

УДК 621.914.1

**ПОГРЕШНОСТЬ КИНЕМАТИЧЕСКОГО ЗАДНЕГО УГЛА ПРИ ЗАМЕНЕ ТРОХОИДАЛЬНОЙ ТРАЕКТОРИИ ОКРУЖНОСТЯМИ**

Алексей Андреевич Чернобров

*Магистрант 2 года,  
кафедра «Инструментальная техника и технологии»  
Московский государственный университет им. Н.Э. Баумана**Научный руководитель: Д.В. Виноградов,  
кандидат технических наук,  
доцент кафедры «Инструментальная техника и технологии»*

Задний угол при резании является одним из главных параметров. Его уменьшение ведет к усилению трения по задней поверхности, ухудшению шероховатости обработанной поверхности, снижению износостойкости. Поэтому учет изменения заднего угла при моделировании процесса резания является актуальной задачей. Особенно это важно при фрезеровании, что связано присущим фрезерованию периодическому изменению кинематического заднего угла при движении зуба фрезы. К сожалению, в известной автору литературе рассматриваются другие вопросы, связанные с трохойдальной формой траектории движения зуба фрезы (например, в [1, 2]), а указанная проблема – нет.

Для исследования изменения кинематического заднего угла воспользуемся схемой, представленной на рис.1 и параметрическими уравнениями для траектории движения зуба по трохойде  $\begin{cases} x_{\text{тр}} = R \sin \varphi + S_0 \varphi / 2\pi \\ y_{\text{тр}} = R \cos \varphi \end{cases}$  и по окружности  $\begin{cases} x_{\text{окр}} = R \sin \varphi \\ y_{\text{окр}} = R \cos \varphi \end{cases}$ , где  $R$  – радиус фрезы,  $S_0$  – подача на оборот фрезы,  $\varphi$  – угол поворота зуба фрезы,  $x_{\text{тр}}$ ,  $y_{\text{тр}}$  и  $x_{\text{окр}}$ ,  $y_{\text{окр}}$  – координаты зуба фрезы при описании его траектории трохойдой и окружностью соответственно.

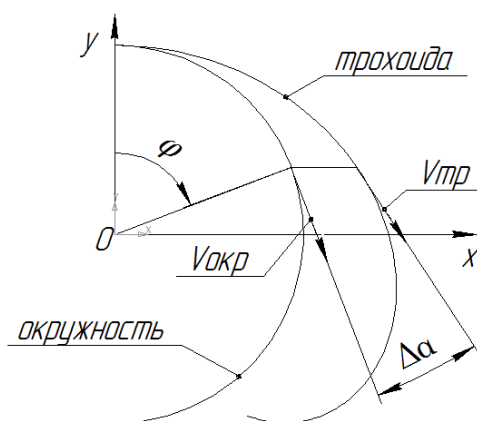


Рис. 1. Расчетная схема определения изменения заднего угла при замене трохойды окружностью

Продифференцировав эти уравнения по  $\varphi$  получим проекции векторов скорости на оси  $x$  и  $y$  в зависимости от угла поворота зуба фрезы. Для трохойды и для окружности:

$$\begin{cases} V_{x \text{ тр}} = x'_{\text{тр}} = R \cos \varphi + S_0 / 2\pi \\ V_{y \text{ тр}} = y'_{\text{тр}} = -R \sin \varphi \end{cases} \quad \text{и} \quad \begin{cases} V_{x \text{ окр}} = x'_{\text{окр}} = R \cos \varphi \\ V_{y \text{ окр}} = y'_{\text{окр}} = -R \sin \varphi \end{cases}$$

где  $V_{x \text{ тр}}$ ,  $V_{y \text{ тр}}$ ,  $V_{x \text{ окр}}$ ,  $V_{y \text{ окр}}$  – проекции скорости резания на оси  $x$  и  $y$ .

Угол  $\Delta\alpha$  между векторами  $V_{\text{тр}}$  и  $V_{\text{окр}}$  является погрешностью кинематического заднего угла при замене трохоидальной траектории окружностями. Его можно вычислить по формуле, полученной из скалярного произведения векторов [3]:

$$\Delta\alpha = \arccos \left( \frac{x'_{\text{тр}}x'_{\text{окр}} + y'_{\text{тр}}y'_{\text{окр}}}{\sqrt{x'^2_{\text{тр}} + y'^2_{\text{тр}}} \cdot \sqrt{x'^2_{\text{окр}} + y'^2_{\text{окр}}}} \right)$$

По этой формуле были выполнены расчеты для различных подач и диаметров фрез. Данные для расчета были выбраны по каталогу современных фрез Sandvik из серии CoroMill Plura. Для фрезы диаметром 10 мм и подачи 0,1 мм на оборот график  $\Delta\alpha(\varphi)$  выглядит следующим образом:

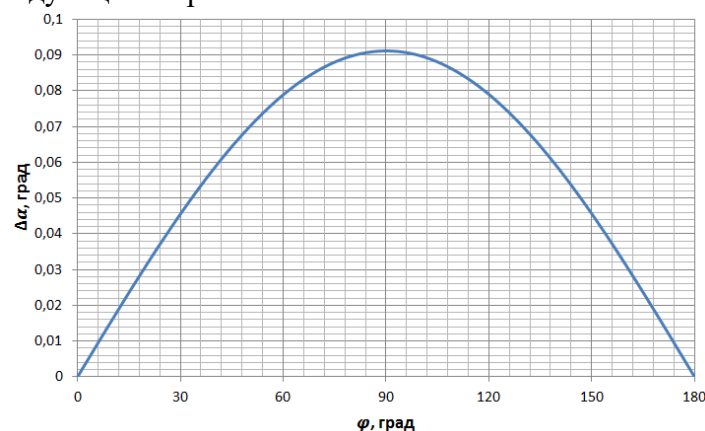


Рис. 2. Зависимость погрешности заднего угла  $\Delta\alpha$  от угла поворота зуба фрезы  $\varphi$

Максимальная погрешность заднего угла наблюдается при угле поворота зуба  $90^\circ$  для выбранных параметров составляет примерно  $0,09^\circ$ . Увеличение радиуса фрезы приводит к уменьшению погрешности, а увеличение подачи на оборот – к увеличению. Наибольшая погрешность возникает при малых диаметрах фрезы, работающей на большой подаче.

Итак, погрешность замены трохоидальной траектории движения зуба фрезы окружностью не вызывает больших изменений величины кинематического заднего фрезы. Однако при фрезеровании с большими подачами (высокопроизводительной обработке) эта погрешность может быть существенной.

## Литература

1. Потапова М.С., Виноградов Д.В. Компьютерное моделирование рельефа поверхности, обработанной фрезой с криволинейной режущей кромкой // Наука и образование: научное издание МГТУ имени Н.Э.Баумана. 2015. № 6. С.42-55. DOI:10.7463/0615.0778064
2. Тихонова А.А., Виноградов Д.В. Геометрическая шероховатость при попутном и встречном фрезеровании // Известия высших учебных заведений. Сер. Машиностроение. 2011. №11. С.68-71.
3. Бронштейн И.Н., Семендяев К.А. Справочник по математике для инженеров и учащихся втузов. – М.: Наука. ГРФ-МЛ, 1986. 544 с.