

УДК 621.9

**Н.С. Равська, д.т.н., проф.****О.А. Охріменко, к.т.н., доц.***Національний технічний університет України «КПІ»*

## **ВИЗНАЧЕННЯ ШВИДКОСТІ РІЗАННЯ ПРИ РІЗНИХ КІНЕМАТИЧНИХ СХЕМАХ ОБРОБКИ**

*У роботі розглядаються способи визначення швидкості результуючої швидкості різання при різних схемах обробки.*

**Вступ.** При аналізі завантаження різальної частини інструмента та визначення її геометрії, розглядається швидкість результуючого руху різання. Головний рух різання згідно з ДСТУ 25762–93 – це прямолінійно-поступальний рух або рух обертання заготовки чи різального інструмента, що має найбільшу швидкість в процесі різання.

Результуючий рух різання це сумарний рух різального інструмента відносно заготовки, що включає головний рух різання, рух подачі [3]. Часто при оцінці завантаження різальної частини розглядають та аналізують швидкість головного руху різання. Це пояснюється тим, що швидкість руху подачі суттєво менша швидкості головного руху різання і вплив її на швидкість результуючого руху незначна.

Проте слід зазначити, що ДСТУ 25762 – 93 не враховує те, що кінематичні схеми різання можуть включати декілька обертових та прямолінійно-поступальних рухів зі значними швидкостями, що приводять до невизначеності окремих рухів інструмента і є недоліком цього стандарту.

**Актуальність проблеми.** Розглядаються проблеми визначення відносного руху інструмента і заготовки, коли рух інструмента відносно заготовки складається з результуючих елементарних рухів. Актуальність вирішення цієї проблеми значно зростає з розвитком автоматизованого виробництва.

### **Основна частина.**

#### **Визначення сукупності рухів інструмента відносно заготовки.**

Той чи інший вид обробки різанням характеризується головними рухами інструмента і заготовки.

В таблиці 1 наведені основні варіанти рухів інструмента відносно заготовки для різних процесів обробки різанням.

Так при прямолінійно-поступальному русі всі точки інструмента мають однакові значення і напрямки швидкості різання  $V$ . Напрямок швидкості  $V$  називають віссю прямолінійно-поступального руху.

Прямолінійно-поступальний рух визначається рухом однієї точки інструмента, що рухається.

Обертаний рух тіла навколо заданої осі  $O$  характеризується вектором кутової швидкості  $\omega$ , що іде по осі обертання. Швидкість точки  $A$  тіла, що обертається навколо осі визначається, як векторний добуток вектора кутової швидкості  $\omega$  та радіуса  $r$  точки  $A$ , що розглядається, тобто радіус-вектор, що з'єднує точку  $A$  з віссю обертання  $O$ :

$$\vec{V} = \vec{\omega} \times \vec{r} = \begin{vmatrix} \vec{i} & \vec{j} & \vec{k} \\ \omega_X & \omega_Y & \omega_Z \\ X & Y & Z \end{vmatrix}, \quad (1)$$

де  $\omega_X, \omega_Y, \omega_Z$  – проєкції вектора кутової швидкості на відповідні осі координат;  $X, Y, Z$  – координати точки  $A$ , що розглядається.

Найбільш простою сукупністю обертального та прямолінійно-поступального рухів є гвинтовий рух, коли вектор швидкості поступального руху  $V$  спрямований вздовж осі обертання з кутовою швидкістю  $\omega$ . У цьому випадку кутлова швидкість визначається залежністю:

$$\vec{V}_\Delta = \vec{V} + [\vec{\omega} \times \vec{r}]. \quad (2)$$

Таблиця 1

*Рухи інструмента відносно заготовки при різних процесах обробки різанням*

№ з/п	Рухи інструмента і заготовки	Приклади процесів обробки
1	2	3
1.	Прямолінійно-поступальний	Стругання, протягування, зубодовбання зуборізними головками, нарізання прямозубих коліс гребінками, стругання конічних прямозубих коліс

*Продовження табл. 1*

1	2	3
2.	Обертання	Точіння прохідними різцями, відрізними різцями, радіальними фасонними різцями. Фрезерування дисковими

		фрезами, торцевими фрезами. Попутне точіння, свердління, зенкерування, розточування
3.	Гвинтовий рух як сукупність обертання та прямолінійно-поступального руху, швидкість якого паралельна осі обертання.	Точіння різьби та інших гвинтових поверхонь
4.	Сукупність обертання і прямолінійно-поступального руху, швидкість якого перпендикулярна осі обертання	Радіальне затилування
5.	Сукупність обертання і прямолінійно-поступального руху, швидкість якого спрямована під кутом до осі обертання	Кутове затилування фасонних фрез. Шевінгування шеверрейкою
6.	Сукупність двох рухів обертання навколо паралельних осей обертання і прямолінійно-поступального руху, швидкість якого паралельна осям обертання	Зубодовбання довбалами
7.	Сукупність двох рухів обертання і прямолінійно-поступального руху, швидкість якого паралельна осі обертання одного з них	Зубодовбання з похилою віссю
8.	Сукупність двох рухів обертання навколо осей, що перетинаються	Точіння конічних поверхонь
9.	Сукупність двох рухів обертання навколо осей, що перехрещуються	Шевінгування дисковими шеверами, зубофрезерування черв'ячними фрезами, фрезерна обробка багатограних валів фасонними фрезами

Аналогічно визначаються швидкості при інших сполученнях обертального та поступального рухів.

У результаті складання двох рухів: обертального та прямолінійно-поступального, що перпендикулярний до осі обертання, здійснюється обертальний рух навколо миттєвої осі обертання, паралельній попередній (осі обертання) з попередньою кутовою швидкістю обертання. Нова вісь обертання (миттєвого обертального руху) стоїть від попередньої на відстані  $V$  і розташовується в площині, перпендикулярній швидкості поступального руху  $V$ .

У результаті складання рухів обертального і прямолінійно-поступального, швидкість якого нахилена до осі обертання, отримуємо

гвинтовий рух навколо осі паралельній попередній.

У результаті складання двох обертальних рухів, спрямованих в різні сторони навколо осей  $O_1$  і  $O_2$ , одержуємо миттєвий обертальний рух навколо осі  $O_3$ , паралельної осям  $O_1$  і  $O_2$ , що лежить в одній з ними площині. Кутова швидкість  $\omega_3$  результуючого обертання визначається

$$\omega_3 = \omega_1 - \omega_2 \quad (3)$$

і спрямована в сторону більшої за значенням кутової швидкості. Відстань  $r$  від  $\omega_3$  дорівнює:

$$r = \frac{\omega_1 l}{\omega_2 - \omega_1}, \quad (4)$$

де  $l$  – відстань між осями  $\omega_1, \omega_2$ .

У результаті складання двох обертів навколо осей, що перетинаються в одній точці, одержуємо обертальний рух, кутова швидкість якого дорівнює по величині і напрямку діагоналі паралелограма, побудованого на кутових швидкостях обертальних рухів.

Результуючий рух навколо мимобіжних осей  $A$  і  $B$  можна визначити за допомогою діаграми гвинта на рис. 1 [2].

Вважаємо, що відомий кут  $\theta = \alpha + \beta$  між осями  $A$  і  $B$ , найкоротша відстань між ними  $d$  кутові швидкості обертання  $\omega_A$  і  $\omega_B$ . Розглянемо відрізок  $AB = d$  та побудуємо  $\angle AOB = \theta$ . Через три точки  $A, O, B$  проведемо коло. Із точки  $O$  по осі  $OA$  відкладемо  $\omega_A$ , а по осі  $OB$  –  $\omega_B$ .

За правилом паралелограма визначимо  $\omega_C = \omega_A + \omega_B$ . Вектор  $\omega_C$  перетинається з колом  $AOB$  в точці  $C$ . Проведемо із точки  $C$  перпендикуляр на  $AB$ , який визначає параметр гвинтового руху  $h = CK$ . Відстань від осей  $A$  і  $B$  до осі  $C$  відрізками  $a = AK$  і  $b = KB$ .

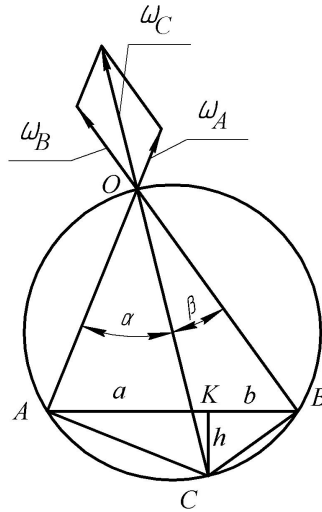


Рис. 1. Визначення результуючого руху при двох обертах навколо осей, що перехрещуються

Таким чином, при складанні двох обертань навколо мимобіжних осей створюється миттєвий гвинтовий рух. Миттєва вісь цього гвинтового руху паралельна діагоналі паралелограма, побудованого на кутових швидкостях  $\omega_A$  і  $\omega_B$  двох обертів. Вісь миттєвого руху проходить через точку, котра ділить найкоротшу відстань між осями обертань на частини прямо пропорційні тангенсам кутів, що утворюються складеними обертаннями з віссю результуючого гвинтового руху.

**Висновок.** Показано, що у випадку, коли рух інструмента відносно заготовки складається із декількох елементарних рухів, можна визначити результуючу швидкість різання, як геометричну суму векторів складових цих рухів, а не за визначенням стандарту. Такий підхід при визначенні результуючої швидкості, який складається з елементарних рухів ставить задачу подальших теоретичних та експериментальних досліджень при розробці загальної теорії проектування різальних інструментів.

#### ЛІТЕРАТУРА:

1. Люкшин В.С. Теория винтовых поверхностей в проектировании режущих инструментов / В.С. Люкшин. – М. : Машиностроение, 1968. – 372 с.
2. Николаев А.Ф. Диаграмма винта и ее применение к

- определению сопряженных линейчатых поверхностей с линейным касанием/ *А.Ф. Николаев* // Труды семинара по теории машин и механизмов. – М. : Изд-во АН СССР, 1950. – Т. 5. – Вып. 37. – С. 52–106.
3. *Родін П.Р.* Основы проектирования режущих инструментов : учеб. для студентов машиностроительных специальностей / *П.Р. Родін*. – К. : Высш. шк., 1990. – 421 с.
  4. *Родін П.Р.*, Різальний інструмент в прикладах і задачах : навчальний посібник / *П.Р. Родін, Н.С. Равська, Л.І. Ковальова*. – К. : Вища школа, 1994. – 293 с.

РАВСЬКА Наталія Сергіївна – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри інструментального виробництва Національного технічного університету України “КПІ”.

Наукові інтереси:

– теорія проектування інструмента.

ОХРИМЕНКО Олександр Анатолійович – кандидат технічних наук, доцент кафедри інструментального виробництва Національного технічного університету України “КПІ”.

Наукові інтереси:

– теорія проектування інструмента.

Подано 07.08.2009