

УДК 531.8:622.23.05

А. В. ЛОКТИОНОВ

*Витебский государственный технологический университет, Витебск, Беларусь***КИНЕМАТИКА РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА
ИСПОЛНИТЕЛЬНОГО МЕХАНИЗМА**

Предложен аналитический метод расчета задних углов резца в движении. Получены соотношения между их значениями в различных плоскостях с учетом угла установки резца на режущей головке исполнительного механизма. Установлено, что кинематические углы представляют те же углы движения, рассчитанные для боковой и задней грани резца.

Ключевые слова: режущий инструмент, исполнительный механизм, угол движения, задний угол.

Расчет задних углов в процессе резания, выражающих реальную величину зазора между задней поверхностью инструмента и поверхностью резания, непосредственно связан с изучением перемещения инструмента и обрабатываемого объекта, основанном на понятиях о простом и составном движениях. Задний угол движения α_d измеряется между вектором относительной скорости резания и касательной к траектории сложного пространственного движения инструмента в заданной точке [1].

Определим α_d резца исполнительного механизма [2–5], участвующего в двух поступательных переносных движениях, раскладывая движение подачи на две составляющие: продольное (вдоль оси исполнительного механизма) и поперечное перемещения. При поперечной подаче механизма происходит основное разрушение массива. Резец движется по траектории, представляющей собой удлиненную сферическую циклоиду. С целью упрощения расчетов рассматривается ее проекция на плоскость xOy (рисунок 1).

Поперечное перемещение исполнительного механизма соответствует кинематической схеме резания при фрезеровании, когда главное вращательное и вспомогательное поступательное движения происходят в одной плоскости, совпадающей с плоскостью вращения. Все точки фрезы могут перемещаться при этом по удлиненной циклоиде (трохоиде) [6].

Для резца исполнительного механизма угол движения при поперечной подаче измеряется между касательной I–I к траектории движения точки M режущей кромки резца и касательной II–II к траектории относительного движения, которая представляет собой окружность [7]. Угол α_d между касательными равен углу между соответствующими им нормальными O_1M и OM , положение которых определяется углами β и φ .

Следовательно,

$$\alpha_d = \varphi - \beta.$$

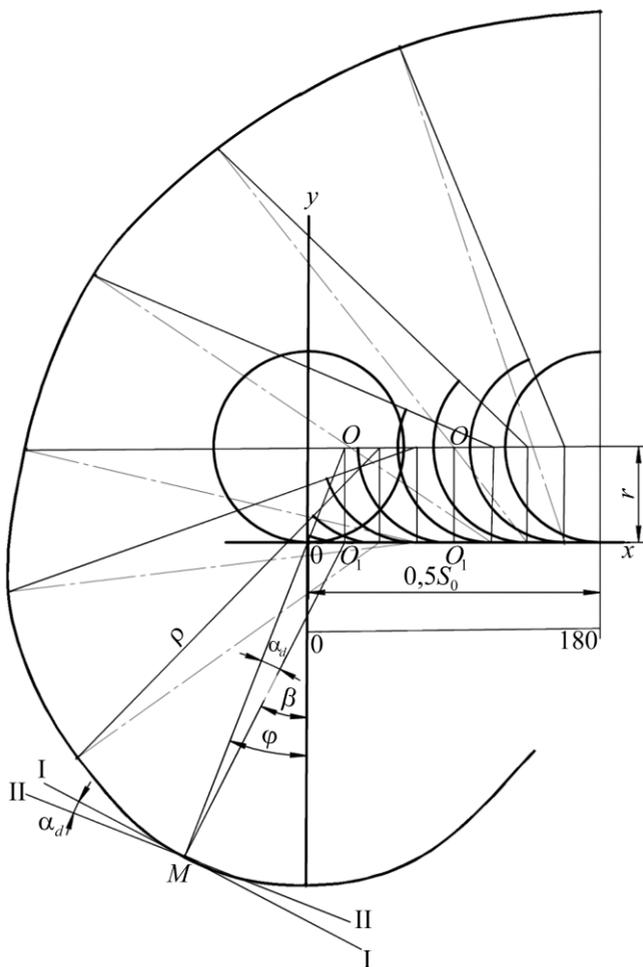


Рисунок 1 – Схема для определения задних углов резца в движении

Угол β определяется по величине направляющего косинуса из известной зависимости

$$\cos \beta = \frac{dx/d\varphi}{\sqrt{(dx/d\varphi)^2 + (dy/d\varphi)^2}}, \quad (1)$$

где $x = r\varphi - \rho \sin\varphi$, $y = r - \rho \cos\varphi$ – параметрические уравнения удлинённой циклоиды; x и y – текущие координаты; r – радиус производящего круга; φ – угол качения; ρ – расстояние от центра производящего круга до периферийной точки M режущей кромки резца.

Так как производящий круг радиуса r катится по оси Ox без скольжения, то за один оборот он проходит путь, равный подаче S_0 за один оборот режущей головки исполнительного механизма. Следовательно,

$$2\pi r = S_0 = \frac{v}{n},$$

где v – скорость поперечной подачи, м/мин; n – частота вращения режущей головки, мин⁻¹.

Учитывая, что

$$\frac{dx}{d\varphi} = r - \rho \cos \varphi, \quad \frac{dy}{d\varphi} = \rho \sin \varphi$$

равенство (1) можно записать в виде

$$\beta = \arccos \frac{r - \rho \cos \varphi}{\sqrt{r^2 - 2r\rho \cos \varphi + \rho^2}}. \quad (2)$$

При изменении угла φ от 0° до 90° и $v = 10$ м/мин, $n = 53$ мин⁻¹, диаметре головки по резцам $D = 396$ мм ($\rho = D/2$) [2] и $r = 30,07$ мм значение α_d изменяется от $0,2^\circ$ до $8,44^\circ$.

Для расчета углов движения α_d резца с учетом угла его установки β на режущей головке исполнительного механизма необходимо знать соотношения между величинами задних углов, измеряемых в различных плоскостях. Установлено (рисунок 2), что при поперечной подаче ($\beta_1 \approx 0$)

$$\operatorname{tg} \alpha_N = \operatorname{tg} \alpha_x \cos \beta, \quad \operatorname{tg} \alpha_{N_1} = \operatorname{tg} \alpha_{x_1} \cos \beta, \quad (3)$$

где α_N и α_{N_1} – искомые углы движения по задней и боковым граням резца; β – угол установки резца; α_x и α_{x_1} определяются по исходной формуле через разность $\varphi - \beta$.

Расчет по зависимостям (3) показывает, что при принятых выше расчетных данных и изменении угла β от 0° до 80 – 85° задний угол α_{N_1} по боковой грани возрастает до $8,3^\circ$, а α_N по задней грани уменьшается до $1,4^\circ$.

При продольной подаче, вдоль оси исполнительного механизма, каждая точка режущей кромки резца движется по винтовой линии с шагом, равным осевой подаче S'_0 режущей головки за один оборот. В этом случае угол движения α'_d равен углу подъема винтовой линии и определяется из равенства

$$\alpha'_d = \operatorname{arctg} \left(\frac{S'_0}{\pi D} \right). \quad (4)$$

Как и при поперечной подаче, следует учитывать угол гарантированного зазора и воспользоваться аналогичной расчетной схемой для определения соотношений между величинами задних углов, измеряемых в различных плоскостях, при продольной подаче резца.

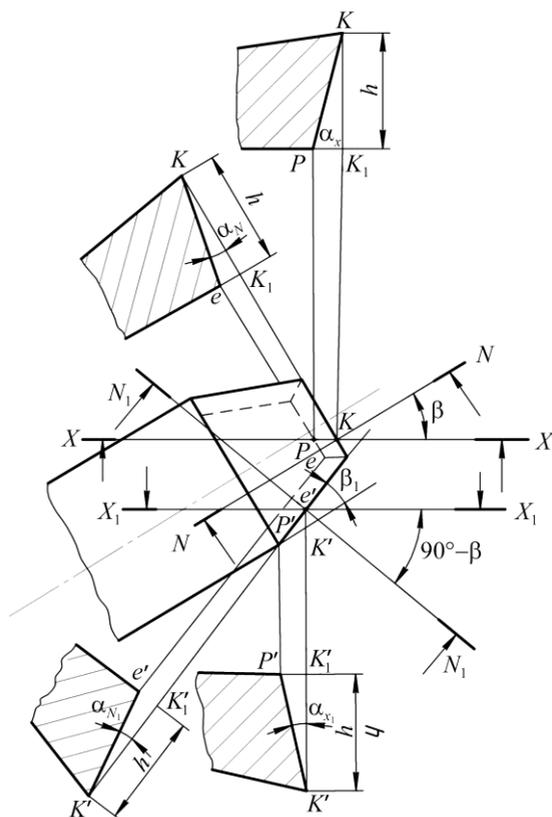


Рисунок 2 – Схема для расчета задних углов при поперечной подаче реза

Установлено (рисунок 3), что при продольной подаче ($\beta_1 \approx 0$)

$$\operatorname{tg} \alpha_N = \operatorname{tg} \alpha_y \sin \beta, \quad \operatorname{tg} \alpha_{N_1} = \operatorname{tg} \alpha_{y_1} \cos \beta, \quad (5)$$

где α_y и α_{y_1} определяются по формуле (4). При этом, наоборот, с увеличением угла β задний угол по боковой грани уменьшается, а по задней грани возрастает.

При продольной подаче режущих головок со скоростью v_n до 2,5 м/мин ($n = 53$ об/мин, $D = 0,5$ м) угол движения α'_d не превышает $1^\circ 40'$. Геометрические углы α_N радиальных резцов по задней грани равны $8-15^\circ$. Это значительно больше их расчетных значений. Поэтому расчет по формуле (5) необходим только при больших скоростях продольной подачи исполнительного механизма.

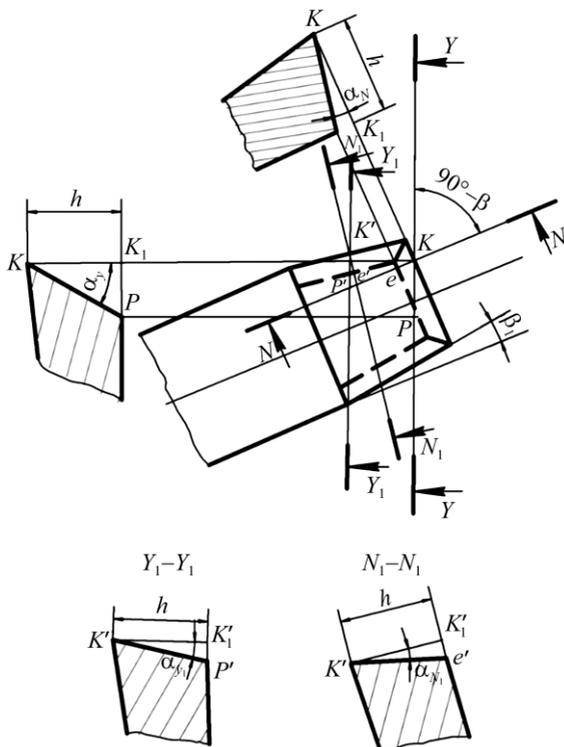


Рисунок 3 – Схема для расчета задних углов при продольной подаче резца

При продольной подаче исполнительного механизма формулы для расчета кинематических углов φ и τ , приведенные в работе [8], имеют вид

$$\operatorname{tg} \tau = \frac{v_{\text{п}}}{r\omega_2} \sin \beta, \quad \operatorname{tg} \varphi = \frac{v_{\text{п}}}{r\omega_2} \cos \beta,$$

и соответствуют формулам (5). Выражение $\frac{v_{\text{п}}}{r\omega_2}$ представляет формулу (4)

для расчета угла движения α'_d при продольной подаче исполнительного ме-

ханизма, т. е. $\frac{v_{\text{п}}}{r\omega_2} = \frac{S'_0}{\pi D} = \operatorname{tg} \alpha'_d$. Поэтому кинематические углы φ и τ пред-

ставляют те же углы движения α_d и α'_d , рассчитанные для боковой и задней граней резца.

Выводы. Предложен аналитический метод расчета задних углов резца в движении. Получены соотношения между его значениями в различных плоскостях с учетом угла установки резца на режущей головке исполнитель-

ного механизма. Установлено, что кинематические углы представляют те же углы движения, рассчитанные для боковой и задней грани резца. Изложенная кинематика режущего инструмента исполнительного механизма может быть использована при разработке методологии расчета кинематических углов резцов в процессе резания и ориентации режущего инструмента относительно траектории его движения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 **Грановский, Г. И.** Кинематика резания / Г. И. Грановский. – М. : Машгиз, 1947. – 200 с.

2 **Локтионов, А. В.** Теория расчета кинематических параметров режущего инструмента пространственных исполнительных механизмов / А. В. Локтионов // Механика. Исследования и инновации. – 2016. – Вып. 9. – С. 85–91.

3 Research on Cutting Patterns for Cutting Head of Longitudinal Axial Roadheader / X. Yuan [et al.] // Proceedings of the 2016 6th International Conference on Advanced Design and Manufacturing Engineering (ICADME 2016). – Atlantis Press, 2017. – P. 39–44.

4 **Evans, I.** A theory of the cutting force for point-attack picks / I. Evans // International Journal of Mining Engineering. – 1984. – Vol. 2, Is. 1. – P. 63–71.

5 **Локтионов, А. В.** Результаты испытаний проходческого комбайна с продольно-осевыми режущими головками / А. В. Локтионов, Б. И. Яцков, В. Б. Богданов // Метро. – 1996. – № 4–5. – С. 34–36.

6 **Корн, Г.** Справочник по математике для научных работников и инженеров / Г. Корн, Т. Корн. – М. : Наука, 1973. – 832 с.

7 **Локтионов, А. В.** Расчет задних углов резца исполнительного механизма / А. В. Локтионов, С. В. Рубик // Материалы докладов 52-й Международной научно-технической конференции преподавателей и студентов : в 2 т. – Витебск : ВГТУ, 2019. – Т. 1. – С. 346–349.

8 **Локтионов, А. В.** Расчет кинематических параметров при сферическом движении исполнительного механизма / А. В. Локтионов // Теоретическая и прикладная механика. – 2016. – № 31. – С. 323–329.

A. V. LOKTIONOV

Vitebsk State Technological University, Vitebsk, Belarus

THE KINEMATICS OF THE ACTUATING MECHANISM CUTTING TOOL

An analytical method for calculating the back angles of the cutter in motion is proposed. There are obtained the relations between its values in different planes taking into account the angle of the cutter installation on the actuator cutting head. It is found that the kinematic angles represent the same motion angles calculated for the lateral and posterior cutter edges.

Получено 02.01.2019