

ПОДГОТОВКА ГРАНИЧНО-ЭЛЕМЕНТНОЙ МОДЕЛИ ВЫТЯЖНОЙ ПАРЫ*

С.Ю. МУРАВЬЕВ

(Костромской государственный технологический университет)

E-mail: msu85@rambler.ru

Рассмотрена проблема выбора оптимального шага гранично-элементной модели вытяжной пары. Предлагается, с целью повышения быстродействия процесса моделирования при сохранении точности, проводить расчеты с переменным шагом, для чего разработан соответствующий алгоритм.

The problem of a choice of the boundary-element model optimum step of a drafting pair is considered herein. For the purpose of increasing of the modelling process speed at accuracy preservation, it is offered to carry out accounts with a variable step and the appropriate algorithm is developed for that.

Ключевые слова: метод конечных элементов, шаг моделирования, точность, вытяжная пара, точка контакта, пятно контакта, напряжение, деформация.

Для моделирования взаимодействия эластичного покрытия нажимного валика с рифленным цилиндром используется метод граничных элементов [1], который требует разбиения границы объекта на некоторое число элементов. Оптимизация их числа и размеров является важнейшей задачей подготовки модели.

Как правило, с ростом числа элементов растет и точность вычисления деформации, но при этом возрастает и время вычисления, доходящее в известных пакетах конечно-элементного моделирования (например, ANSYS) до нескольких часов. Поэтому вопрос об определении оптимального числа элементов является чрезвычайно важным, особенно для задачи обеспечения моделирования в режиме, близком к режиму реального времени.

Так как геометрические размеры моделируемых частей вытяжного прибора могут изменяться в достаточно широких пределах, то минимально необходимое число элементов (при одинаковой их длине) будет варьироваться в зависимости от размеров. Если учесть, что только малая часть

поверхности эластичного покрытия находится в контакте с рифленным цилиндром, то возникает возможность увеличения размеров элементов в зависимости от их удаленности от зоны контакта.

Точность воспроизведения границы окружности при разбиении ее на прямолинейные элементы равна:

$$T = R - R \cos(\alpha/2), \quad (1)$$

где R – радиус окружности, очерчивающей границу; α – угол граничного элемента (рис. 1 – точность воспроизведения границы).

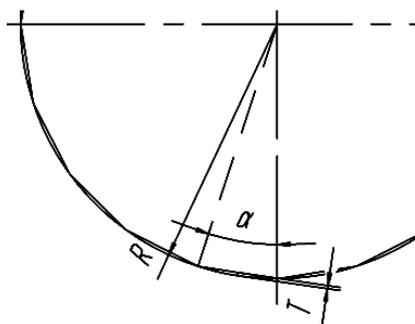


Рис. 1

* Работа выполнена под руководством профессора, докт. техн. наук С.Н. Титова.

Очевидно, что для повышения точности воспроизведения границы необходимо стремиться к уменьшению параметра T , который должен быть меньше предполагаемой величины деформации границы. Так как величина предполагаемой деформации D_n определяется приблизительно, то установим, что точность воспроизведения границы должна быть на порядок выше величины предполагаемой деформации:

$$T \leq \frac{D_n}{10}. \quad (2)$$

Отсюда следует, что для зоны контакта число элементов можно уменьшать с увеличением нагрузки.

Для остальной части покрытия валика можно уменьшить число элементов за счет снижения точности воспроизведения границы. Естественно, что при этом возникнет проблема сглаживания резкого перехода между элементами, которую можно решить, например, путем аппроксимации границы некоторой, заранее заданной, функцией или применением сплайнов.

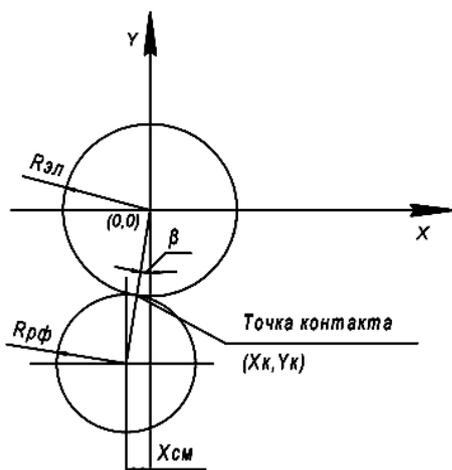


Рис. 2

Рассмотрим плоскую модель выпускной пары (рис 2). Ось эластичного цилиндра разместим в начале координат. $R_{эл}$ – радиус эластичного цилиндра, $R_{рф}$ – радиус рифленого цилиндра. Заменим рифленый цилиндр гладким. В идеальном случае точка контакта имеет координаты $(0, R_{эл})$. Введем величину $X_{см}$, которая определяет величину смещения центра рифленого ци-

линдра относительно центра эластичного покрытия по оси X . Исходя из геометрических параметров, координаты точки контакта будет вычисляться следующим образом:

$$X_к = \frac{R_{эл} X_{см}}{R_{эл} + R_{рф}}, \quad (3)$$

$$Y_к = \sqrt{R_{эл}^2 - \left(\frac{R_{эл} X_{см}}{R_{эл} + R_{рф}} \right)^2}. \quad (4)$$

Зная координаты точки контакта, мы задаем "центральный" граничный элемент (центр элемента лежит в точке контакта). Его длина задается из условия (2). Именно к нему будет приложена первоначальная нагрузка $P_{нач} = P/M$ [2], [3]. Угол между осью симметрии, проходящей через середину центрального граничного элемента и начало координат, и осью Y равен $\arccos(R_{эл}/Y_к)$. Обозначим его через β . Последующие элементы задаются зеркально относительно этой оси. Разбивая границу на элементы, мы увеличиваем длину каждого последующего элемента. Соответственно длина n -го элемента будет вычисляться по формуле:

$$V_n = V_{ц} K^n, \quad (5)$$

где $V_{ц}$ – длина центрального элемента; K – коэффициент увеличения длины элемента.

За счет постепенного увеличения длины мы, с одной стороны, уменьшим число граничных элементов, а с другой – избежим резкого снижения точности вычисления (по сравнению с простым уменьшением числа элементов).

Точка контакта разделяет нижнюю часть границы на две дуги, ограниченные осью X . Если $X_{см} = 0$, то соответственно дуги будут одинакового размера. При $X_{см}$, отличном от нуля, длина дуг различна. "Теневой" дугой будем называть более длинную дугу. Длинная дуга потребует большего количества элементов.

Коэффициент K вычисляется с тем условием, чтобы длина последних элементов

"теневой" дуги давала необходимую точность.

В итоге предлагается следующий алгоритм подготовки и разбиения границы эластичного покрытия.

1. Определение минимально необходимой точности воспроизведения.
2. Определение координат точки контакта и задание центрального элемента.
3. Определение величины коэффициента k .
4. Задание граничных элементов.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Муравьев С. Ю.* Аспекты моделирования вытяжного прибора прядильной машины // Вестник КГТУ. 2009, № 17. С. 102.

2. *Фарушкин В.В.* Совершенствование методов расчета вытяжных механизмов для мокрого прядения льна: Дис.... канд. техн. наук. – Кострома: КГТУ, 1999.

3. *Фарушкин В.В., Аносов В.Н., Проталинский С. Е.* // Сб. науч. тр. КГТУ. — Кострома: Изд-во КГТУ. – 1997. С. 102.

Рекомендована кафедрой теории механизмов и машин, деталей машин и проектирования технологических машин. Поступила 04.06.10.
