

МОДЕЛИРОВАНИЕ КОНЕЧНОЙ ЭЛЕМЕНТНОЙ СЕТКИ N-ГО ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОГО ПРИБЛИЖЕНИЯ В ОКРЕСТНОСТИ УСТЬЯ ТРЕЩИНЫ

К.С. Бабич

В механике разрушения определение параметров разрушения – сложная математическая задача. Оценка роста трещины будет возможна при вычислении коэффициента интенсивности, который вычисляется в окрестности трещины. Вершина трещины это сингулярность, в которой не существует регулярных аналитических решений и поэтому актуальна задача получения решения с заданной точностью.

В методе конечных элементов (МКЭ) нет проблемы сгущения сетки в местах ожидаемой концентрации напряжений, если это необходимо.

Важной особенностью МКЭ является то, что тело делится на области (конечные элементы (КЭ)), в каждой из которых могут быть установлены свои законы, связывающие узловые силы и перемещения. Это дает возможность связывать в одной сетке различные элементы и значительно повышает эффективность метода для широкого класса задач.

В зависимости от геометрии конструкции и от видов нагрузки сетка может состоять как из однородных КЭ (стержни, пластины, объемные элементы), так и из различных комбинаций. Поэтому выбор первого разбиения на элементы предоставляется исследователю, а последовательное сгущение сетки в окрестности устья трещины и изменение сетки по мере роста трещины целесообразно реализовать с помощью ЭВМ. Для создания программы был выбран язык программирования Turbo Pascal 7.0.

Рассмотрим некоторые особенности представления входных данных для реализации программы, на примере двухконсольного образца. На этапе разбиения тела на КЭ в окрестности трещины следует выделить постоянную структуру (первый контур, узлы с 13 по 40 на рис. 1) из КЭ таким образом, чтобы она содержала подобную себе структуру (второй контур, узлы с 22 по 40) в смысле возможности вставки первой во вторую (см. рис. 2). Таким образом, будет осуществляться повторение постоянной структуры вокруг устья трещины и автоматическое уменьшение всех КЭ этой области. Нумерацию узлов КЭ входящих в первый контур договоримся делать в направлении против часовой стрелки, постепенно приближаясь к центральному узлу – устью трещины (см. рис. 2).

В программе ввод данных реализован в три этапа:

1) Форматизация файлов для ввода координат и для связей, как файлов произвольного доступа. Т. е. создаем файлы нужной структуры и размера с фиктивными записями (заполняем нулями).

2) Ввод координат. На этом этапе кроме файла с координатами создается организационный (org-) файл, который содержит информацию о количестве приближений (начальная сетка – нулевое приближение), числе узлов всей сетки для данного приближения, количестве точек первого и второго контура, имена файлов координат и связей для каждого приближения.

Для нашего примера (рис. 1) структура записи в файле координат (например, cord.dat) такая

Номер узла	Координаты		
	X	Y	Z
1	0	310	0
...	...	...	...
40	130	100	0

Записи в организационном файле (orgcord.dat) имеют вид

Номер приближения	Число узлов			Файлы данного приближения	
	Вся сетка	1 контур	2 контур	Для координат	Для связей
0	40	28	19	cord.dat	insi.dat
1	49			cordp1.dat	insip1.dat
...	...			...	...
n	N			cordpn.dat	insipn.dat

3) Ввод связей. Файл связей нужен, чтобы знать какие элементы подходят к каждому узлу, т. е. необходимо указать не только номера узлов, но так же отразить тип КЭ (стержни, пластины, объемные элементы) который эти узлы образуют. Договоримся при вводе конец записи относящейся к элементу, примыкающему к данному узлу обозначать нулем, а конец ввода строки связей минус единицей. Для примера (рис. 1) структура записи в файле связей (например, insi.dat) такая

Номер узла	Строка связей данного узла																								
1	4	2	0	-1																					
...	...	...	...	...																					
40	31	32	0	32	33	0	33	34	0	35	36	0	36	37	0	37	38	0	38	39	0	39	31	0	-1

При каждом следующем приближении программа обращается к последней записи в организационном файле, автоматически форматирует и заполняет файлы новыми координатами и связями. Причем количество узлов увеличивается с каждым приближением на столько, на сколько отличается число узлов первого и второго контура. Однако при расчете размер системы уравнений может быть уменьшен за счет того, что на предыдущем приближении будут определены, например, перемещения и силы во всех граничных узлах первого контура (для нашего примера узлы с 13 по 21) и задача сведется к задаче с новыми граничными условиями и меньшим числом узлов (с 13 по 49).

Таким образом, координаты узлов сетки это базовая информация для реализации следующего шага – вычисления матриц жесткости каждого элемента с учетом свойств материалов с целью создания глобальной матрицы жесткости.

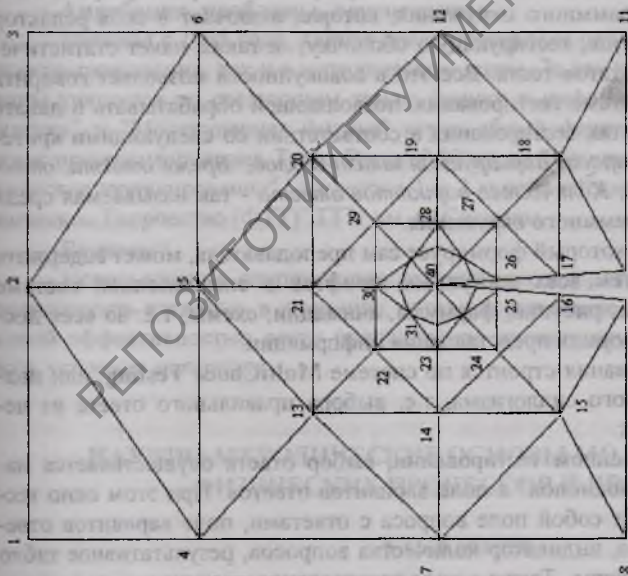


Рис. 1. Начальное разбиение образа на КЭ (нулевое приближение). Узел номер 40 – устье трещины.

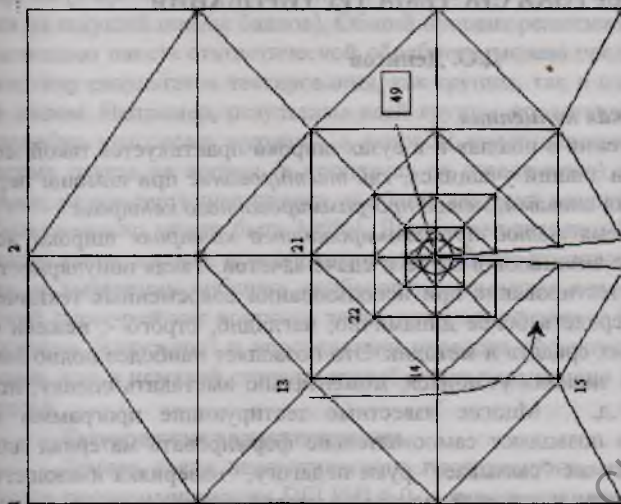


Рис. 2. Сетка конечных элементов первого приближения. Количество узлов увеличилось на девять.