

УДК 62-932.2

Оптимизация координат зоны резания в станках с ЧПУ

Цзи Шоучэн, аспирант 1 курса,
кафедра МТ-1, «Металлорежущие станки и станочные комплексы»;

530118227@qq.com;

Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана;

Научный руководитель: П.М. Чернянский,
доктор технических наук, профессор кафедры МТ-1,
Россия, 105005, г. Москва, МГТУ им. Н.Э. Баумана.

Ключевые слова: оптимизация (optimization), точность (precision),
давление (pressure).

Аннотация: Используя известные решения и метод конечных элементов, получаем эпюры давления направляющих станков. Изложены методы решения задач при оптимизации координат зоны резания в станках с ЧПУ.

Глава 1. Точность системы позиционирования станков.

Влияние станка на точность обработки проявляется через конструкцию и процессы, сопровождающие его работу. Точность системы позиционирования (СП) является одной из наиболее показательных характеристик станка с ЧПУ, позволяющей оценить точность обработанных на нем деталей. Цель данного исследования - по эпюре давлений направляющих оптимизировать координаты зоны резания, повысить точность СП и точность обработки станков с ЧПУ.

Глава 2. Методика расчета направляющих станков

Направляющие станков предназначены для перемещения узлов, несущих инструмент или заготовку. Главная функция направляющих — обеспечить заданную траекторию движения, сохранить только одну степень свободы подвижного узла. Точность перемещения подвижного узла наряду с точностью вращения шпинделя определяет точность станка, точность обработки.

Расчет прямолинейных направляющих можно представить как статически определимую задачу, допуская, что эпюра давлений ограничена прямой или плоскостью. Тогда в общем виде уравнение давления p для любой точки опорной поверхности будет иметь вид (см. рис.1):

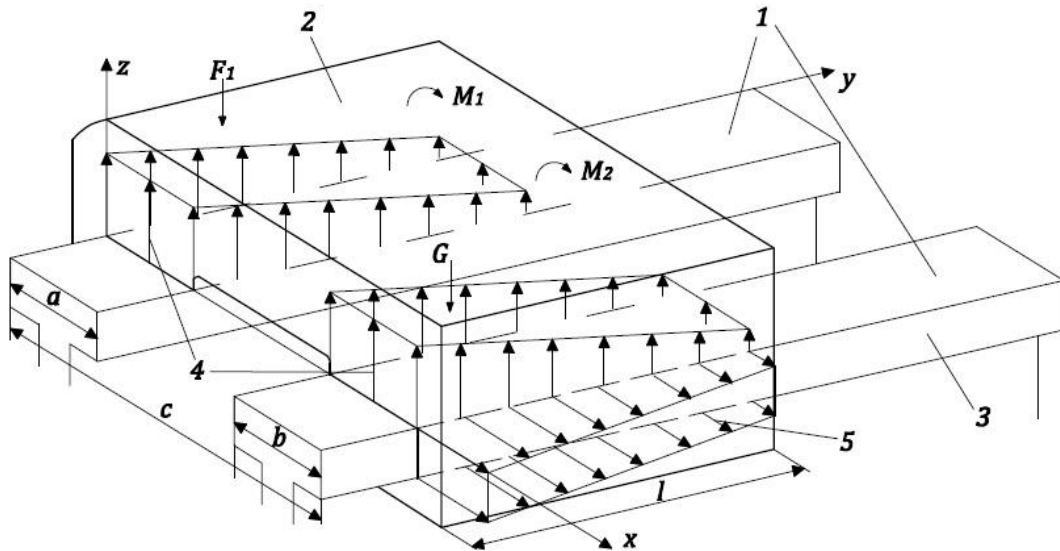


Рис.1 схема расчета направляющих прямолинейного движения

$$p = Ax + By + D \quad , \quad \dots \quad (1)$$

где p — давление; A, B, D — постоянные коэффициенты, характеризующие равномерность распределения давления по опорной поверхности; x, y — координаты направляющих салазок.

На рис.1 по длине направляющих l выделена область расположения салазок с указанием эпюры давления. Начало координат совмещено с одним из углов салазок. На схеме приведены необходимые для расчета размеры, сосредоточенная сила F , сила тяжести G , моменты M и другие.

Для решения уравнения (1) составим три уравнения статики.

Сумма проекций внешних сил $\sum F_z$ на ось Oz уравновешивается суммой распределенных реактивных сил, спроектированных на ту же ось:

$$\sum F_z = \iint_S (Ax + By + D) dx dy \quad \dots \quad (2)$$

Сумма моментов внешних сил $\sum M_x$ относительно оси Ox уравнивается моментом распределенных реактивных сил относительно той же оси:

$$\sum M_x = \iint_S (Ax + By + D)y \, dx \, dy \quad \dots \quad (3)$$

Сумма моментов внешних сил $\sum M_y$ относительно оси Oy уравнивается моментом распределенных реактивных сил относительно той же оси:

$$\sum M_y = \iint_S (Ax + By + D)x \, dx \, dy \quad \dots \quad (4)$$

Расставив пределы интегрирования в уравнениях (2)—(4), после решения и преобразования получим выражения для постоянных коэффициентов:

$$A = \frac{12d}{Ql} \left(-\frac{\sum F_z N}{2d} + \sum M_y \right) \quad \dots \quad (5)$$

$$B = \frac{12}{dl^2} \left(-\frac{\sum F_z}{2} + \frac{\sum M_x}{l} \right) \quad \dots \quad (6)$$

$$D = \frac{1}{l} \left[\frac{\sum F_z}{d} \left(4 + \frac{3N^2}{Q} \right) - \frac{6 \sum M_y}{dl} - \frac{6N \sum M_x}{Q} \right] \quad \dots \quad (7)$$

где: $d = a + b$; $N = a^2 - b^2 + 2bc$;

$$M = a^3 + b^3 + 3bc(c - b); \quad Q = 4M(a + b) - 3N^2.$$

Подставив коэффициенты A , B и D в уравнение (1), найдем формулы для определения давления в угловых точках опорной поверхности:

1) при $x=0, y=0$

$$p_1 = D = \frac{1}{l} \left[\frac{\sum F_z}{d} \left(4 + \frac{3N^2}{Q} \right) - \frac{6 \sum M_y}{dl} - \frac{6N \sum M_x}{Q} \right] \dots (8)$$

2) при $x=a, y=0$

$$p_2 = Aa + D = \frac{12dc}{Ql} \left(-\frac{N \sum F_z}{2d} + \sum M_y \right) + p_1 \dots (9)$$

3) при $x=0, y=l$

$$p_3 = Bl + D = \frac{12}{dl} \left(-\frac{\sum F_z}{2} + \frac{\sum M_x}{l} \right) + p_1 \dots (10)$$

4) при $x=a, y=l$

$$p_4 = p_3 + p_2 - p_1 \dots (11)$$

При малой ширине опорных поверхностей (узких направляющих), давление по ширине можно принять постоянным, и расчет упростится. Расчетная схема для этого случая показана на Рис.2.

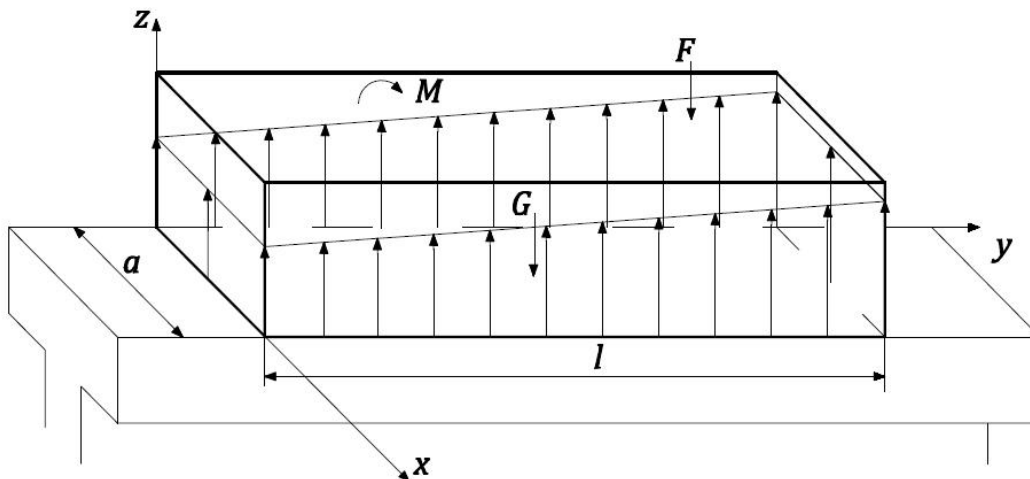


Рис.2 схема расчета узких прямолинейных направляющих

Учитывая также, что:

$$\sum M_y = \sum F_z \cdot \frac{a}{2},$$

$$x = c = a = \text{const}, \quad b = 0 .$$

И получаем:

$$d = a ; \quad N = a^2 ; \quad M = a^3 ; \quad Q = a^4 .$$

Подставив полученные данные в формулы (8)-(11), получим уравнения для расчета давления узких направляющих. Для левого конца направляющей ($y=0$):

$$p_0 = \frac{1}{l} \left(\frac{4 \sum F_z}{a} - \frac{6 \sum M_x}{al} \right) \quad \dots \quad (12)$$

Для правого конца направляющей ($y=l$):

$$p_l = \frac{1}{l} \left(-\frac{2 \sum F_z}{a} + \frac{6 \sum M_x}{al} \right) \quad \dots \quad (13)$$

На рис.3 показана результат расчет давления - эпюра давления направляющих.

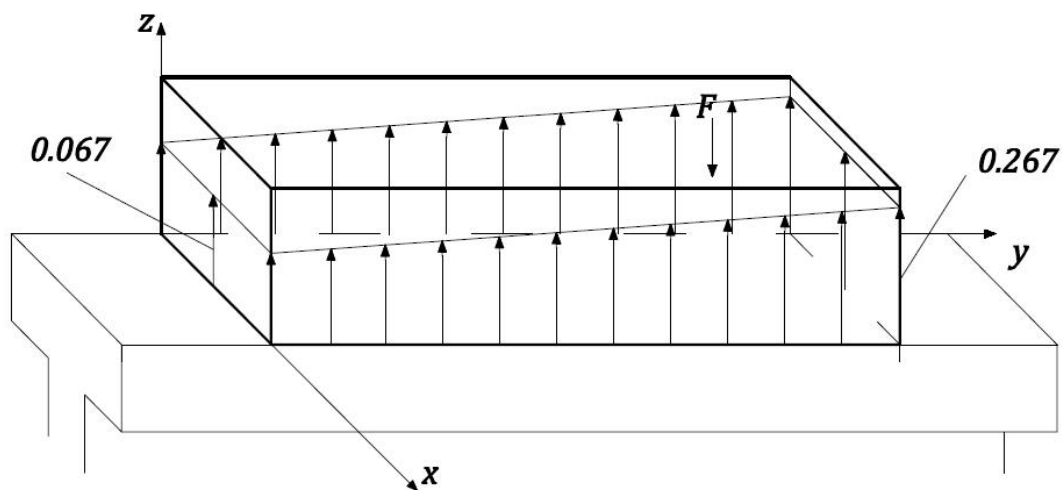


Рис.3 Эпюра давления узких прямолинейных направляющих

Полученные уравнения (12) и (13) позволяют также проверить правильность сделанных ранее выводов, т. к. они полностью совпадают с формулами внецентренного сжатия, удовлетворяющего

нашему условию.

Для оптимизации координат зоны резания можно оперировать следующими параметрами СП станков:

- 1). вектором сил резания $\sum F$;
- 2). координатами зоны резания (x,y,z);
- 3). размерами салазок;
- 4). величиной и координатами силы веса салазок.

Глава 3. Расчет давления направляющих станков по методике конечных элементов.

Метод конечных элементов (МКЭ) — численный метод решения задач прикладной механики. Метод широко используется для решения задач механики деформируемого твёрдого тела и т.д. ANSYS — универсальная программная система конечно-элементного (КЭ) анализа. По модели МКЭ ANSYS можно непосредственно получить эпюру давления рабочих граней направляющих с учетом собственно деформации салазок.

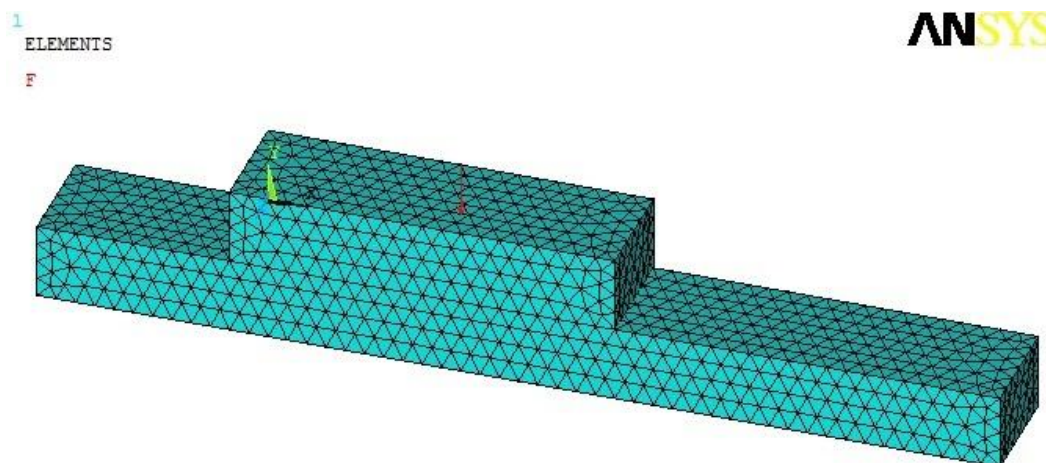


Рис.4 Схема расчета конечных элементов по ANSYS

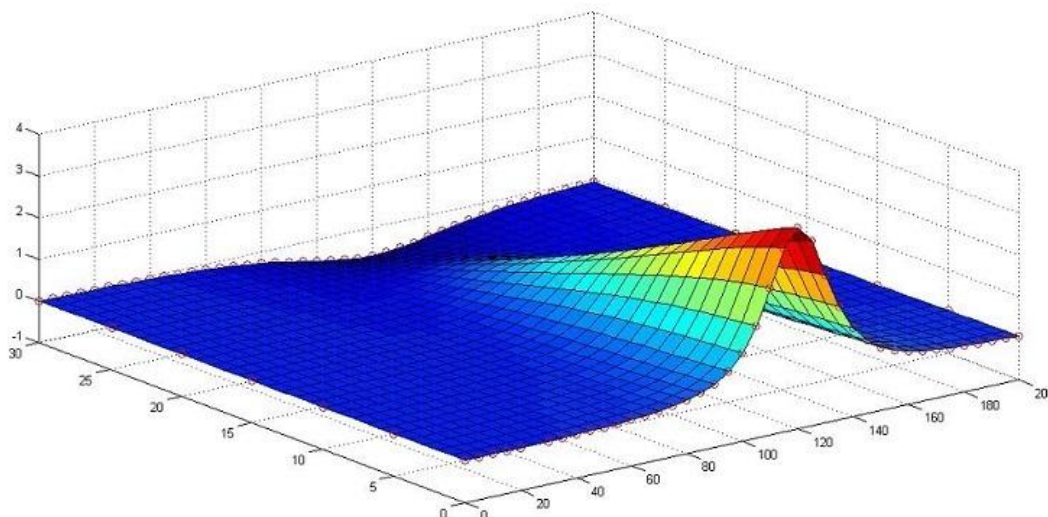


Рис.5 эпюра давления направляющих по МКЭ ANSYS

Вывод:

Изложенный расчет можно использовать для оптимизации координат зоны резания в станках с ЧПУ. И можно получить наибольшую точность системы позиционирования и точность обработки станков.

В разных точках рабочего пространства прикладывается вектор сил, находятся эпюры давлений с учетом изменения параметров СП, добиваемся выравнивания эпюры давлений, обеспечивающей наибольшую точность обработки станков.

Литературы:

1. В. М. Утенков, П. М. Чернянский, и другие. Проектирование автоматизированных станков и комплексов. Издательство МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2012.
2. П.М. Чернянский, Распопова Н.П. Расчет давления в сопряжениях деталей технологического оборудования. Стин.1999.№5.