров, которое обеспечивает достижение заданных целей.

Процесс оптимизации дизайна стержней с помощью МКЭ включает несколько шагов. Сначала необходимо определить целевую функцию и ограничения, которые должны быть учтены при изменении параметров системы стержней. Затем необходимо определить переменные параметры, которые будут изменены в процессе оптимизации.

Далее, используя МКЭ, необходимо решить дифференциальное уравнение для каждого варианта параметров и оценить значения целевой функции и ограничений. Затем, используя методы оптимизации, такие как метод градиентного спуска или генетические алгоритмы, необходимо найти оптимальное сочетание параметров, которое обеспечивает достижение заданных целей.

Важно отметить, что процесс оптимизации дизайна стержней с помощью МКЭ может быть сложным и требует тщательного выбора целевой функции и ограничений. Кроме того, необходимо учитывать ограничения, связанные с возможностями материалов и конструктивными ограничениями.

МКЭ может использоваться для проведения оптимизации дизайна системы стержней, изменяя ее параметры для достижения определенных целей. В этом случае формулы для оптимизации могут быть различными в зависимости от выбранной целевой функции и ограничений. Некоторые из формул, используемых в оптимизации дизайна стержней, могут включать градиентный спуск или генетические алгоритмы. Важно отметить, что формулы, связанные с МКЭ, могут быть более сложными и зависят от конкретной задачи и используемых методов. Однако, приведенные выше формулы являются основными и широко используются в практике применения МКЭ.

### Литература

1. Жиделёв А. В. Динамический подход к расчету геометрически нелинейных стержневых систем : автореф. дис. ... канд. техн. наук. - Волгоград, 2003. - 23 с.
2. Raftoyiannis I.G. Nonlinear Stability Analysis of Simple Steel Frames with Load Imperfections // *Frontiers of Engineering Mechanics Research*. - Feb. 2013. - Vol. 2. - Iss. 1. - P. 15-21.
3. Дарков А.В., Шапошников Н.Н., Строительная механика: учебник для строительных спец. вузов - М., 1986. - 607 с.
4. A discrete mechanics approach to Cosserat rod theory. Part 1: Static equilibria / P. Jung, S. Leyendecke, J. Linn, M. Ortiz // *Int. J. Numer. Meth. Engng.* - 2010. - P. 101-130.
5. Levyakov S. V. Formulation of a geometrically nonlinear 3D beam finite element based on kinematic-group approach // *Applied Mathematical Modelling*. - 2015. - Vol. 39. - Iss. 20. - P. 6207-6222.