

## Описание метода конечных элементов

Магистранты гр. 50424022 Жогло А.Г., Жирун К.С.  
Научный руководитель – Томило В.А.  
Белорусский национальный технический университет  
г. Минск

Метод конечных элементов (МКЭ) – это численный метод решения дифференциальных уравнений с частными производными, а также интегральных уравнений, возникающих при решении задач прикладной физики. Метод широко используется для решения задач механики деформируемого твердого тела, теплообмена, гидродинамики и электродинамики.

Суть метода следует из его названия. Область, в которой ищется решение дифференциальных уравнений, разбивается на конечное количество подобластей (элементов). В каждом из элементов произвольно выбирается вид аппроксимирующей функции. В простейшем случае это полином первой степени. Вне своего элемента аппроксимирующая функция равна нулю. Значения функций на границах элементов (в узлах) являются решением задачи и заранее неизвестны. Коэффициенты аппроксимирующих функций обычно ищутся из условия равенства значения соседних функций на границах между элементами (в узлах). Затем эти коэффициенты выражаются через значения функций в узлах элементов.

Составляется система линейных алгебраических уравнений. Количество уравнений равно количеству неизвестных значений в узлах, на которых ищется решение исходной системы, прямо пропорционально количеству элементов и ограничивается только возможностями ЭВМ. Так как каждый из элементов связан с ограниченным количеством соседних, система линейных алгебраических уравнений имеет разреженный вид, что существенно упрощает её решение. Если говорить в матричных терминах, то собираются так называемые матрицы жёсткости (или матрица Дирихле) и масс. Далее на эти матрицы накладываются граничные условия (например, при условиях Неймана в матрицах не меняется ничего, а при условиях Дирихле из матриц вычёркиваются строки и столбцы, соответствующие граничным узлам, так как в силу краевых условий значение соответствующих компонент решения, известно). Затем собирается система линейных уравнений и решается одним из известных методов. С точки зрения вычислительной математики, идея метода конечных элементов заключается в том, что минимизация функционала вариационной задачи осуществляется на совокупности функций, каждая из которых определена на своей подобласти, для численного анализа системы позволяет рассматривать его как одну из конкретных ветвей диакоптики - общего метода исследования систем путём их расчленения [1].

Наиболее часто используемыми комплексами автоматизированного инженерного анализа процессов штамповки являются DEFORM и QForm.

В настоящее время при производстве деталей методами штамповки весьма актуальными являются вопросы обеспечения высокого качества, прочности и надёжности продукции, сокращения сроков внедрения в производство новых изделий и снижение затрат на производство.

Проектирование технологических процессов штамповки деталей предполагает решение целого ряда сложных задач: определение напряженно-деформированного состояния; определение условий течения металла и прогнозирование структуры материала; оптимизация переходов штамповки и предотвращение возможности появления технологических отказов; определение сил штамповки, нагрузки и характера деформации инструмента и др. [2].

Применение традиционных методов проектирования технологических процессов штамповки и внедрения в производство не всегда позволяет решить перечисленные задачи и обеспечить оптимальное сочетание требуемого качества готовой детали и минимальных сроков и затрат на производство.

### Список используемых источников

- 1 Штерензон, В.А. Моделирование технологических процессов / В.А. Штерензон. – Екатеринбург: Изд-во РГПУ, 2010. – 67 с.
- 2 Лавриненко, В.Ю. Компьютерное моделирование процессов холодной объемной штамповки / В.Ю. Лавриненко – Москва : МГИУ; 2015. – 12 с.