

УДК 621.914.5

В.Г. Панчук, к.т.н., доц.*Національний технічний університет України «КПІ»***О.В. Рублюк, к.т.н., доц.***Івано-Франківський технічний університет нафти і газу*

ВПЛИВ РЕЖИМІВ РІЗАННЯ ТА ІНСТРУМЕНТАЛЬНИХ ГЕОМЕТРИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ НА КІНЕМАТИЧНІ КУТИ ВІДРІЗНИХ ФРЕЗ З РІЗНОНАПРАВЛЕНИМИ ЗУБЦЯМИ

В статті наведено результати розрахунків кінематичних геометричних параметрів різальної частини відрізної фрези з різнонаправленими зубцями, а також визначено ступінь впливу на них інструментальних параметрів фрези та режимів різання. Обґрунтована необхідність використання кінематичних геометричних параметрів різальної частини інструменту в теоретичних дослідженнях процесу різання полімерних матеріалів і деревини.

Вступ. Найбільш точно геометричні параметри інструменту в процесі обробки різанням описуються в кінематичній системі координат [1]. Особливо це проявляється при обробці неметалічних матеріалів (пластмас, деревини, еластомерів), які дозволяють обробку із значно більшими, порівняно з металами, подачами. Такі режими обробки обумовлюють значну розбіжність між інструментальними, статичними і кінематичними параметрами інструменту.

Порівняльний аналіз на підставі відомих математичних залежностей для розрахунку кінематичних геометричних параметрів різальної частини фрез з різнонаправленими зубцями дасть можливість визначити ступінь впливу окремих факторів на значення фактичної геометрії різальної частини фрези в процесі відрізання.

Метою даної статті є визначення впливу інструментальних геометричних параметрів різальної частини дискової відрізної фрези і режимів різання на значення кінематичних геометричних параметрів в процесі відрізання.

Основна частина. Сукупність математичних залежностей кінематичних геометричних параметрів від інструментальних геометричних параметрів різальної частини дискової відрізної фрези і режимів різання може розглядатися як математична модель різальної частини зубця фрези, де значення кінематичних параметрів складають множину вихідних характеристик моделі, а значення інструментальних параметрів та параметрів, обумовлених режимами різання складають множину вхідних факторів.

Множину вихідних характеристик (зміст характеристик відповідає стандарту [1]) утворюють:

- кінематичний передній кут γ_k ;
- кінематичний задній кут α_k ;
- кінематичний кут в плані φ_k ;
- кінематичний кут нахилу різальної кромки λ_k .

За вхідні фактори приймаються інструментальні геометричні параметри (рис. 1) та параметри режиму різання (рис. 2) [1]:

- інструментальний передній кут γ_i ;
- інструментальний задній кут α_i ;
- інструментальний кут в плані φ_i ;
- інструментальний кут нахилу різальної кромки λ_i ;
- кут швидкості різання η .

Кут швидкості різання η (рис. 2) згідно з [1] являє собою кут в робочій площині між напрямками швидкостей результуючого руху \vec{V}_e і головного руху різання \vec{V} і визначається із співвідношення

$$\cos \eta = \frac{\vec{V} \cdot \vec{V}_e}{|\vec{V}| \cdot |\vec{V}_e|}.$$

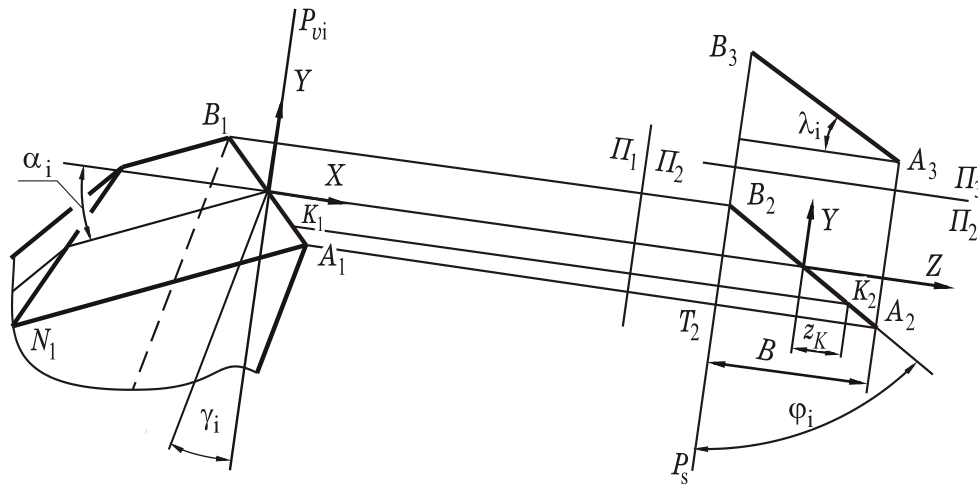


Рис. 1. Конструктивні та інструментальні параметри зубця відрізної дискової фрези

При цьому вектор \vec{v}_e представляє собою векторну суму векторів швидкості головного руху різання \vec{v} і вектора швидкості подачі \vec{v}_s , тобто

$$\cos \eta = \frac{\vec{v} \cdot (\vec{v} + \vec{v}_s)}{|\vec{v}| \cdot |\vec{v} + \vec{v}_s|} = \frac{\vec{v}^2 + \vec{v} \cdot \vec{v}_s}{|\vec{v}| \cdot |\vec{v} + \vec{v}_s|}.$$

Значення кута швидкості різання η для кожного зубця є величиною змінною і визначається кутовим положенням зубця ψ в даний момент часу. Діапазон зміни кута η в процесі відрізання залежить від схеми різання, яка визначає значення кута контакту Θ (рис. 2). Мінімальне значення кута η рівне нулю, коли вектори швидкості головного руху і вектор швидкості подачі співпадають за напрямом ($\psi = 0$). При $\psi = 90^\circ$ значення кута η визначається із співвідношення:

$$\eta = \arctg \frac{v_s}{v} = \arctg \frac{S_z \cdot z}{\pi \cdot D}, \tag{1}$$

де D – діаметр фрези, мм; z – кількість зубів фрези; S_z – подача на зуб фрези, мм/зуб.

Для визначення діапазону зміни вхідного фактора η були проведені розрахунки за формулою (1). Керуючись даними роботи [3], в якій відзначається, що при обробці деревних матеріалів подачі можуть досягати 2,5 мм/зуб, приймаємо для розрахунку значення $S_z = 3$ мм/зуб. Оскільки в роботі [2] вказано, що вплив діаметра фрези D на статичні кути в процесі обробки не є суттєвим, то в рамках даної роботи діаметр фрези приймається постійним $D = 200$ мм.

Відповідно до даних [4] при такому діаметрі кількість зубців для фрез типу 2 і 3 лежить в межах 20–80. Тому для розрахунку максимального значення η приймаємо $z = 80$. Після підстановки в формулу (1) отримуємо

$$\eta_{\max} = \arctg \frac{S_z \cdot z}{\pi \cdot D} = \arctg \frac{3 \cdot 80}{3,14 \cdot 200} = \arctg 0,3822 = 20,92^\circ. \tag{1}$$

Таким чином, межі варіації кута швидкості η приймаються від 0° до 20° .

На підставі математичної моделі створена комп'ютерна модель в середовищі Matlab. Моделювання здійснюється за планом повного факторного експерименту для п'яти факторів. Для кожного вхідного фактора приймається дев'ять рівнів варіації.

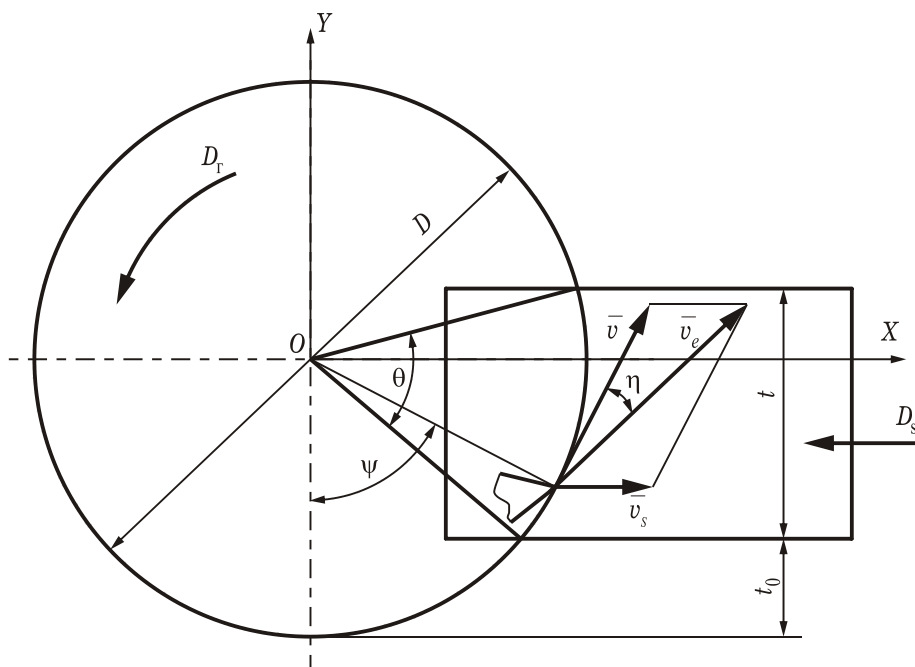


Рис. 2. Схема обробки відрізною фрезою

Результат моделювання являє собою сукупність 9^5 значень для кожної вихідної характеристики. Для визначення впливу певного вхідного фактора на досліджувану вихідну характеристику всі розрахункові значення цієї характеристики групуються за відповідним значенням вхідного фактора і визначається їх середнє арифметичне значення. Таким чином забезпечується усереднення впливів на досліджувану вихідну характеристику інших вхідних факторів. Результати виконаних розрахунків наведені в табличному вигляді (таблиці 1–5) і графічному вигляді (рис. 3–7).

Таблиця 1

Значення кінематичних параметрів залежно від інструментального кута нахилу різальної кромки λ_i

λ_i	-60,00	-52,50	-45,00	-37,50	-30,00	-22,50	-15,00	-7,50	0,00
φ_k	39,924	41,663	42,983	44,049	44,952	45,751	46,486	47,185	47,875
λ_k	-37,910	-31,200	-25,062	-19,347	-13,947	-8,777	-3,770	1,133	5,984
γ_k	-9,511	2,533	11,047	17,265	22,003	25,766	28,868	31,512	33,831
α_k	6,077	5,712	5,489	5,334	5,218	5,126	5,048	4,981	4,920

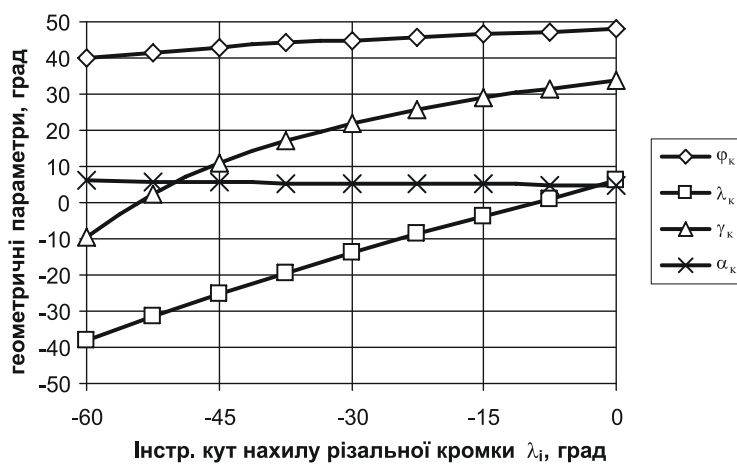


Рис. 3. Графіки залежності кінематичних параметрів від інструментального кута нахилу різальної кромки λ_i

Таблиця 2

Значення кінематичних параметрів
залежно від інструментального заднього кута α_i

α_i	5,000	8,125	11,250	14,375	17,500	20,625	23,750	26,875	30,000
φ_k	44,541	44,541	44,541	44,541	44,541	44,541	44,541	44,541	44,541
λ_k	-14,766	-14,766	-14,766	-14,766	-14,766	-14,766	-14,766	-14,766	-14,766
γ_k	18,146	18,146	18,146	18,146	18,146	18,146	18,146	18,146	18,146
α_k	-2,998	-1,029	0,975	3,023	5,122	7,281	9,509	11,814	14,207

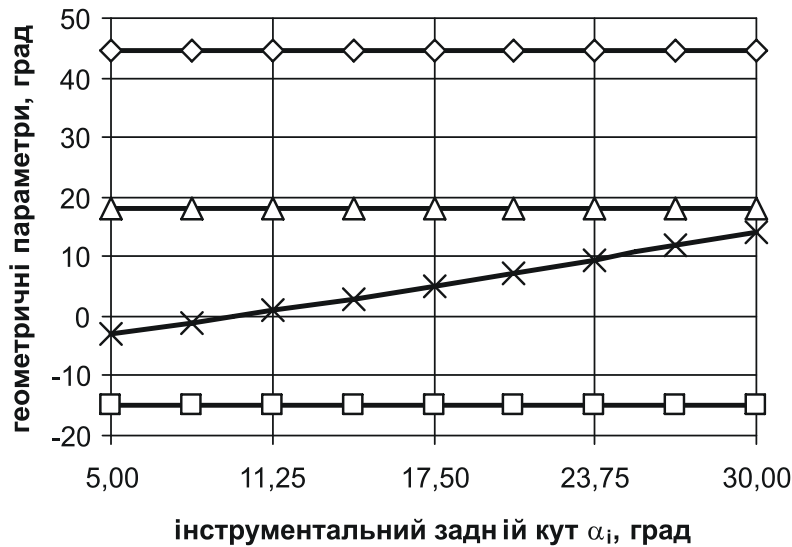


Рис. 4. Графіки залежності кінематичних параметрів від інструментального заднього кута α_i

Таблиця 3

Значення кінематичних параметрів
залежно від інструментального переднього кута γ_i

γ_i	-5,000	-1,875	1,250	4,375	7,500	10,625	13,750	16,875	20,000
φ_k	44,541	44,541	44,541	44,541	44,541	44,541	44,541	44,541	44,541
λ_k	-14,766	-14,766	-14,766	-14,766	-14,766	-14,766	-14,766	-14,766	-14,766
γ_k	-0,482	4,497	9,424	14,211	18,775	23,115	27,272	31,294	35,209
α_k	5,323	5,323	5,323	5,323	5,323	5,323	5,323	5,323	5,323

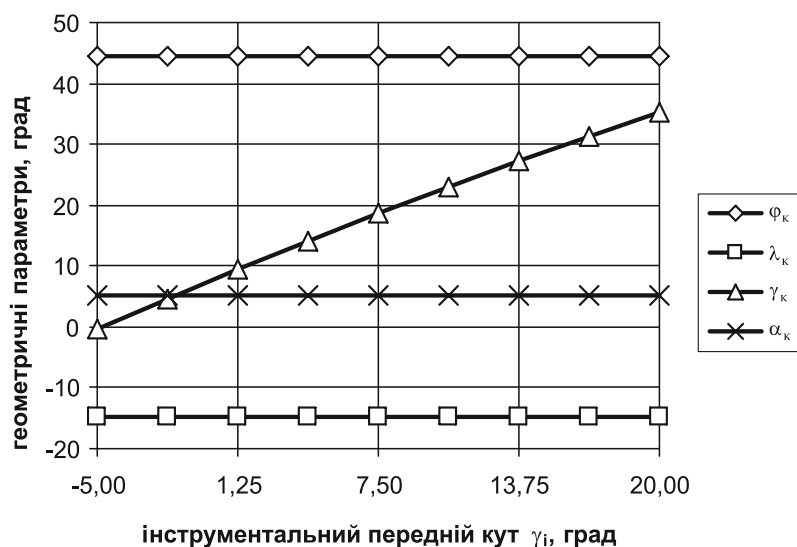


Рис. 5. Графіки залежності кінематичних параметрів від інструментального переднього кута γ_i

Таблиця 4

Значення кінематичних параметрів залежно від інструментального кута в плані φ_i

φ_i	5,00	15,63	26,25	36,88	47,50	58,13	68,75	79,38	90,00
φ_k	5,057	15,465	25,484	35,216	44,769	54,251	63,776	73,454	83,396
λ_k	6,538	-0,636	-7,074	-12,595	-17,257	-21,171	-24,430	-27,093	-29,178
γ_k	66,701	37,076	19,323	9,624	4,824	3,243	4,070	6,918	11,534
α_k	0,668	2,151	3,651	5,051	6,225	7,086	7,604	7,791	7,679

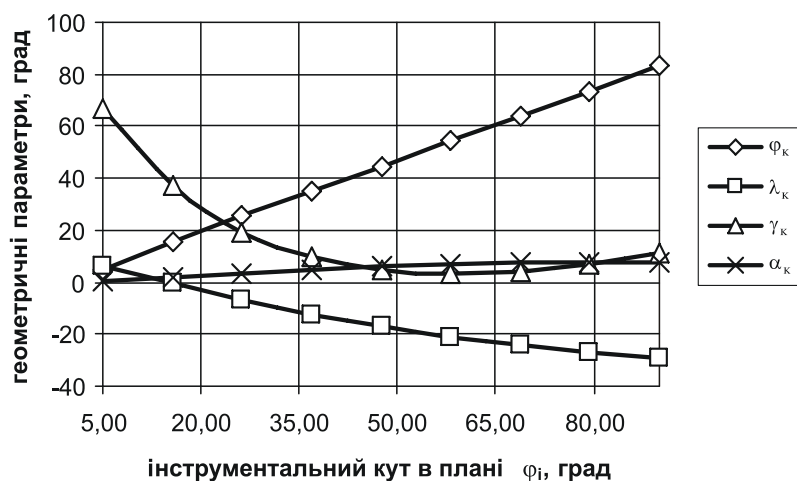


Рис. 6. Графіки залежності кінематичних параметрів від інструментального кута в плані φ_i

Таблиця 5

Значення кінематичних параметрів залежно від кута швидкості різання η

η	0,00	2,50	5,00	7,50	10,00	12,50	15,00	17,50	20,00
φ_k	47,500	46,624	45,805	45,046	44,345	43,704	43,121	42,595	42,127
λ_k	-21,106	-19,588	-18,037	-16,457	-14,850	-13,217	-11,562	-9,886	-8,192
γ_k	-4,069	2,724	9,089	14,649	19,571	24,118	28,405	32,474	36,353
α_k	12,759	10,707	8,747	6,874	5,083	3,364	1,710	0,110	-1,449

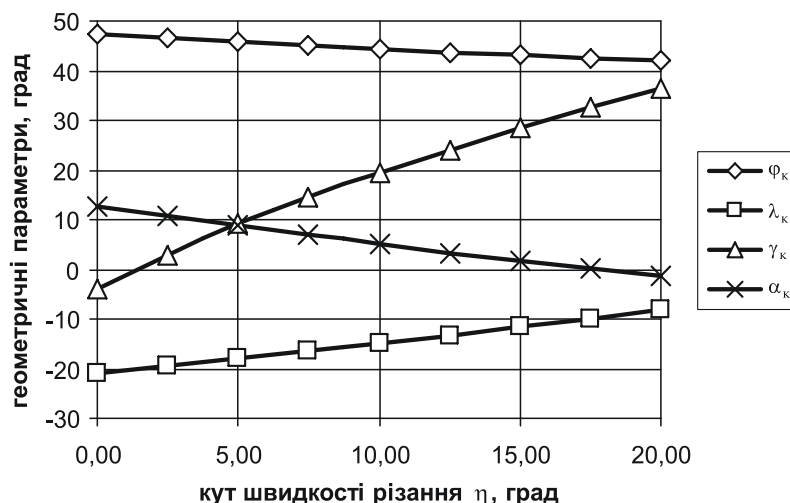


Рис. 7. Графіки залежності кінематичних параметрів від кута швидкості різання η

На підставі наведених даних вплив вхідних факторів можна оцінити наступним чином:

- інструментальний задній кут α_i впливає тільки на значення кінематичного заднього кута α_k . Інші кінематичні кути від нього не залежать;
- інструментальний передній кут γ_i впливає тільки на значення кінематичного заднього кута γ_k . Інші кінематичні кути від нього не залежать;
- інструментальний кут в плані φ_i , задаючи значення кута φ_k , суттєво впливає на всі інші кінематичні кути. Найбільшого впливу зазнає кінематичний кут нахилу різальної кромки λ_k – із збільшенням кута в плані φ_i кут λ_k також збільшується (в абсолютному вимірі зміни сягають 35°). Кінематичний передній кут γ_k із збільшенням кута в плані φ_i зменшується в межах до 30°, менше зазнає змін задній кінематичний кут α_k (збільшується в межах до 8°);
- інструментальний кут нахилу різальної кромки λ_i також суттєво впливає на всі кінематичні кути. Найбільшого впливу зазнає кінематичний кут нахилу різальної кромки λ_k і передній кінематичний кут γ_k (до 40°). Кінематичний задній кут α_k практично не змінюється, а кінематичний кут в плані φ_k змінюється в межах близько 8°;
- кут швидкості різання η впливає на всі кінематичні параметри. Найбільший вплив спостерігається на передній кінематичний кут γ_k (до 40°). Найменше спостерігається вплив на кінематичний кут в плані φ_k (до 6°). Із ростом кута η кінематичний задній кут α_k зменшується і може досягати від’ємних значень, що для забезпечення різання є недопустимим.

Висновки. Досліджено вплив геометричних конструктивних та інструментальних параметрів на величини кінематичних геометричних параметрів різальної частини відрізної фрези. В результаті аналізу встановлено наступне:

- на передній кінематичний кут γ_k не впливає тільки задній інструментальний кут α_i , всі інші досліджувані параметри мають значний вплив на кут γ_k ;
- на задній кінематичний кут α_k однаково впливають інструментальний задній кут α_i , і інструментальний кут в плані ϕ_i . Передній інструментальний кут γ_i взагалі не впливає, а інструментальний кут нахилу різальної кромки λ_i має порівняно незначний вплив;
- кінематичний кут нахилу різальної кромки λ_k суттєво залежить від інструментального кута нахилу різальної кромки λ_i і інструментального кута в плані ϕ_i . Кут швидкості різання η впливає в меншій мірі, а від інструментальних переднього γ_i і заднього кутів α_i кут λ_k не залежить взагалі;
- кінематичний кут в плані ϕ_k не залежить від інструментальних переднього γ_i і заднього кутів α_i . Інструментальний кут нахилу різальної кромки λ_i і кут швидкості різання η впливають однаково.

Проведені теоретичні дослідження виявили, що на рекомендованих для деяких неметалічних матеріалів режимах механічної обробки кут швидкості різання має значний вплив на кінематичну геометрію різальної частини відрізних фрез, що робить необхідним в теоретичних розрахунках процесів різання полімерних матеріалів і деревини використовувати кінематичні геометричні характеристики різальної частини.

ЛІТЕРАТУРА:

1. ДСТУ 2249-93. Оброблення різанням. Терміни, визначення і позначення. – Введ. 01.01.95. — К.: Держстандарт України, 1994.
2. Майданюк С.В., Панчук В.Г. Вплив конструктивних та інструментальних геометричних параметрів на статичні кути відрізних фрез з різнонаправленими зубцями і стружковими канавками перемінної глибини // Вісник Житомирського державного технологічного університету. — Житомир: ЖДТУ, 2007. – № 4 (43). – С. 36–41.
3. Кірик М.Д. Різання деревини і деревних матеріалів. – Львів: УДЛУ, 2000. – 218 с.
4. ГОСТ2679-93. Фрезы прорезные и отрезные. Технические условия. – Взамен ГОСТ 2679 - 73; Введ.01.07.97. – М.: Изд-во стандартов, 1996. — 28 с.

ПАНЧУК Віталій Георгійович — кандидат технічних наук, доцент, докторант Національного технічного університету України «КПІ».

Наукові інтереси:

- теорія проектування інструменту.

РУБЛЮК Ольга Валеріївна — кандидат технічних наук, доцент, докторант Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу.

Наукові інтереси:

- теорія проектування інструменту.

Подано 01.06.2008

Панчук В.Г., Рублюк О.В. Влияние режимов резания и инструментальных геометрических параметров на кинематические углы отрезных фрез с разнонаправленными зубьями

Панчук В.Г., Рублюк О.В. Вплив режимів різання та інструментальних геометричних параметрів на кінематичні кути відрізних фрез з різнонаправленими зубцями

Panchuk V.G., Rublyuk O.V. Influence of design and tool geometric parameters on the static angles of detachable cutters with the differently directed teeth and the chip grooves of the variable depth

УДК 621.914.5

Влияние режимов резания и инструментальных геометрических параметров на кинематические углы отрезных фрез с разнонаправленными зубьями / В.Г. Панчук, О.В. Рублюк

В статье приведены результаты расчетов кинематических геометрических параметров режущей части отрезной фрезы с разнонаправленными зубьями, а также определена степень влияния на них режимов резания и инструментальных параметров фрезы. Обоснована необходимость использования кинематических геометрических параметров режущей части инструмента в теоретических исследованиях процесса резания полимерных материалов и древесины.

УДК 621.914.5

Influence of design and tool geometric parameters on the static angles of detachable cutters with the differently directed teeth and the chip grooves of the variable depth / V.G. Panchuk, O.V. Rublyuk

In the article the results of the calculations of the kinematic geometric parameters of the cutting edge of detachable cutter with the differently directed teeth are given, and the degree of the influence on them of the regimes of cutting and instrument parameters of cutter is also determined. The need of using the kinematic geometric parameters of the cutting edge of tool in the theoretical studies of the process of the cutting of polymeric materials and wood is substantiated.