

Наука — виробництву

УДК 622.673.3

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ ТРИСЕКЦІЙНОЇ ГОЛКОФРЕЗИ ПРИ ПРОФІЛЮВАННІ ОБОДІВ ШКІВІВ БУРОВИХ УСТАНОВОК

Ю.Л. Гаврилів, Л.Д. Пітулей, Д.І. Феденчук

ІФНТУНГ, 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15, тел. (03422) 42264, 42453,
e-mail: public@nung.edu.ua

Розроблено конструкцію голкофрезерного пристрою. Побудована математична модель залежності різальної здатності голкофрези від швидкості різання. Проведено перевірку адекватності моделі експериментальним даним. Дано рекомендації щодо конструювання профілю різальної частини голкофрези.

Ключові слова: голкофреза, обод шківа, бурова установка

Разработана конструкция иглофрезерного приспособления. Построена математическая модель зависимости режущей способности иглофрезы от скорости резания. Проведена проверка адекватности модели экспериментальным данным. Даны рекомендации по конструированию профиля режущей части иглофрезы.

Ключевые слова: иглофреза, обод шкива, буровая установка

The construction of explanatory adaptation is developed. The mathematical model of dependence of cutting ability of explanatory is built from speed of cutting. Verification of model adequacy is conducted to experimental information. It is given recommendation on constructing of type of cutting part of explanatory

Keywords: explanatory, wheel rim, well drill

Експлуатація канатних систем у важких умовах роботи є причиною значного зношування ободів шківів (ОШ), в той час як інші елементи підйомної установки перебувають в працездатному стані. Зношування ОШ відбувається нерівномірно в радіальному і боковому напрямках, що впливає на радіальне і бокове биття вантажопідйомного каната. Враховуючи те, що допустима величина зношування, величини радіального і бокового биття ОШ суворо регламентовані [2, 3], а монтажні роботи при їх заміні вимагають значних витрат, довговічність шківів підвищують шляхом відновлення їх ободів безпосередньо на підшківній площині, наприклад, електродуговим наплавленням. Очевидно, після наплавлювання поверхня ОШ є нерівномірною, що підвищує швидкість зношування каната. Тому вирішення проблеми профілювання ОШ після наплавлювання залишається актуальним.

Для профілювання ободів шківів бурових установок (ОШБУ) розроблено конструкцію голкофрезерного пристрою, схема якого представлена на рис. 1. Пристрій складається з рами 1, на якій змонтована підпружинена до обода шківа (ОШ) 2 вилка 3 з голокофрезою (ГФ) 4, електродвигуна 5, редуктора 6, карданного вала 7, рами 8, гвинта 9.

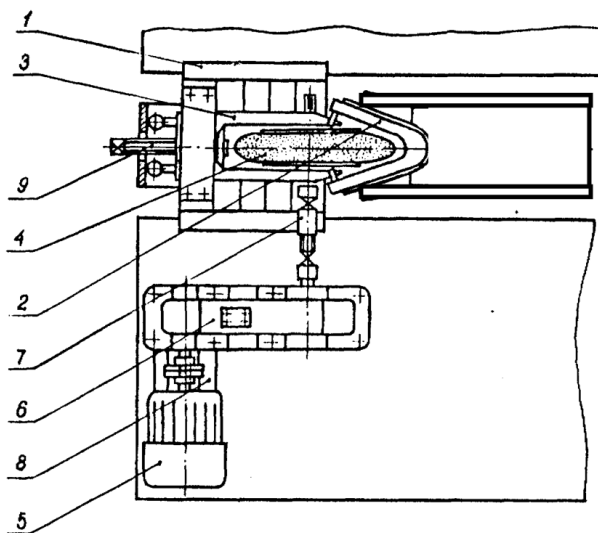


Рисунок 1 – Пристрій для профілювання ОШБУ

Вилка призначена для компенсації радіального та торцевого биття ОШ, а також для зміщення ГФ відносно ОШ. Радіальна подача ГФ відносно вилки здійснюється гвинтом 9.

Принцип дії пристрою полягає в наступному. Включають електродвигун. За допомо-

гою гвинта подають ГФ до ОШ. Включають підймальну машину та повільно обертають шків за допомогою каната, поступово притискаючи ГФ до ОШ.

Голкофреза складається зі щільно зібраних, розташованих радіально відрізків високоміцного сталевго дроту. При контакті з оброблюваною поверхнею голки відхиляються у бік, протилежний до напрямку обертання голкофрези, і впираються в сусідні голки. У цьому полягає відмінність голкофрез від відомих металевих щіток. Завдяки упору в сусідні голки деформація голок менша, а сила і глибина різання у багато разів перевищують відповідні величини для щіток. Голка утворює тут мікрорізець з невеликим негативним переднім кутом і знімає з поверхні металу дрібну стружку. Діаметр голок зазвичай складає 0,2–0,8 мм. Залежно від конкретних умов обробки застосовують голкофрези діаметром 80–600 мм, шириною 10–1000 мм. Голки закріплюють в корпусі фрези зварюванням по внутрішньому діаметру. В процесі обробки голки самозагострюються, особливо при періодичній зміні напрямку обертання. Важливою перевагою голкофрез є їх високий термін служби — до 500 і навіть 2000 год. При цьому експлуатаційні характеристики, зокрема знімання металу і шорсткість обробленої поверхні, залишаються незмінними протягом всього періоду стійкості.

ГФ, які виготовляються серійно та мають циліндричну ворсову обойму, є непридатними для профілювання ОШБУ. Тому виникла потреба у розробленні спеціальної трисекційної ГФ, профіль різальної кромки якої відповідає профілю ОШБУ. Продуктивність ГФ залежить від конкретних умов роботи і визначається дослідним шляхом.

Оскільки ділянки контура ворсової обойми трисекційної профільної ГФ, на відміну від ГФ з циліндричною ворсовою обоймою, мають різні радіуси обертання (рис. 2), різальна здатність ГФ вздовж контура ворсової обойми є змінною.

Тому голкофрезерний пристрій проектувався таким чином, щоб ділянки ворсової обойми ГФ з мінімальним радіусом обробляли жолоб шківа з мінімальною швидкістю різання $v_{min} = 0,8 \text{ м/с}$.

Як правило, для ГФ значення подачі приймаються в залежності від глибини різання, керуючись умовою постійності обертання величини знятого шару металу при заданій швидкості різання [1], тобто

$$Q = B \cdot s \cdot t = const, \quad (1)$$

де: B – ширина різальної частини ГФ; s – подача ГФ; t – глибина різання.

З іншого боку [2],

$$Q = F \{v_p\},$$

де v_p – швидкість різання.

Дослідивши залежність значення St від швидкості різання v_p та виразивши швидкість окремих ділянок ворсової обойми через ширину ГФ, продуктивність трисекційної ГФ можна представити як

$$Q = \int_0^B [St\{B\}] dB. \quad (2)$$

Дослідження різальної здатності серійно виготовленої ГФ зі сталі 45 радіусом 0,3 м у залежності від швидкості різання проведено на горизонтально-фрезерному верстаті 6М83Ш та верстаті фірми “HECKERT”.

Задаючись значеннями подовжньої подачі стола верстата та кількості обертів шпинделя, визначено швидкість різання v_p . Глибина різання вимірювалась мікрометром індикаторного типу. В результаті визначено значення st для ряду подач і середнє значення st для даної швидкості різання v_p . Результати обчислень зведено до таблиці 1 та представлено на рис. 3.

Залежність різальної здатності ГФ від швидкості різання представлено лінійною моделлю:

$$st = k_0 + k_1 \cdot v_p, \quad (3)$$

де k_0 і k_1 – коефіцієнти, що визначаються так:

$$k_0 = \left[\sum_{i=1}^n (st)_i \sum_{i=1}^n (st)_i v_{pi} \right] \times$$

$$\times \left[N \sum_{i=1}^n v_{pi}^2 - \left(\sum_{i=1}^n v_{pi} \right)^2 \right]^{-1}; \quad (4)$$

$$k_1 = \left[N \sum_{i=1}^n (st)_i v_{pi} - \sum_{i=1}^n (st)_i \sum_{i=1}^n v_{pi} \right] \times$$

$$\times \left[N \sum_{i=1}^n v_{pi}^2 - \left(\sum_{i=1}^n v_{pi} \right)^2 \right]^{-1}. \quad (5)$$

Для визначення величин, які входять до формули (4) і (5), складено таблицю 2.

Отже, визначено коефіцієнти регресії $k_0 = 0,019 \text{ мм}^2 / \text{с}$, $k_1 = 4,849 \cdot 10^{-3} \text{ мм}$, за якими складено рівняння регресії

$$st = 0,019 + 4,849 \cdot 10^{-3} \cdot v_p. \quad (6)$$

Проведено перевірку адекватності моделі експериментальним даним за критерієм Фішера F :

$$F = s_2^2 \{st\} / s_1^2 \{st\}, \quad (7)$$

де $s_2^2 \{st\}$ – дисперсія адекватності; $s_1^2 \{st\}$ – дисперсія відновлення.

Дисперсія адекватності має вигляд:

$$s_2^2 \{st\} = \sum_{i=1}^n [(st)_i - (st)_{Ri}]^2 / m / f,$$

де: $(st)_{Ri}$ – розрахункова величина, отримана з рівняння регресії (3); f – кількість ступенів вільності (в даному випадку $f = N - 2 = 3$); m – кількість паралельних дослідів.

Дисперсія відновлення має вигляд:

$$s_1^2 \{st\} = \sum_{i=1}^n \sum_{i=1}^n (st_i - \bar{st})^2 / (m - 1)N.$$

Таблиця 1 – Результати досліджень ріжучої властивості ГФ

S, мм/с		8,333	13,333	\bar{st} , мм/с
$v_{p1}=879$ мм/с	$t_1, мм$	0,515	0,340	4,412
	$st_1, мм/с$	4,291	4,533	
$v_{p2}=989$ мм/с	$t_2, мм$	0,595	0,360	4,879
	$st_1, мм/с$	4,958	4,800	
$v_{p3}=1115$ мм/с	$t_3, мм$	0,620	0,400	5,250
	$st_1, мм/с$	5,166	5,333	
$v_{p4}=1256$ мм/с	$t_4, мм$	0,170	0,430	5,825
	$st_1, мм/с$	5,913	5,733	
$v_{p5}=1413$ мм/с	$t_5, мм$	0,840	0,545	7,133
	$st_1, мм/с$	7,001	7,266	

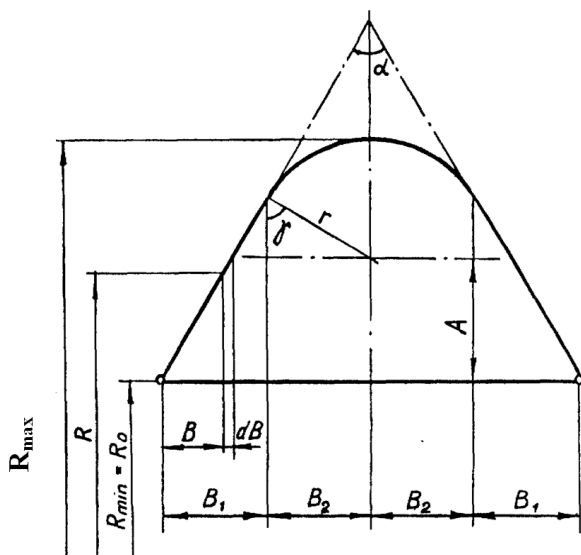


Рисунок 2 – Схема ворсової обійми голкофрези

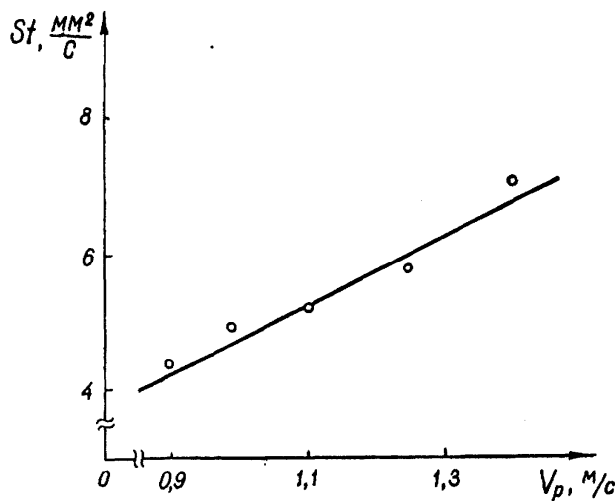


Рисунок 3 – Залежність ріжучої здатності голкофрези від швидкості різання

Таблиця 2 – Дані для обчислення коефіцієнта регресії

№ досліджу	v_p , мм/с	\bar{st} , мм ² /с	v_p^2 , мм ² /с ²	$\bar{st} v_p$
1	849	4,412	772641	3878,15
2	989	4,879	978121	4825,33
3	1115	5,250	124325	5853,75
4	1255	5,825	1575025	7310,38
5	1413	7,133	1996569	10078,9
Сума	5651	27,499	6565581	31946,53

Таблиця 3 – Розрахункова таблиця для визначення критерію Фішера

$(st)_1$	$(st)_2$	\bar{st}	$[st - (st)_{1,2}]^2$	$s_1(st)$	$(st)_{Ri}$	$[(st)_i - (st)_{Ri}]^2$
4,291	4,595	4,412	0,0146	0,0292	4,281	0,0172
4,958	4,800	4,879	0,0062	0,0125	4,815	0,0042
5,166	5,33	5,250	0,0070	0,0141	5,426	0,0310
5,916	5,733	5,825	0,0083	0,0166	6,104	0,0788
7,000	7,266	7,133	0,0177	0,0354	6,871	0,0686
Сума	-	-	0,0539	0,1079	-	0,1997

Дані для розрахунку критерію Фішера вказані в табл. 3.

Визначене з формули (7) значення критерію Фішера $F_R = 3,08$ значно менше за табличне значення $F_T = 9$. Отже, отримана модель адекватна експериментальним даним.

При $v_p = 0$ обробки шківів не відбувається, отже коефіцієнт k_0 наближається до нуля.

Для оцінювання значень коефіцієнтів регресії використано критерій Стюдента:

$$t_R \{k_i\} = |k_i| / s\{k_i\}, \quad (8)$$

де $s\{k_i\}$ – показник середньоквадратичного відхилення коефіцієнта регресії;

$$s\{k_1\} = s^2\{st\} / m \sum_{i=1}^n v_p^2.$$

Дисперсія випадкової величини st визначена за формулою:

$$s^2\{st\} = (m-1)Ns_1^2\{st\} + (N-2)s_2^2\{st\} / (mN-2),$$

де $s\{st\}$ – зведена оцінка дисперсії випадкової величини st при умові лінійного зв'язку.

За формулою (8) отримано розрахункові значення критерію Стюдента $t_R \{k_0\} = 1,23$ та $t_R \{k_1\} = 321,7$. Табличне значення даного критерію $t_T \{k_1\} = 2,306$ (ймовірність $p = 0,95$; кількість ступенів вільності дисперсії – 8).

Оскільки $t_R \{k_1\} \gg t_T$, а $t_R \{k_0\} < t_T$, коефіцієнт k_1 є вагомим, а коефіцієнтом k_0 можна знехтувати.

Надійна абсолютна похибка коефіцієнта регресії визначається за формулою:

$$\{k_1\} = s\{k_1\} t_T.$$

В даному випадку $\{k_1\} = 3,51 \cdot 10^{-5}$ мм.

Надійний інтервал коефіцієнта, мм:

$$[4,814 \cdot 10^{-3}; 4,884 \cdot 10^{-3}],$$

тому рівняння (6) отримає вигляд:

$$st = k_1 v_p = 4,849 \cdot 10^{-3} v_p,$$

а рівняння (2)

$$Q = k_1 \int_0^B v_p \{B\} dB.$$

Для бокових поверхонь ГФ отримано:

$$\begin{aligned} 2Q_1 &= 2k_1 \int_0^{B_1} v_p dB = 2k_W \int_0^{B_1} (R_0 + B \operatorname{tg} \gamma) dB = \\ &= 2k_W (2R_0 B_1 + B_1^2 \operatorname{tg} \gamma). \end{aligned}$$

Для центральної частини ГФ отримано:

$$\begin{aligned} 2Q_2 &= 2k_W \int_0^{B_2} [R_0 + A + (r^2 - B^2)^{0,5}] dB = \\ &= k_W (2B_2 R_0 + 2B_1 B^2 \operatorname{tg} \gamma - B_2 r \cos \gamma + r^2 \gamma). \end{aligned}$$

Таким чином, продуктивність ГФ визначимо як

$$Q = k_W \cdot (2R_0 B_1 + B_1^2 \operatorname{tg} \gamma + 2B_2 R_0 + 2B_1 B_2 \operatorname{tg} \gamma - B_2 r \cos \gamma + r^2 \gamma). \quad (9)$$

Продуктивність голкофрезерного пристрою в процесі обробки ОШБУ визначена за формулою (9), становить 540 мм³/с.

Голкофрезерування ОШ можна здійснювати протягом однієї або декількох ремонтних змін (наприклад, за 2-3 години у зміні). Швидкість голкофрезерування ОШБУ в радіальному напрямі становить 0,84–1,36 мм/год, що дає змогу розрахувати товщину знятого шару металу за період профілювання ОШБУ.

Голкофрезерування є ефективним способом профілювання ОШБ. Оптимальні геометричні параметри голкофрези: діаметр – 0,6 м, ширина – 0,11 м. Оптимальні параметри голкофрезерування: мінімальна швидкість різання – 0,8 м/с, подовжня подача – 0,1–0,2 м/с, радіальна подача – 0,02–0,05 мм/об.

Отже, відновлення профілів ОШБУ без їх демонтажу з подальшим профілюванням ГФ є можливим та доцільним.

Література

- 1 Лихтенштейн Д.Е. Механическая обработка труб / Д.Е. Лихтенштейн, В.Г. Саломатов. – М.: Металлургия, 1981. – 152 с.
- 2 Палашкин Е.А. Справочник механика по глубокому бурению / Е.А. Палашкин. – М.: Недра, 1981. – 510 с.
- 3 Иванов В.А. Прогнозирование развития конструкций канатных направляющих шкивов. / В.А. Иванов, В.Н. Петрина. – Ивано-Франковск: Факел, 1980. – 54 с.

Стаття надійшла до редакційної колегії
14.10.10
Рекомендована до друку професором
Петриною Ю.Д.