

ПЕРСПЕКТИВИ ЗАСТОСУВАННЯ ПРОГРЕСИВНИХ ВІДРІЗНИХ РІЗЦІВ В УМОВАХ РЕМОНТУ СУДНОВИХ ЕНЕРГЕТИЧНИХ УСТАНОВОК

У статті представлено результати експериментальних досліджень процесу різання відрізними різцями з бічною установкою БНП, що дозволили підтвердити їх працездатність та прогресивність. У результаті виконання досліджень та опрацювання експериментальних даних уперше отримано математичні моделі, що адекватно описують силові параметри (P_x і P_y) процесу різання пропонованими різцями. Визначено раціональні значення переднього та заднього кутів.

Ключові слова: збірний відрізнний різець, багатогранна непереточувана різальна пластина, механічне кріплення.

M. V. BABIY

Kherson State Maritime Academy, Kherson, Ukraine

PROSPECTS OF PROGRESSIVE CUTTING CUTTERS UNDER REPAIR SHIP POWER PLANTS

The paper presents the experimental results of the cutting process for cutting with lateral cutter installation MDP, which allowed them to confirm performance and progressiveness. As a result of investigations and processing of experimental data obtained first mathematical models that adequately describe the power parameters (P_x and P_y) offered cutter cutting process. Rational values defined front and rear angles. Established that inappropriate front angles carry negative $\gamma > -6^\circ$ because it leads to a significant increase in cutting forces, and rear angles $\alpha < 6^\circ$, because it leads to a smoothing of the posterior surface. The other fundamental differences in terms of cutting the proposed cutters and the MDP from previously known there, allowing high-reliability identical to consider all major modes of operation and operating performance.

Keywords: precast detachable cutter, multifaceted, requiring no sharpening plate, mechanical fastening.

Постановка проблеми у загальному виді і її зв'язок з важливими науковими та практичними задачами. Морське (річкове) судно під час виконання рейсу є автономною замкненою системою і тому важко уявити собі машинне відділення без суднової механічної майстерні, призначеної для усунення різноманітних відмов та відновлення працездатності деталей та вузлів судових технічних засобів і, як наслідок, забезпечення працездатності судна. Майже до 80 % робіт, пов'язаних із обробкою металів різанням на судні, виконуються на токарно-гвинторізному верстаті, який забезпечує виконання наступних операцій: проточування циліндричних поверхонь, підрізання торців та уступів, проточування канавок та відрізки заготовок, розточування, нарізання різьби, свердління та ін. Серед перелічених, саме операції відрізки виконуються у більш важких умовах, є трудомісткими і характеризуються великими витратами, як інструменту, так і оброблюваного матеріалу внаслідок недостатньої стійкості, міцності і жорсткості різальної частини і складних умов різання. Витрати відрізнних різців перевищують витрати прохідних та розточувальних більш ніж на 50%.

Головним фактором, який веде до зниження продуктивності обробки та значних витрат відрізнних різців в судових умовах є застосування здебільшого напайних конструкцій різців, що є на сьогоднішній день технологічно та морально застарілим інструментом. Однією з головних причин виходу зі строю відрізнних різців є відривання напайної твердосплавної пластини від корпусу різця. Такі руйнування вимагають від судового токаря високої кваліфікації по відновленню даного виду інструменту та наявність в механічній майстерні відповідного спеціального обладнання, яке, як правило відсутнє. Тому операції з відновлення працездатності інструменту здебільшого відбуваються з відхиленнями від технологічних вимог, оскільки витримати, наприклад, температурні режими при напайці різальної пластини в даних умовах проблематично, що в кінцевому результаті не гарантуватиме високу якість кріплення.

Аналіз останніх досліджень та публікацій та визначення невирішених задач проблеми. Найбільш раціональним в даних умовах є використання сучасного металорізального інструменту із механічним кріпленням різальних пластин до корпусу інструменту. Даний вид інструменту відомих інструментальних фірм (Sandvik Coromant, ISCAR, Kemmer та ін.) знаходить широке застосування на сучасних прогресивних машино- та суднобудівних підприємствах. Однак їх недоліками є: складність конструкції різців та пластин, низька надійність кріплення різальної пластини у гнізді державки, обмеження глибини виконуваних канавок до 10 мм, що обмежує коло застосування даних різців, особливо в судових умовах, де від інструменту вимагається широка універсальність.

Постановка задачі. Враховуючи вищесказане, найбільш раціональним є використання металорізального інструменту з мінімально можливою кількістю вказаних недоліків. Це особливо актуально в судових умовах. Серед відрізнних різців найбільш доцільним буде застосування збірного відрізнного різця з бічною установкою багатогранної непереточуваної пластини (БНП) (рис. 1) [1]. Перевагою даної конструкції є максимальна простота при високій надійності і міцності кріплення БНП та



Рис. 1. Загальний вид відрізнного різця з бічною установкою БНП

достатній жорсткості різця, що було підтверджено в результаті експериментальних досліджень. Використання запропонованих БНП у порівнянні з пластинами відомих інструментальних фірм є більш ефективним за показниками технологічності форми, глибини відрізування (від 6,4 до 24 мм), витратам інструментального матеріалу, вартості, яка у перерахунку на одне різальне лезо, нижча в 2 і більше разів. Однак, невивченими дотепер залишаються силові параметри (P_z і P_y) процесу різання запропонованими різцями та як наслідок раціональні значення переднього γ та заднього α кутів, що пропонується виконати в даній роботі.

Результати досліджень. Експериментальні дослідження процесу різання відрізними різцями з бічною установкою БНП виконували в лабораторних умовах на токарно-гвинторізному верстаті моделі 1К62. Сили різання визначали за допомогою електричного універсального динамометру УДМ-600 з комплектом підсилювальної та презентаційної апаратури. Експериментально виміри складових сил різання здійснювали по двох осях координат: P_z – по вертикалі; P_y – перпендикулярно осі оброблюваної заготовки. При експериментальних дослідженнях використовували заготовки циліндричної форми. Зовнішній діаметр заготовок складав $D = 20$ мм. Матеріал оброблюваних заготовок – Сталь 45.

Таблиця 1

Результати експериментальних даних дослідження процесу різання відрізними різцями з бічною установкою БНП

№ серії	№ досліду	Режими різання				Складові сили різання	
		γ , град	S , мм/об	n , об/хв	v , м/хв	P_z , Н	P_y , Н
		3	4	5	6	7	8
1	1	-5	0,07	315	20	1600	650
	2	-5	0,07	500	31,4	2000	780
	3	-5	0,07	630	40	2225	920
2	4	-5	0,12	315	20	1600	650
	5	-5	0,12	500	31,4	1900	780
	6	-5	0,12	630	40	2250	940
3	7	-6	0,074	315	20	1500	600
	8	-6	0,074	500	31,4	1800	720
	9	-6	0,074	630	40	2225	920
4	10	-6	0,097	315	20	1815	650
	11	-6	0,097	500	31,4	1900	780
	12	-6	0,097	630	40	2100	820
5	13	-8	0,074	315	20	2225	920
	14	-8	0,074	500	31,4	2400	940
	15	-8	0,074	630	40	2600	1100
6	16	-8	0,097	315	20	2720	1180
	17	-8	0,097	500	31,4	2720	1180
	18	-8	0,097	630	40	3100	1310
7	19	-10	0,07	315	20	2400	940
	20	-10	0,07	500	31,4	2700	1080
	21	-10	0,07	630	40	3100	1310
8	22	-10	0,12	315	20	3250	1380
	23	-10	0,12	500	31,4	3330	1395
	24	-10	0,12	630	40	3540	1415

Виведемо рівняння вертикальної (головної) P_z і радіальної P_y складових сил різання для кожного фіксованого значення переднього кута γ . за експериментальними даними, які подані у табл. 1. У цьому випадку складові сили різання є функціями від аргументів подачі S (мм/об) і швидкості різання V (м/хв). Оскільки вимірювання складових сил різання виконувалися для двох значень подачі S (мм/об), то поверхня відгуку може бути відновлена як лінійчата.

Як відомо, лінійчата поверхня має рівняння:

$$P(S;V) = f(0;V) \cdot (1-w) + f(1;V) \cdot w, \quad (1)$$

де w – нормалізована змінна ($0 \leq w \leq 1$), яка відповідає змінній S , з якою зв'язана формулою:

$$w = \frac{S - S_1}{S_e - S_1}, \quad (2)$$

де S_1 – перше, а S_e – останнє експериментальне значення подачі S .

Формула (2) переводить відрізок $[S_1; S_e]$ в одиничний відрізок $[0; 1]$.

Функціональні залежності $f(0;V)$ і $f(1;V)$ при фіксованих значеннях подачі S отримуємо за методом найменших квадратів (МНК), встановлюючи невідомі значення коефіцієнтів a і b у формулах:

$$\begin{aligned} f(0;V) &= a_0 V^{b_0}; \\ f(1;V) &= a_1 V^{b_1}. \end{aligned} \tag{3}$$

Для реалізації МНК скористаємося СКМ Maple 15, а саме командою *NonlinearFit* із пакету *Statistics*, яка виконує нелінійну апроксимацію експериментальних даних. Застосовуючи її до експериментальних залежностей $(V_i; P_i)$ для всіх випадків фіксованих значень переднього кута γ і подачі S , отримуємо аналітичні залежності виду (3), які подані в табл. 2.

Таблиця 2

Аналітичні залежності $f(0;V)$ і $f(1;V)$, відновлені за експериментальними даними

γ , град	P_z		P_y	
	$f(0;V)$	$f(1;V)$	$f(0;V)$	$f(1;V)$
-5	$386,094 \cdot V^{0,476}$	$358,601 \cdot V^{0,493}$	$141,908 \cdot V^{0,503}$	$127,914 \cdot V^{0,536}$
-6	$260,391 \cdot V^{0,575}$	$985,635 \cdot V^{0,195}$	$87,988 \cdot V^{0,628}$	$299,075 \cdot V^{0,248}$
-8	$1139,795 \cdot V^{0,221}$	$1579,327 \cdot V^{0,174}$	$429,294 \cdot V^{0,246}$	$768,142 \cdot V^{0,138}$
-10	$788,178 \cdot V^{0,367}$	$2273,029 \cdot V^{0,117}$	$217,021 \cdot V^{0,480}$	$1242,151 \cdot V^{0,035}$

Обчислимо за формулою (2) значення виразів w та $(1-w)$ для кожного фіксованого значення переднього кута γ . Результати обчислень зведемо у табл. 3.

Таблиця 3

Вирази нормалізованої змінної w та $(1-w)$, знайдені за експериментальними даними

γ , град	w	$(1-w)$
-5	$20,000S - 1,400$	$2,400 - 20,000S$
-6	$43,478S - 3,217$	$4,217 - 43,478S$
-8	$43,478S - 3,217$	$4,217 - 43,478S$
-10	$20,000S - 1,400$	$2,400 - 20,000S$

Підставляючи знайдені вирази із табл. 2 і 3 у формулу (1), отримуємо апроксимуючі рівняння для вертикальної (головної) P_z (табл. 4) і радіальної P_y складових сил різання (табл. 5).

Таблиця 4

Апроксимуюче рівняння вертикальної (головної) складової сили різання P_z

γ , град	Рівняння	Максимальна відносна похибка, %
-5	$(386,094 \cdot V^{0,476})(2,400 - 20,000S) + (358,601 \cdot V^{0,493})(20,000S - 1,400)$	3,4
-6	$(260,391 \cdot V^{0,575})(4,217 - 43,478S) + (985,635 \cdot V^{0,195})(43,478S - 3,217)$	6,5
-8	$(1139,795 \cdot V^{0,221})(4,217 - 43,478S) + (1579,327 \cdot V^{0,174})(43,478S - 3,217)$	5,8
-10	$(788,178 \cdot V^{0,367})(2,400 - 20,000S) + (2273,029 \cdot V^{0,117})(20,000S - 1,400)$	3,3

Апроксимуюче рівняння радіальної складової сили різання P_y

γ , град	Рівняння	Максимальна відносна похибка, %
-5	$(141,908 \cdot V^{0,503})(2,400 - 20,000S) + (127,914 \cdot V^{0,536})(20,000S - 1,400)$	3,9
-6	$(87,988 \cdot V^{0,628})(4,217 - 43,478S) + (299,075 \cdot V^{0,248})(43,478S - 3,217)$	8,2
-8	$(429,294 \cdot V^{0,246})(4,217 - 43,478S) + (768,142 \cdot V^{0,138})(43,478S - 3,217)$	6,5
-10	$(217,021 \cdot V^{0,480})(2,400 - 20,000S) + (1242,151 \cdot V^{0,035})(20,000S - 1,400)$	5,3

Графіки лінійчатих поверхонь $P_z(S;V)$ і $P_y(S;V)$ подані на рис. 2 – 3.

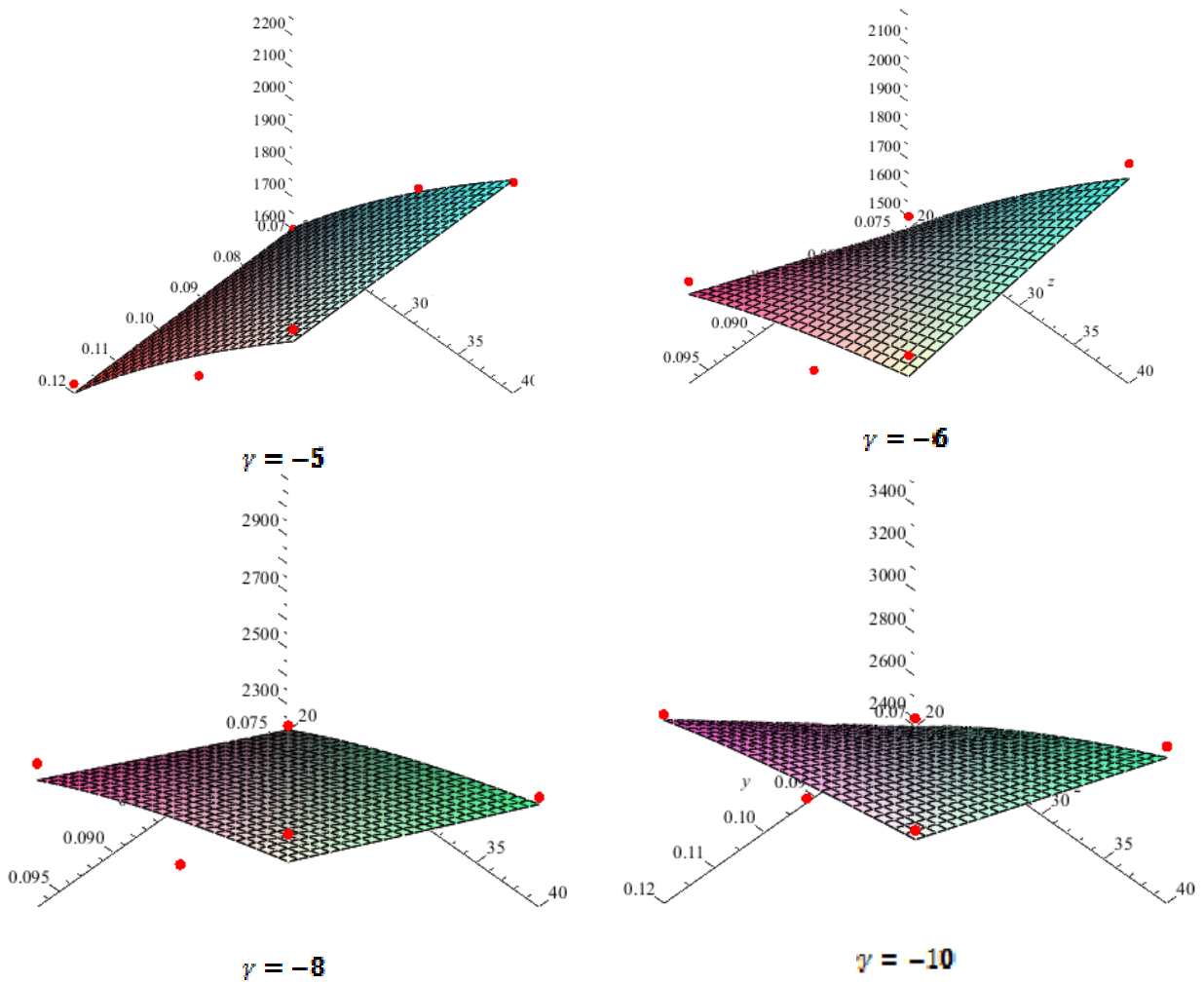


Рис. 2. Графіки лінійчатих поверхонь $P_z(S;V)$

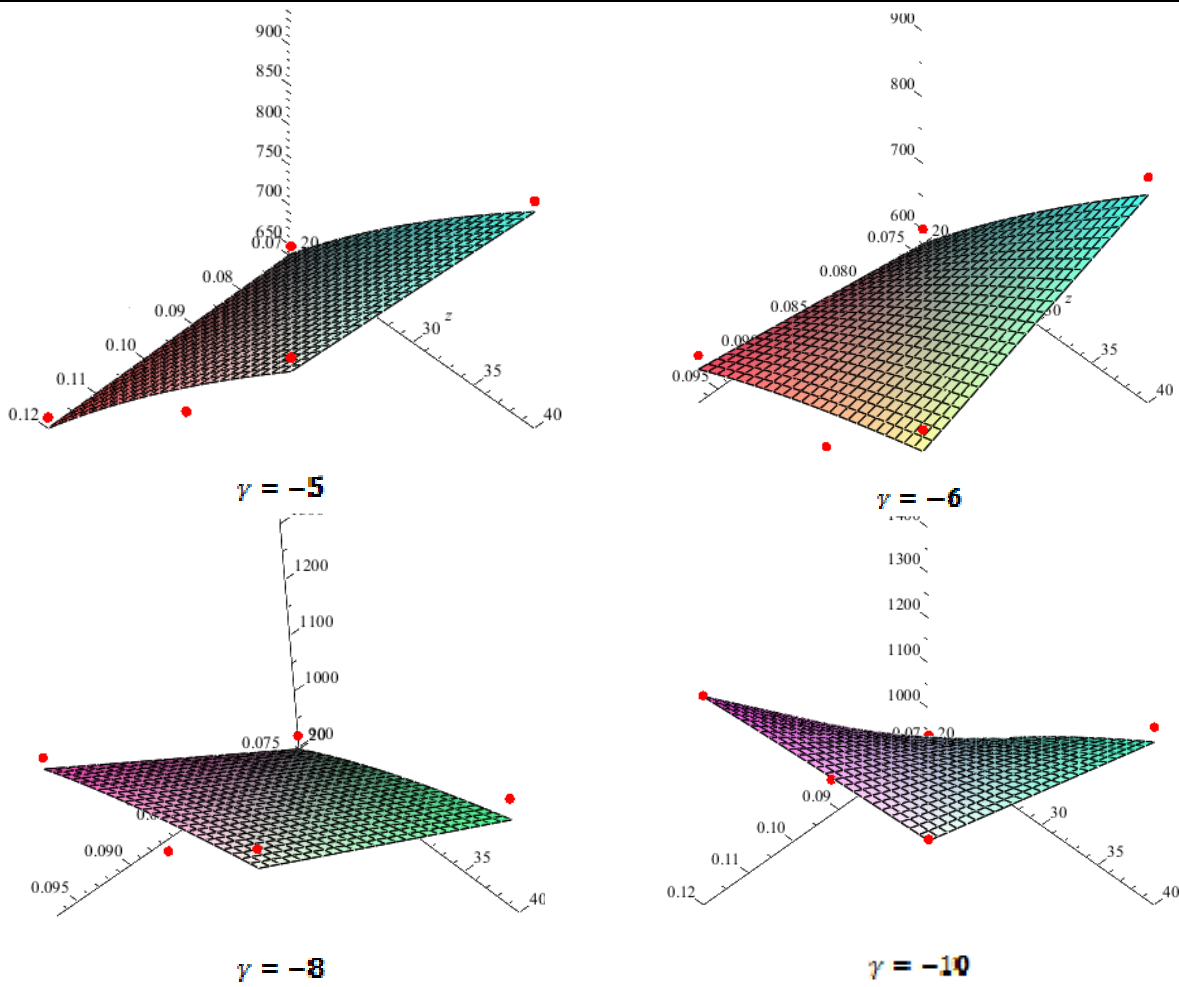


Рис. 3. Графіки лінійчатих поверхонь $P_y(S; V)$

Висновки. Експериментальні дослідження процесу різання пропонованими різцями з бічною установкою БНП, виконані в лабораторних умовах, дозволили підтвердити їх працездатність. У результаті виконання цих досліджень та опрацювання експериментальних даних уперше отримано математичні моделі, що адекватно описують силові параметри (P_z і P_y) процесу різання пропонованими різцями. Встановлено, що недоцільно виконувати від'ємні передні кути $\gamma > -6^\circ$, оскільки це призводить до значного збільшення сил різання, а задні кути $\alpha < 6^\circ$, бо це призводить до загирання по задній поверхні. Інших принципових відмін в умовах різання запропонованими різцями і БНП від раніше відомих немає, що дозволяє з високим рівнем достовірності вважати ідентичними усі основні режими їх роботи й експлуатаційні показники.

Література

1. Настасенко В.А. Новые виды отрезных и канавочных резцов с многогранными твердосплавными неперегачиваемыми пластинами / В.А. Настасенко, М.В. Бабий // Прогресивні технології і системи машинобудування : міжнар. зб. наук. праць. – Донецьк : ДонНТУ, 2009. – Вип. 38. – С. 150 – 157.
2. Роджерс Д. Математические основы машинной графики / Д. Роджерс, Дж. Адамс. — М. : Мир, 2001. – 604 с.

Рецензія/Peer review : 23.3.2016 р.

Надрукована/Printed : 18.4.2016 р.
Рецензент : к.т.н., доц. Проценко В.О.