

УДК 001.891.3

АНАЛИЗ ВЫБОРА СТЕПЕНИ ЭЛЕМЕНТОВ В ЗОНАХ КОНТАКТА ПРИ РАСЧЕТАХ В ПАКЕТЕ КОНЕЧНО-ЭЛЕМЕНТНОГО АНАЛИЗА SAMCEF

М.Н.Ерохин, доктор технических наук, профессор

А.Н.Самойленко, аспирант

Московский государственный агроинженерный университет им. В.П.Горячкина

Наводиться аналіз напруги в зонах контакту, залежно від вибору ступені елементів в об'ємах кінцево-елементних моделях під час розрахунків в пакеті SAMCEF. Для аналізу отриманих результатів розглядається розподіл еквівалентних напруг Мізеса в подовжньому та діагональному напрямках. На основі результатів даються рекомендації щодо використанню різних типів елементів в зонах контакту для розрахунків об'ємних кінцево-елементних моделей

В пакете конечно-элементного анализа SAMCEF для конечных элементов (вне зависимости от их топологии) вводится такое понятие, как степень (Degré) элемента [2, 3]. Имеется три типа Degré:

Degré 2 Explicit – конечные элементы с промежуточными узлами (например, 2D – элемент оболочки построен на 8 узлах (4-х угольный) или на

6 узлах (3 – треугольный). Возможно искажение ребер элементов Degré 2 Explicit для более точного приближения к геометрии. Все узлы, как угловые, так и промежуточные, являются равноценными.

Degré 2 Implicit – конечные элементы, не имеющие промежуточных узлов, но дающие такие же по точности результаты, как элементы Degré 2 Explicit. SAMCEF на этапе формирования матрицы жесткости добавляет промежуточные узлы. Они используются только во время расчета.

Degré 1 – классический тип конечного элемента, построенного только на угловых узлах, находящихся в углах.

Быстрое изменение степени модели Degré 1/Degré 2 Implicit позволяет для больших задач проводить быстрый проверочный расчет в Degré 1 для полной проверки сетки, граничных условий и т.д., а затем – запускать проверенную модель на расчет в Degré 2 Implicit.

При приложении узловых граничных условий или связей на сетку из элементов Degré 2 Implicit в этой зоне происходит всплеск напряжений, не соответствующих реальности. Кроме того, для задач динамики и устойчивости неправильный выбор степени элементов в зоне граничных условий может привести к потере сходимости решения.

Для исключения этих проблем элементы в зонах приложения следующих граничных условий:

- контакты (все типы);
- MPC (многоточечное закрепление);
- узловые силы;
- закрепления и перемещения

должны быть Degré 1 [2, 3]. Для сеток из 3D-элементов, облитых 2D-мембранами в зонах приложения вышеперечисленных граничных условий достаточно изменить степень только для 2D-мембран (степень -Degré 1).

Целью многих конечно-элементных задач является анализ напряжений в зонах контакта. Поскольку элементы Degré 1, которые необходимо использовать в контактной зоне, дают менее точные результаты, то возникает вопрос о том, где должна проходить граница между элементами Degré 1 и Degré 2 Implicit в контактной зоне, являющейся объектом исследования. Ниже приводятся результаты исследования этого вопроса на тестовой задаче.

Исследовался контакт двух деталей. Общий вид модели показан на рис. 1. Нижняя деталь закреплена, а верхняя давит на нее. Модели выполнены из 3D-элементов и облиты 2D-мембранами для уточнения напряжений на поверхности деталей (в том числе – в зоне контакта).

Было исследовано 3 варианта.

Вариант 1. Модель выполнена из элементов со степенью Degré 2 Explicit (элементы имеют промежуточные узлы). На поверхности – мембраны Degré 2 Explicit. Данная модель является наиболее точной.

Вариант 2. Модель выполнена из 3D-элементов со степенью Degré 2 Implicit. На поверхности – мембраны Degré 2 Implicit, в зоне контакта - мембраны Degré 1. Граница элементов Degré 1 и Degré 2 совпадает с границей контакта (рис. 2, а).

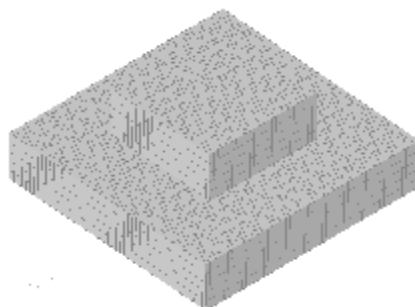


Рис. 1. Модель для анализа

Вариант 3. Модель выполнена из 3D-элементов со степенью Degré 2 Implicit. На поверхности – мембраны Degré 2 Implicit, в зоне контакта - мембраны Degré 1 (рис. 2, б). Граница элементов Degré 1 и Degré 2 перекрывает границу контакта на 1 ряд элементов.

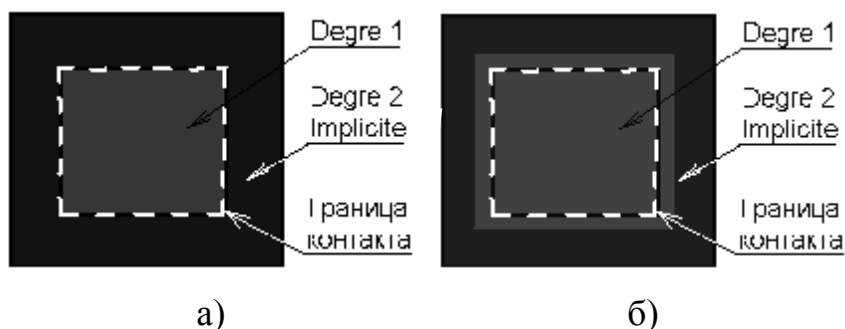


Рис. 2. Граница контактной зоны и граница между элементами Degré 1 и Degré 2 Implicit (а), элементами Degré 1 и Degré 2 Implicit (дополнительный ряд элементов Degré 1, (б))

Для всех трех моделей количество элементов – одинаково. Определялось преимущество моделей вариант 2 и вариант 3 на основе сравнения их с эталонной моделью вариант 1.

Для трех вариантов получены следующие результаты. Максимальные значения эквивалентных напряжений Мизеса [2, 4] приведены в табл. 1.

Таблица 1

Максимальные значения эквивалентных напряжений Мизеса	
Вариант	Напряжения Мизеса, МПа
1	366
2	327
3	302

Сравнение распределения эквивалентных напряжений в продольном и диагональном направлениях показано на рис. 3 (а) и 3 (б). Полученные результаты качественно совпадают для всех вариантов. Вариант 3 (с дополнительным рядом элементов Degré 1) дает существенно большее отклонение по напряжениям по сравнению с эталонным вариантом. Такой “разброс” результатов можно связать с различными видами функций формы (ФФ) для различных типов элементов [3]. Отметим, что ФФ элемента Degré 1 изменяются линейно вдоль координатных линий $\xi=const$ и $\eta=const$. Однако, они не являются линейными полиномами как в случае треугольного линейного элемента [3]. Для элементов Degré 2 Explicit и Degré 2 Implicit ФФ изменяются по квадратичному закону вдоль координатных линий $\xi=const$ и $\eta=const$, и в общем случае имеют более сложный вид, по сравнению с ФФ элемента Degré 1. Построение ФФ – важное условие для обеспечения сходимости метода конечных элементов.

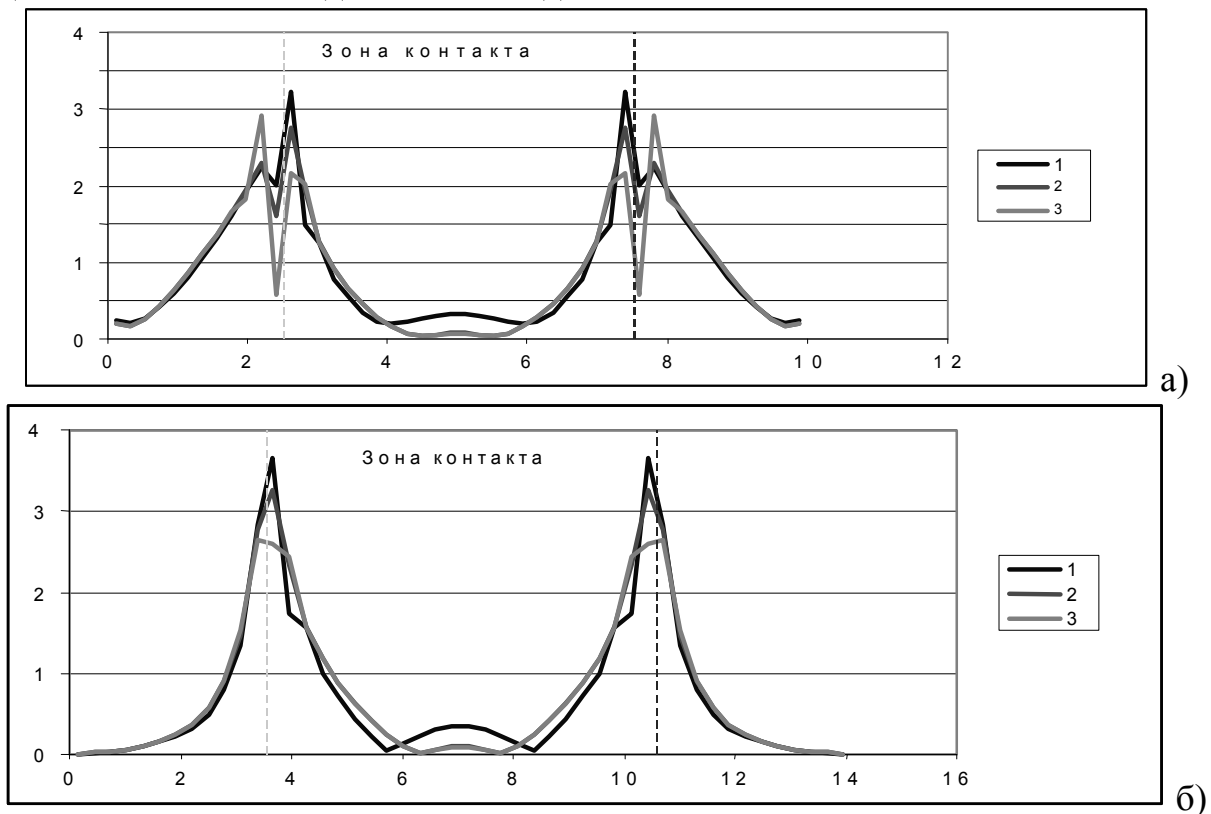


Рис. 3. Распределения эквивалентных напряжений в продольном (а) и диагональном направлениях (б)

Более простой вид ФФ приводит к значительному уменьшению времени расчета модели, однако, как видно из рис. 3, немного занижает результаты по напряжениям. Модель, выполненную с элементами Degré 1, можно рассматривать как вариант, дающий минимальное значение напряжений в зонах контакта, т.е. “оценку снизу”. Для более точного расчета в зоне контакта необходимо использовать элементы высшего порядка. На

основании этого можно сделать вывод, что в зоне контакта граница контакта должна являться и границей элементов Degré 1, и Degré 2 Implicit.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Детали машин и основы конструирования /Под ред. М.Н. Ерохина. – М.: Колос, 2004. – 462 с.*
2. *Расчет конструкций в MSC/NASTRAN for Windows. – М.: ДМК Пресс, 2001. – 448 с.*
3. *Секулович М. Метод конечных элементов / Пер. с серб. Ю.Н.Зуева. Под ред. В.Ш. Барбакадзе. – М.: Стройиздат, 1993. – 664 с.*
4. *Феодосьев В.И. Сопротивление материалов. – М.: Наука, 1986. – 512 с.*