

УДК 621

**МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ И КИНЕМАТИЧЕСКИХ СВЯЗЕЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ С ВЫСОКОТОЧНЫМИ КОНИЧЕСКИМИ ПОВЕРХНОСТЯМИ**

**Фильчук А.С., Воропай Е.В., Козерук А.С., Кузнецик В.О.**

*Белорусский национальный технический университет, Минск, Республика Беларусь*

Из анализа рассматриваемой схемы обработки конических поверхностей (рисунок 1) следует, что скорость скольжения  $v$  в произвольной точке  $M$  детали выражается векторным соотношением:

$$\vec{v} = \vec{v}_и - \vec{v}_п - \vec{v}_д - \vec{v}_в, \quad (1)$$

в правой части которого записаны векторы линейных скоростей вращательных движений инструмента 2  $\vec{v}_и$ , планшайбы 3  $\vec{v}_п$ , детали 1  $\vec{v}_д$  и возвратно-вращательное перемещение штанги 8  $\vec{v}_в$  выходного звена 7. В нашем случае эти скорости имеют вид:

$$\begin{cases} \vec{v}_и = \vec{\omega}_и \times \vec{r}_и, \vec{v}_п = \vec{\omega}_п \times \vec{r}_п \\ \vec{v}_д = \vec{\omega}_д \times \vec{r}_д, \vec{v}_в = \vec{\omega}_в \times \vec{l}_п \end{cases} \quad (2)$$

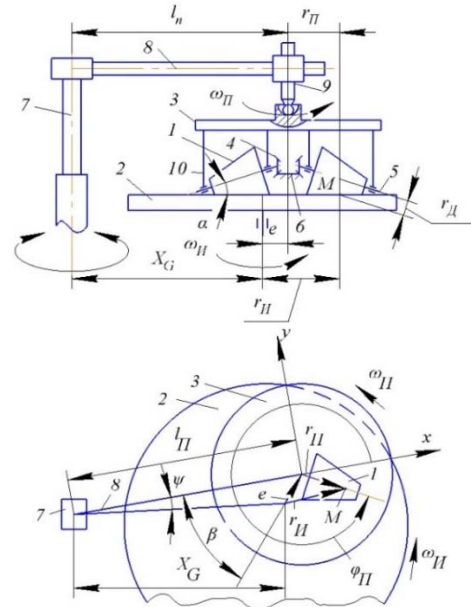
где  $\vec{\omega}_и, \vec{\omega}_п, \vec{\omega}_д, \vec{\omega}_в$  и  $\vec{r}_и = e + \vec{r}_п, \vec{r}_п, \vec{r}_д$  – векторы угловых скоростей инструмента, планшайбы, детали и радиус-векторы рассматриваемой точки  $M$  относительно их оси симметрии;  $l_п$  – расстояние между осями симметрии поводка 9 и выходного звена 7;  $e = \sqrt{l_п^2 + X_G^2 - 2X_G l_п \cos \psi}$  – текущее значение расстояния между осями инструмента и планшайбы;  $X_G$  – расстояние между осями вращения выходного звена 7 и инструмента 1;  $\psi$  – угол поворота штанги 8 от исходного положения;  $\psi'$  – угловая скорость возвратно-вращательного движения штанги 8;  $\psi$  – угол поворота штанги 8 от исходного положения (рисунок 1).

Закон изменения  $\psi'$  определяется типом исполнительного механизма. В рассматриваемом устройстве в качестве последнего применяется четырехзвенник. Для него  $\psi' = \omega_2 i_{42}$ . [1]

Используя проекции векторов, входящих в уравнения (2), которые представленные выше, на оси системы координат  $XYZ$ , начало которой находится на центральной оси планшайбы 3, а ось  $X$  совпадает с осевой линией штанги 8 и выполнив соответствующие преобразования, проекции скорости скольжения  $v$  на оси системы координат  $XYZ$  согласно соотношению (2) запишем в виде:

$$\begin{aligned} v_x &= -\omega_и(r_и \sin \varphi_п + e \sin \beta) + (\omega_п r_п + \omega_д r_д) \sin \varphi_п, \\ v_y &= \omega_и(r_и \sin \varphi_п + e \cos \beta) - (\omega_п r_п + \omega_д r_д) \sin \varphi_п - \\ &\quad \psi l_п, \\ v_z &= 0, \end{aligned}$$

где  $\varphi_п$  – угол поворота планшайбы 3 относительно оси  $X$ ;  $\beta = \arccos \frac{l_п^2 + e^2 - X_G^2}{2l_п e}$  – угол между осевой линией штанги 8 и прямой, проходящей через ось симметрии инструмента 2 и планшайбы 3.



1 – деталь; 2 – инструмент; 3 – планшайба; 4, 6 – шестерни; 5 – центра; 7 – выходное звено; 8 – штанга; 9 – поводок; 10 – дополнительные устройства

Рисунок 1 – Размерная цепь рабочей зоны устройства

Используя последние уравнения, по формуле:

$$v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2 + v_z^2}$$

можно определить модуль скорости скольжения в любой точке обрабатываемой конической поверхности.

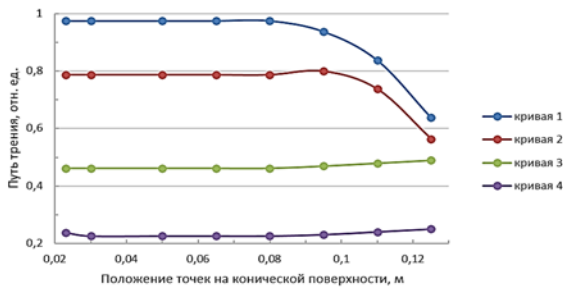
Зная скорость скольжения в любой точке обрабатываемой конической поверхности по формуле (3) рассчитывается путь трения, по которому определяется интенсивность процесса формообразования.

$$L = v * t_{\text{обработки}} \quad (3)$$

Учитывая изложенную выше математическую модель, был проведен расчет распределения путей трения  $L$  по образующей конуса для различных геометрических и кинематических наладочных параметров разработанного устройства. Принимались следующие размеры конической детали: высота конуса – 125 мм, минимальный диаметр – 20 мм, максимальный диаметр – 50 мм. Диаметр инструмента составлял 350 мм.

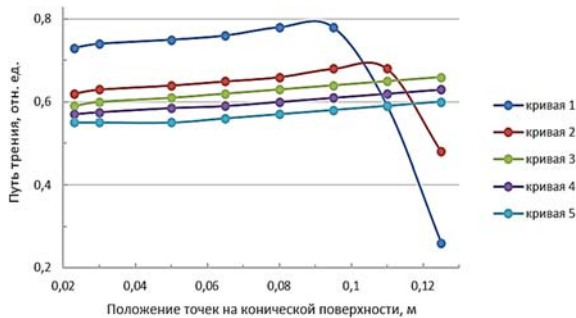
На рисунке 2 представлены закономерности распределения путей трения для различной величины размаха  $L$ . Из рисунка видно, что при  $L = 190$  мм (кривая 1) наблюдается отставание

съема припуска при вершине конуса, в результате чего в этом месте детали появляется приподнятость образующей. При размахе 160 мм (кривая 2) размер зоны с отклонением  $L_{отн}$  от равномерного распределения, и величина этого отклонения примерно такая же, а в случае  $L = 100$  мм (кривая 3) скорость скольжения принимает практически одинаковые значения по всей длине образующей конуса. Однако, если  $L$  принять равным 40 мм (кривая 4), то равномерность распределения скорости скольжения ухудшается.



1 –  $L = 190$  мм, 2 –  $L = 160$  мм, 3 –  $L = 100$  мм,  
4 –  $L = 40$  мм при  $\omega_2 = 2,1 \text{ с}^{-1}$ ,  $\omega_n = 1,04 \text{ с}^{-1}$  и  $l = 0$  мм

Рисунок 2 – Значения путей трения  $L$  в разных точках поверхности



1 –  $l = 50$  мм, 2 –  $l = 30$  мм, 3 –  $l = 20$  мм, 4 –  $l = 10$  мм,  
5 –  $l = 0$  мм при  $\omega_2 = 2,1 \text{ с}^{-1}$ ,  $\omega_n = 1,04 \text{ с}^{-1}$  и  $L = 100$  мм

Рисунок 3 – Значения путей трения  $L$  в разных точках  $h$  поверхности

Распределение пути трения в зависимости от величины  $l$  смещения траектории возвратно-вращательного перемещения оси симметрии верхнего звена относительно центра инструмента

УДК 535-31

## АНАЛИЗ ФУНКЦИЙ МИНИМИЗАЦИИ ИНВЕРСНОГО МЕТОДА МОНТЕ-КАРЛО ПРИ ОПТИЧЕСКОЙ БИОМЕТРИИ ТКАНЕЙ ЭЛЛИпсоИДАЛЬНЫМИ РЕФЛЕКТОРАМИ

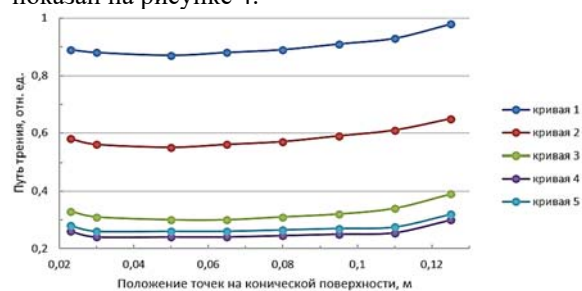
Чавченко К.Б.

Национальный технический университет Украины Киевский политехнический институт имени Игоря Сикорского», Киев, Украина

Фотометрия эллипсоидальными рефлекторами является методом биофотоники, позволяющая идентифицировать состояние исследуемых биологических тканей путем определения их оптических свойств. К таким свойствам принято от-

приведено на рисунке 3. Полученные данные показывают, что при  $l = 50$  мм (кривая 1) имеет место сильное замедление съема припуска в зоне небольшой ширины у вершины конуса. Размер этой зоны и величина отклонения  $L$  от равномерного распределения уменьшаются с назначением смещения 30 мм (кривая 2). Если принять  $l = 20$  мм (кривая 3), то наблюдается практически одинаковое значение  $L$  во всех точках обрабатываемой поверхности. Дальнейшее уменьшение  $l$  до 10 (кривая 4) и 0 мм (кривая 5) еще в большей степени способствует выравниванию скорости скольжения.

Характер распределения путей трения для различной частоты вращения инструмента  $\omega_n$  показан на рисунке 4.



1 –  $\omega_n = 3,1 \text{ с}^{-1}$ , 2 –  $\omega_n = 2,6 \text{ с}^{-1}$ , 3 –  $\omega_n = 2,1 \text{ с}^{-1}$ ,  
4 –  $\omega_n = 1,6 \text{ с}^{-1}$ , 5 –  $\omega_n = 1,04 \text{ с}^{-1}$   
при  $\omega_2 = 2,1 \text{ с}^{-1}$ ,  $L = 100$  мм,  $l = 0$  мм

Рисунок 4 – Значения путей трения  $L$  в разных точках  $h$  конической поверхности

Видно, что изменение  $\omega_n$  при оптимальных  $L$  и  $l$  существенно влияет на абсолютное значение путей трения и в значительно меньшей степени на ее распределение вдоль образующей конуса. Это значит, что частоту вращения инструмента следует назначить исходя из стадии обработки.

## Литература

1. Козерук А.С., Филонов И.П., Климович Ф.Ф. Управление формообразованием прецизионных деталей машин и приборов. Учебное пособие в 4-х частях. Часть 1. Математическое моделирование формообразования прецизионных поверхностей. – Минск : БГПА, 1996. – 146 с.