

УДК: 539.4

Баймахан Р. Б., докт. техн. наук, профессор
brysbekbai@gmail.com

Сейлханов А. Б., магистрант
seilkhanovademi@gmail.com

Казахский национальный женский
педагогический университет, Казахстан

ОБЗОР ФОРМ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ДЛЯ ПРИМЕНЕНИЯ К МОДЕЛИРОВАНИЮ УПРУГОЙ ОБЛАСТИ

Моделирование упругих деформаций объектов имеет решающее значение для приложений виртуальной среды, требующих реалистичного представления типов трехмерных объектов. В этой статье представлен обзор нескольких программ, которые могут вычислять формы геометрических конечных элементов. С помощью перечисленных программ можно решить множество задач, увидев виртуальной и при практическом применении метода пороговых элементов следует помнить о проблемах, связанных с точностью вычислений и длительностью времени вычислений. Чем точнее расчет, тем меньше количество конечных элементов. При слишком больших пороговых элементах результат может быть в основном неправильным, несмотря на то, что он был введен правильно и установленная программа работала правильно. В настоящее время не существует метода предварительного прогнозирования размера пороговых элементов, достаточного для получения требуемой точности расчета.

Ключевые слова: метод конечных элементов, деформация, метод, численный метод, линейный элемент, нелинейный элемент.

Баймахан Р. Б., тех. илим. докт., профессор
brysbekbai@gmail.com

Сейлханов А. Б., магистрант
seilkhanovademi@gmail.com

Казак улуттук кыз-келиндер
педагогикалык университети, Казакстан

ЭЛАСТИКАЛЫК АЙМАКТЫ МОДЕЛДӨӨДӨ КОЛДОНУУ ҮЧҮН ГЕОМЕТРИЯЛЫК ЧЕКТҮҮ ЭЛЕМЕНТТЕРДИН ФОРМАЛАРЫНА СЕРЕП

Объектинин ийкемдүү деформациясын моделдөө үч өлчөмдүү объект түрлөрүнүн реалдуу чагылдырылышын талап кылган виртуалдык чөйрөнү колдонуу үчүн маанилүү. Бул макалада геометриялык чектүү элементтердин формаларын эсептей турган бир нече программаларга сереп берилет. Бул программалардын жардамы менен босоголук элементтер ыкмасын виртуалдык жана практикалык колдонууда көптөгөн көйгөйлөрдү чечүүгө болот, мында эсептөөнүн тактыгы жана эсептөө убактысынын узактыгы менен байланышкан көйгөйлөрдү эстен чыгарбоо керек. Эсептөө канчалык

так болсо, чектүү элементтердин саны ошончолук аз болот. Босого элементтери өтө чоң болгондо, натыйжа туура киргизилгенине жана орнотулган программа туура иштегенине карабастан, негизинен, туура эмес болушу мүмкүн. Учурда керектүү эсептөө тактыгын алуу үчүн жетиштүү босого элементтердин өлчөмүн алдын ала болжолдоо ыкмасы жок.

Өзөктүү сөздөр: чектүү элемент ыкмасы, деформация, метод, сандык ыкма, сызыктуу элемент, сызыктуу эмес элемент.

Baymakhan R. B., doct. techn. science, prof.

brysbekbai@gmail.com

Seilkhanova A. B., undergraduate

seilkhanovademi@gmail.com

Kazah national women's

pedagogical university, Kazahstan

OVERVIEW OF GEOMETRIC FINITE ELEMENT SHAPES FOR APPLICATION TO ELASTIC DOMAIN MODELING

Modeling elastic deformations of objects is crucial for virtual environment applications that require realistic representation of types of three-dimensional objects. This article provides an overview of several programs that can calculate the shapes of geometric finite elements. With the help of these programs, you can solve many problems by seeing the virtual and practical application of the threshold element method, you should keep in mind the problems associated with the accuracy of calculations and the duration of the calculation time. The more accurate the calculation, the smaller the number of finite elements. If the threshold elements are too large, the result may be mostly incorrect, despite the fact that it was entered correctly and the installed program worked correctly. Currently, there is no method of preliminary prediction of the size of threshold elements sufficient to obtain the required calculation accuracy.

Keywords: *finite element method, deformation, method, numerical method, linear element, non linear element.*

Одним из наиболее распространенных численных методов, отвечающих требованиям и науке современности, можно назвать метод конечных или, иначе говоря, конечных элементов. Мы можем использовать программы ANSYS и NASTRAN для расчета форм геометрических конечных элементов. У каждого из них есть свои функции. И они становятся взаимоисключающими. С каждым годом все больше новых видов и возможностей каждого из них. Но оба работают для одной и той же цели. Позволяет рассчитать не только прочность, но и колебания. С помощью метода пороговых элементов можно рассчитать задачи гидрогазодинамики и теплопередачи, и результаты этих расчетов идеально подходят для расчета прочности. Можно рассчитать дроби любой формы и сделать из них выводы. Поэтому метод конечных элементов необходим при выводе аналитических уравнений и обосновывает их точность.

Сегодня программа ANSYS - очень удобная программа. Его новые выпускаемые пакеты каждый год расширяют возможности его предшественников, делая программу более быстрой, гибкой и удобной. Его новые свойства помогают пользователям преодолевать постоянно растущие потребности современного промышленного производства.

ANSYS - это универсальная программа конечных элементов, используемая для решения динамических задач на прочность, тепло, акустику, гидро и газ. Для каждого пользователя это приложение предоставляет постоянно растущий список инструментов выставления счетов, которые могут выглядеть следующим образом:

- учет различных конструктивных нелинейностей;
- разрешить наиболее общий случай проблемы связи для страниц;
- допуск больших (предельных) деформаций и углов поворота;
- обеспечить интерактивную оптимизацию и анализ воздействия электромагнитных полей.

Например, при построении дискретной модели непрерывной величины эта программа формирует такие действия, как:

- в рассматриваемой области записывается конечное количество точек (это узлы точек или просто узлы);
- считается, что значение непрерывной величины в каждой узловой точке должно быть определено;
- область определения непрерывной величины делится на ограниченное количество субрегионов, называемых элементами. Эти элементы имеют общие узловые точки и в совокупности аппроксимируют форму области. Вот такие разные действия формируют.

NASTRAN также является программой для решения и анализа конечных элементов. Он не обладает функциональностью, позволяющей графически строить модель или создавать сетки. Ввод или вывод информации в программу осуществляется в виде текстовых файлов. Тем не менее, многие поставщики программного обеспечения продают процессоры до и после, предназначенные для упрощения создания модели конечных элементов и анализа результатов. Это программное обеспечение включает в себя геометрию САПР, сетку с конечными элементами и функции для импорта и смягчения нагрузок и ограничений. Инструменты позволяют пользователю отправлять анализ в NASTRAN, импортировать результаты и отображать их графически.

Существует множество типов конечных элементов: лучевые (отрезок луча с заданным сечением), оболочечные (треугольник или четырехугольник), твердотельные или объемные (тетраэдр, шестиугольный блок, грани которого не параллельны и могут быть разной длины)(рис. 1)[1].

Типы конечных элементов разных размерностей

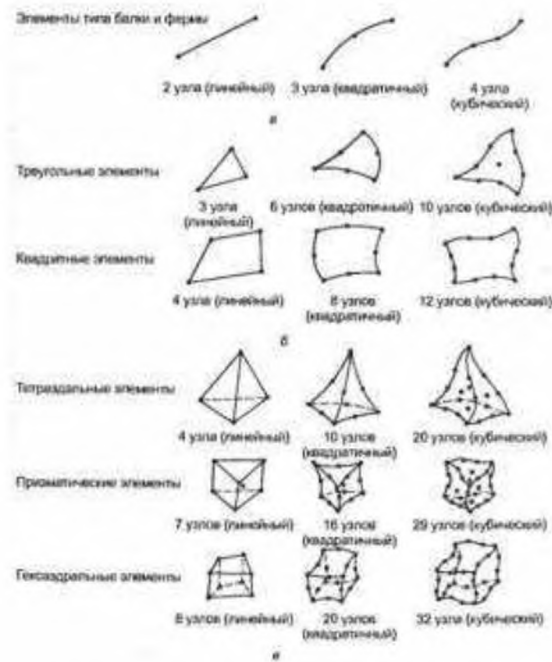


Рисунок 1. Типы конечных элементов в зависимости от различных размеров

Задача деления тела на конечные элементы неоднородна. Таким образом, для расчета ферм используются линейные стержневые элементы. С помощью одних и тех же элементов можно моделировать различные элементы конструкции (пружины, стержни, балки, рамы и т. д.).

Для двумерных или трехмерных областей гораздо сложнее выбрать тип пороговых элементов.

Плоские двумерные элементы используются для моделирования мембран, тонких пластин, тонкостенных оболочек и т. д.

Объемные трехмерные элементы используются при исследовании объемного напряженно-деформированного состояния.

Давайте рассмотрим строительные тела, составляющие модель тела. Самое простое геометрическое тело это точка. Точки изображены синим цветом (рис.2), а их координаты даны в трехмерном пространстве. Они являются неотъемлемой частью всех других геометрических объектов. При построении кривых, граней и объемов MSC программа Patran (как в программах для изучения каких-либо пороговых элементов, так и в предыдущих упомянутых программах) автоматически создает точки. Поэтому, когда вы начинаете моделирование, вам не всегда нужно начинать с ввода точек.

Кривая - одномерное параметрическое тело. Они изображены на картинке желтым цветом. Кривая характеризуется двумя конечными точками P1, P2 и безразмерной параметрической координатой, которая варьируется от 0 в точке P1 до 1 в точке P2. В программе MSC.Patran может создавать множество типов кривых, включая прямые линии, конические кривые, сплайны и многое другое.

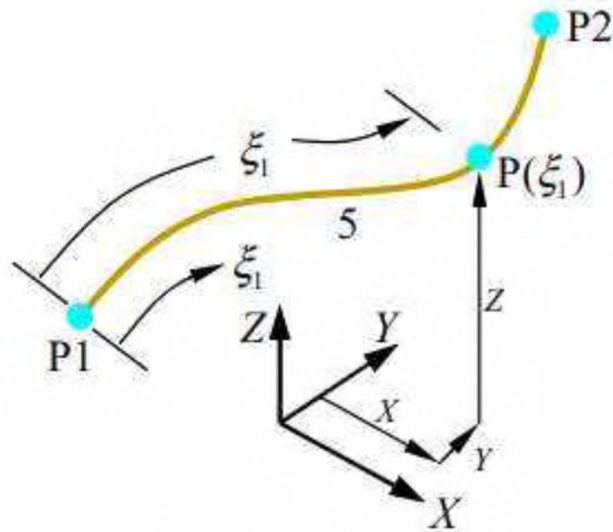


Рисунок 2. Образец кривой

Кстати, MSC.Patran - это интерактивный программный продукт с открытой архитектурой, который обеспечивает интеграцию автоматизированных систем проектирования, моделирования, анализа и оценки результатов вычислений.

Давайте рассмотрим основные типы пороговых элементов, которые часто используются для решения задач механики деформируемого твердого тела, и уточним один MSC. Подробнее рассмотрим тип, основанный на программе Patran.

1. CROD - это стержень, который работает только для растяжения, сжатия и скручивания, то есть имеет только осевую и торсионную жесткость. Он имеет два узла G1 и G2. Ось x_s системы координат этого элемента будет направлена от первого узла ко второму (рис.3). Каждый узел в локальной системе координат определяет здесь две степени свободы-трансляционную T_x и вращательную R_x .

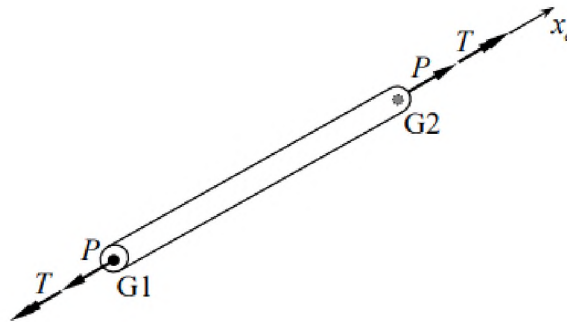


Рисунок 3. Узловые силы и моменты элемента CROD[2]

Геометрические характеристики этого элемента CROD[2]:

A-площадь поперечного сечения;

J-крутящий момент инерции (неполярный момент);

C-коэффициент для определения максимальных касательных напряжений при кручении.

Где M_θ - крутящий момент.

$$\tau_{max} = C \frac{M_\theta}{J}$$

Для элемента CROD, как и для других, есть возможность установить линию на структурную массу.

2. СВАР - простой элемент луча, построенный с предположением, что ось центров сдвига соответствует нейтральной оси. Он принимает все виды нагрузок в общем случае.

3. СВЕАМ - элемент луча общего вида. В отличие от предыдущего случая, здесь учитывается несоответствие оси центров СДВ нейтральной оси.

Вот три основных типа, используемых для такого геометрического порогового элемента.

Также можно констатировать, что расчет прочности, прочности конструкции с использованием метода предельных элементов осуществляется следующими шагами:

Первое, что нужно сделать, это построить геометрическую модель и разделить ее на конечные элементы, определить существующие нагрузки и граничные условия и сформировать модель конечного элемента.

Во-вторых, необходимо вычислить вектор, заданный каждому конечному элементу матрицы прочности и внешним узлам нагрузки.

В-третьих, необходимо сформировать решающую систему линейных уравнений.

В-четвертых, необходимо определить деформации и напряжения, а затем решить полученную от него систему.

Пятый, оценить правильность структуры, сделать из нее выводы и оставить предложения.

Что касается методов конечных элементов для упругой среды, то это может предотвратить причины обрушения фундаментов высотных зданий.

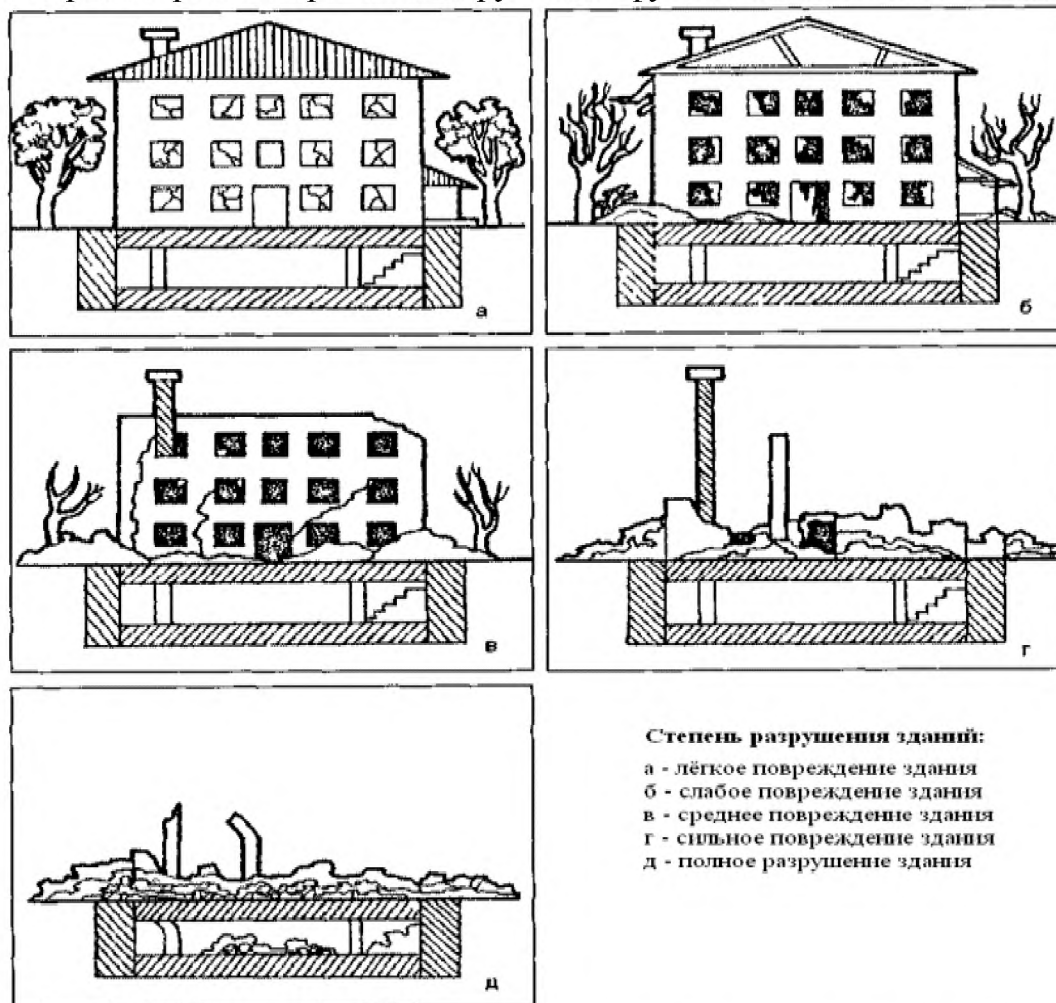


Рисунок 4. Степени обрушения, разрушения высотных зданий

Здесь приведены степени обрушения, разрушения высотных зданий:

а - образование тонких, тонких трещин в стенах зданий, более или менее начало выцветания стен, начало повреждения стекол окон относятся к легким видам повреждений.

б - появление трещин в оштукатуренных частях зданий, начало клина дымоходов, частичное повреждение кровли здания, полное клин окон свидетельствуют о наличии слабого типа повреждений.

в - крупные трещины в стенах зданий, обрушение дымовых труб, обрушение кровли являются свидетельством умеренного повреждения.

г - обрушение, поломка внутренних перегородок и стен зданий, нарушение связей между частями зданий, обрушение кровли - относятся к типу серьезных повреждений.

д - полное разрушение здания.

Причины разрушения, обрушения высотных зданий возникают из:

- под влиянием стихийных бедствий;
- под влиянием устаревания природных факторов зданий;
- под влиянием ошибок на этапе проектирования и строительства;
- из-за невыполнения требований к жилым домам.

Итак, в этой работе мы рассмотрели, как использовать пороговые элементы, какие программы можно использовать при его расчете и построении его схемы. Все обзоры, упомянутые в статье, были написаны для предотвращения ошибок, которые можно было бы избежать при строительстве высотных зданий в будущем, и необходимость последних элементов для определения причин разрушения, вызванного их ошибками. Чтобы не столкнуться с подобными явлениями, необходимо основываться на достоверных и очень подробных данных о наличии грунтовых вод, их дебите, их направлении и скорости движения в грунте, рельефе кровли непроницаемого слоя, возможностях изменения конструкций фундамента, методах проведения строительных работ, условиях эксплуатации и особенностях технологических процессов производства. Прочность, устойчивость и долгосрочная эксплуатационная пригодность зданий и сооружений достигается применением инженерно-мелиоративных, строительно-конструктивных и термохимических мероприятий в практике проектирования и строительства. Мы показали, что конечные элементы имеют больше типов в зависимости от их размеров, и прокомментировали основные типы краевых элементов CROD, CBAR и CBEAM, которые обычно используются для решения проблем с деформируемой твердой механикой.

Литература:

1. <http://www.kipdla.ssau.ru/download/MKA_lecture.pdf>
- 2>. Скворцов Ю. В. Анализ прочности элементов авиационных конструкций с помощью САЕ-системы MSC.Patran-Nastran
3. Бате К., Вильсон Е. Численные методы анализа и метод конечных элементов. – М.: Стройиздат, 1982 – 447с.
4. Баймахан Р. Б., Шекті элементтер әдісі. Алгоритмдер мен бағдарлар. - Алматы, **Оқулық** Қаз Мем Қызд Пед университетінің баспаханасы, 2012. -260 бет
5. Irons B. M. Numerical Integration Applied to Finite Element Methods. Couf Use of Digital Computers in Struct. Eng., Univ. of Newcastle, 1966.