

УДК 622.002.5:517:531.112
К ТЕОРИИ АНАЛИТИЧЕСКОГО РАСЧЁТА КИНЕМАТИЧЕСКИХ
ПАРАМЕТРОВ РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА ИСПОЛНИТЕЛЬНОГО
МЕХАНИЗМА

А. В. ЛОКТИОНОВ

Учреждение образования
«ВИТЕБСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ»
Витебск, Беларусь

В процессе резания расчет задних углов, выражающих реальную величину зазора между поверхностью инструмента и поверхностью резания, непосредственно связан с изучением перемещения инструмента и обрабатываемого объекта. Задний угол движения α_d измеряется между вектором относительной скорости резания и касательной к траектории сложного пространственного движения инструмента в заданной точке.

На чертежах резцов указываются геометрические параметры, полученные при заточке. При работе механизма приходится изменять положение режущего лезвия относительно обрабатываемого массива, а в зависимости от положения вершины резца изменяются направления вектора скорости и геометрические параметры резцов в состоянии движения, которыми определяется процесс резания и износ инструментов.

Для использования закономерностей движения резцов при разработке исполнительных механизмов определяются следующие расчетные зависимости: скорость движения инструмента, его ориентация относительно траектории движения и вытекающие из требований кинематики углы заточки (или установки) инструмента. При обработке массива кинематические углы резцов не должны превышать их геометрические значения. Иначе массив разрушается боковыми и задними гранями резцов, увеличиваются расход режущего инструмента, усилия и мощность резания, что является одной из причин малоэффективной работы машин.

Аналитическому расчету кинематических параметров резцовых исполнительных механизмов посвящены исследования, изложенные, например, в работах В. Г. Унгефуга и Е. К. Губенкова.

В работе В. Г. Унгефуга получены общие параметрические уравнения движения резца в пространственной системе координат и найдена скорость его движения. Кинематические углы Ψ_1 и Ψ_2 вектора абсолютной скорости движения инструмента определяются как линейные углы, образуемые вектором \vec{v} абсолютной скорости и его проекцией на плоскость вращения инструмента (угол Ψ_1) и на плоскость, нормальную к радиусу вращения инструмента (угол Ψ_2). В работе даны рекомендации по проектированию режущего инструмента, предложена конструкция резца, углы заточки которого обеспечивают рациональные условия резания с учетом Ψ_1 и Ψ_2 . Аналитические выражения для определения углов Ψ_1 и Ψ_2 имеют вид

$$\sin \psi_1 = -\sin \gamma (\lambda \cos \xi + \cos i \varphi) / \Pi^{\frac{1}{2}}, \quad \sin \psi_2 = \lambda (\sin i \varphi \cdot \cos \xi \cdot \cos \gamma + \cos i \varphi \cdot \sin \xi) / \Pi^{\frac{1}{2}},$$

где γ, ξ – углы установки диска в пространстве, характеризующие положение плоскости относительно вращения резцов диска; $\varphi = \omega_b t$ – угол поворота исполнительного механизма (води́ла); $\lambda = R/r$ – отношение радиусов води́ла и диска; $i = \omega_d / \omega_b$ – отношение угловых скоростей диска и води́ла; Π –

планетарная функция основных параметров, определяемая в зависимости от основных параметров планетарного диска $\gamma, \xi, \lambda, r, i, \varphi$ из выражения
$$P = \lambda^2 + 2[\cos i\varphi(1 + i \cos \gamma) \cos \xi - \sin i\varphi(i + \cos \gamma)] + (i + \cos \gamma)^2 + \cos^2 i\varphi \sin \gamma$$

В работе Е. К. Губенкова исследование основных закономерностей движения режущего инструмента переносится в область планетарных исполнительных органов с иным расположением осей. Автором выполнен расчет необходимых по условиям кинематики углов заточки инструмента. Для исключения внедрения задней и боковой граней в разрушаемый массив определяются угол движения α_d , угол наклона ξ и угол поворота Ψ инструмента. Угол α_d определяется как угол между плоскостями. Расчетные формулы с помощью аналитической геометрии получить достаточно сложно, так как требуется пространственное изображение расчетной схемы исполнительного органа.

Разработанные на основе аналитической геометрии указанные выше расчетные зависимости и пространственные схемы громоздки и трудоемки для составления применительно к сложному движению разрушающего исполнительного механизма. Математическое описание перемещающихся плоскостей и определение угла между ними значительно усложняют расчетную схему и кинематический расчет в целом. Кинематические углы в процессе резания не соответствуют геометрическим углам режущего инструмента. Для сравнения геометрии резца с его кинематическими углами необходим дополнительный перерасчет полученных зависимостей. Для того, чтобы геометрические углы резцов соответствовали кинематическим углам Ψ_1 и Ψ_2 , необходимо знать углы φ и τ .

Углы φ и τ являются кинематическими углами резца в процессе резания. Чтобы оценить эффективность резцов, а, следовательно, и исполнительного механизма достаточно знать отдельные составляющие вектора абсолютной скорости, которые устанавливают необходимые углы их заточки. Для определения угла φ необходимо знать V_z и V_y , а для определения угла τ – V_x и V_y . Кинематический угол ξ для передней грани находится по формуле $\operatorname{tg} \frac{\xi}{2} = V_z / V_x$. Ось X направлена вдоль оси резца, ось Y – перпендикулярно оси X в плоскости симметрии резца, ось Z – перпендикулярно плоскости симметрии резца.

Большая компактность записи достигается при решении задач матричным методом. Разработка матричных уравнений расчета кинематических параметров пространственных исполнительных механизмов представляет определенный научный и практический интерес. Исходные конструктивные параметры должны быть едины для исполнительных механизмов любой конфигурации: выполненных в виде конуса, сферы, цилиндра, овального корпуса, диска.

Анализ аналитических методов расчёта кинематических параметров режущего инструмента исполнительных механизмов позволил предложить аналитические зависимости для расчёта кинематических углов резцов в процессе резания и рекомендовать матричный метод расчёта кинематических параметров исполнительных механизмов при определении проекций абсолютной скорости точки M (резца) на подвижные и неподвижные оси координат.