

УДК 621.923

*Андрій Рудик, Олена Следнікова, Аліна Подзолкіна, Олег Куций***ВИБІР РЕЖИМІВ ЕФЕКТИВНОГО ШЛІФУВАННЯ ПОВЕРХОНЬ ОБЕРТАННЯ***Андрей Рудик, Елена Следникова, Алина Подзолкина, Олег Куций***ВЫБОР РЕЖИМОВ ЭФФЕКТИВНОГО ШЛИФОВАНИЯ ПОВЕРХНОСТЕЙ
ВРАЩЕНИЯ***Andriy Rudyk, Olena Sliednikova, Alina Podzolkina, Oleg Kutsiy***SELECTION MODES FOR EFFECTIVE GRINDING SURFACE ROTATION**

Проведено порівняльний аналіз широко використовуваних методів шліфування, таких як метод врізання та глибинне шліфування, з метою напрацювання рекомендацій щодо вибору режимів. Продуктивний спосіб обробки – врізне шліфування, застосовують у процесі оброблення жорстких заготовок у тих випадках, коли ширина шліфованої ділянки може бути перекрита шириною шліфувального круга. Глибинне шліфування дозволяє за один робочий хід зняти шар матеріалу на всю необхідну глибину. Досліджена ефективність шліфування режимів для нових перспективних методів обробки та максимальне використання різальної здатності інструмента.

Ключові слова: метод глибинного шліфування, метод врізного шліфування, питома продуктивність, припуск, пляма контакту.

Рис.: 1. Табл.: 3. Бібл.: 7.

Проведен сравнительный анализ широко используемых методов шлифования, таких как метод врезания и глубинное шлифование, с целью наработки рекомендаций по выбору режимов. Продуктивный способ обработки – врезное шлифование, применяют при обработке жестких заготовок в тех случаях, когда ширина шлифованного участка может быть перекрыта шириной шлифовального круга. Глубинное шлифование позволяет за один рабочий ход снять слой материала на всю необходимую глубину. Исследована эффективность шлифования режимов для новых перспективных методов обработки и максимальное использование режущей способности инструмента.

Ключевые слова: метод глубинного шлифования, метод врезного шлифования, удельная производительность, припуск, пятно контакта.

Рис.: 1. Табл.: 3. Библ.: 7.

In the article the comparative analysis widely used methods of grinding, such as a method of cutting and grinding depth, to developing recommendations on selection of modes. The productive method of treatment - flush grinding, used in the processing of hard workpieces in cases where the width of the brushed area can be offset by the width of the grinding wheel. Deep grinding allows one stroke remove the layer of material on all the necessary depth. The efficiency grinding modes for promising new treatment methods and maximum use of cutting ability of the tool.

Key words: deep grinding method, mortise grinding method, specific performance allowance, contact patch.

Fig.: 1. Tabl.: 3. Bibl.: 7.

Постановка проблеми. Раціональне призначення режимів та вибір методу шліфування дозволяє підвищити ефективність обробки, зменшити собівартість, машинний час та енергетичні витрати.

Серед широко розповсюджених методів оброблення найбільш ефективними є методи врізного та поздовжнього глибинного шліфування. Перевагами урізного шліфування є однакові умови роботи ділянок профілю інструмента та його висока ефективність, порівняно з іншими методами. Перевагою поздовжнього глибинного шліфування є більша точність обробки.

Піл час оцінювання ефективності шліфування виникають проблеми з призначенням режимів для нових перспективних методів обробки та з максимальним використанням різальної здатності інструмента.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Аналізуючи інтенсивність процесу шліфування та використовуючи для цього питому продуктивність, як загальноприйнято [1], або нормальну швидкість підведення припуску V_n , як пропонується, можна зробити висновок, що в першому випадку отримують гіршу характеристику.

Питома продуктивність є інтегральним усередненим показником. Вона містить у собі інформацію по усіх точках контакту цього перерізу – при майже однакових розмірах плями. Для інтенсивних режимів різання з'являється лише близька до границі контакту та найбільш навантажена ділянка, де значення добутку векторів відносної швидкості та нормалі до поверхні інструмента V_n приймають максимальних граничних

значень, що підтверджується отриманими у роботі [3] виразами. Саме ця ділянка визначає інтенсивність процесу різання.

Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми. Залежно від величини питомої продуктивності обробки процесу різання поділяють на чорнове, напівчистове, чистове та тонке шліфування (табл. 1). Векторний добуток V_n є кращою характеристикою інтенсивності процесу, він містить інформацію про інтенсивність роботи ділянки у межах контакту інструмента та деталі.

Таблиця 1

Значення питомої інтенсивності зрізання металу при різних типах шліфування $\text{мм}^2/\text{с}$

Вид шліфування	Подача	
	радіальна	повздовжня
Птома інтенсивність зрізання металу	$Q_{\Pi} = V_d \cdot t_o$	$Q_{\Pi} = \frac{V_d \cdot S_d \cdot t_o}{H_k}$
Чорнове	250-500	200-400
Напівчистове	100-200	80-160
Чистове	40-80	31-63
тонке	16-32	12,5-24

Джерело: [1, с. 147].

Мета статті. Головною метою цієї роботи є проведення порівняльного аналізу широко використовуваних вивчених методів з метою напрацювання рекомендацій щодо вибору режимів обробки для перспективних методів обробки.

Виклад основного матеріалу. Процес підведення припуску до периферійних ділянок інструмента для повздовжнього глибинного та врізного шліфування можна записати через функцію формоутворення [3], перенесенням інструменту до системи координат деталі (рис.)

$$\vec{r}_{np}(\theta, z, \phi) = A^3(-p \cdot \phi) \cdot A^6(\phi) \cdot A^1(-L) \cdot \vec{r}(\theta, z); \quad (1)$$

$$\vec{r}_{non}(\theta, z, \phi) = A^1\left(\frac{S_n}{2\pi} \cdot \phi\right) \cdot A^6(\phi) \cdot A^1(-L) \cdot \vec{r}(\theta, z), \quad (2)$$

де A^1, A^3, A^6 – матриці перетворення систем координат, які моделюють поступальний рух вздовж осей $O_d X_d$ та $O_d Z_d$ та поворот навколо осі $O_d Z_d$; $\vec{r}(\theta, z)$ – радіус-вектор точок інструментальної поверхні; L – міжосьова відстань; ϕ – кут, який моделює обертання інструменту навколо деталі; S_n – поперечна подача інструмента; p – параметр гвинтового руху:

$$p = \frac{S_{np}}{2\pi}, \quad (3)$$

де S_{np} – повздовжня подача деталі.

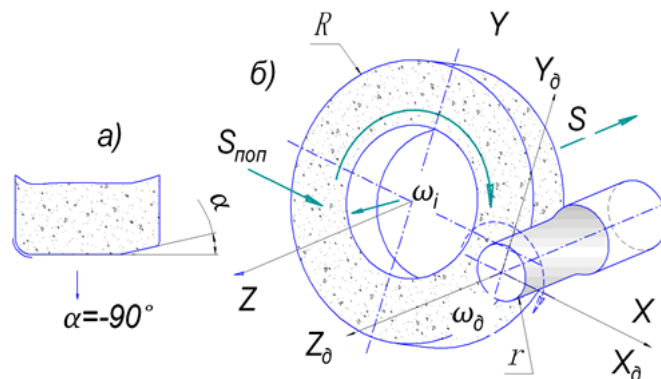


Рис. Схема до визначення V_n

Використовуючи методику роботи [3] можна подібно отримати залежності для нормалі для методів врізання ($\theta \rightarrow 0$, $\alpha_{\text{пер}} = -\pi/2$) та глибинного поздовжнього ($\theta \rightarrow 0$, $\alpha_{\text{зк}} = -\pi/2 + \alpha$) шліфування. Отже, визначають:

$$\vec{n}(\rho, \theta) = [\cos \theta \cdot \sin \alpha \quad \sin \theta \cdot \sin \alpha \quad \cos \alpha]^T; \quad (4)$$

$$\vec{n}_{\text{пер}}(\theta) = \begin{bmatrix} -1 \\ -\theta \\ 0 \end{bmatrix}; \quad \vec{n}_{\text{зк}}(\theta) = \begin{bmatrix} -1 \\ -\theta \\ -\alpha \end{bmatrix}; \quad (5)$$

та швидкості підведення припуску V_n визначають диференціюванням рівняння (1)

$$\vec{V}(\theta) \Big|_{\phi=0} \approx \omega_d \cdot \begin{bmatrix} -S_n \\ -(r_d + R) \\ 0 \end{bmatrix}; \quad (6)$$

$$\vec{V}_{n3}(\theta) \Big|_{\phi=0} \approx \omega_d \cdot \begin{bmatrix} 0 \\ -(r_d + R) \\ -p \end{bmatrix}. \quad (7)$$

Звідси для методу врізання

$$V_n = \omega \cdot (S + \theta \cdot (R + r)). \quad (8)$$

Питому продуктивність визначають

$$Q_y(i) = \int_{\theta_1}^{\theta_2} V_{mi} \cdot (R \cdot d\theta) = \omega_d \cdot R \cdot (\theta_2 - \theta_1) \cdot \left[S_n + \frac{1}{2} (R + r) \cdot (\theta_2 + \theta_1) \right], \quad (9)$$

де $\theta_1 = \frac{-S}{(r+R)}$; $\theta_2 = \sqrt{\frac{2t}{(R+r)} \cdot \frac{r}{R}}$ – кути, що визначають границі контакту,

r – номінальний радіус деталі; R – радіус калібруючої ділянки круга; $R+r$ – міжосьова відстань; t – припуск на обробку.

Результати рекомендованих режимних параметрів, що запропоновані відомими вченими [6], та обчислених значень, що характеризують інтенсивність методів обробки, наведені у таблиці 2.

Таблиця 2

Режими врізного шліфування та характеристики інтенсивності процесу

Швидкість кругової подачі	Радіуси круга та де- талі		Подача врізання	Кутова швид- кість деталі	Межі контакту		Нормальна швидкість	Питома продуктивність		Відстані між Поверхнями	Режим обробки
	R	r			Sn	ωд		θ1	θ2		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1.1. Шліфувальний круг 25A 1- 400x40x127 F60 (25) см1											
50	200	30	0,003	27,78	0,0000	0,002	12,7	2,5	2,53	2,876	Тонка
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
45	200	30	0,015	25,0	-0,0001	0,004	25,8	11,3	11,6	6,483	Тонка
40	200	25	0,04	26,67	-0,0002	0,007	41,1	26,7	28,1	9,671	Тонка
35	200	25	0,06	23,33	-0,0003	0,008	44,3	35,0	37,3	11,914	Чистова
30	200	20	0,075	25,00	-0,0003	0,008	47,3	37,5	40,7	11,879	Чистова
1.2. Шліфувальний круг 1- 300x40x127 25A F60 (25) см1											
50	150	30	0,003	27,778	0,0000	0,003	13,0	2,5	2,53	2,938	Тонка

Закінчення табл. 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
45	150	25	0,015	30	-0,0001	0,005	28,5	11,3	11,6	5,969	Тонка
40	150	20	0,04	33,3333	-0,0002	0,008	46,2	26,7	28,3	8,708	Тонка
35	150	20	0,06	29,1667	-0,0004	0,010	49,9	35,0	37,6	10,734	Чистова
30	150	15	0,075	33,3333	-0,0005	0,010	54,9	37,5	41,2	10,351	Чистова
2.1. Шліфувальний круг 1- 400 x 40 x 127 14A F90-36											
40	200	50	0,003	13,33	0,0000	0,002	8,20	2	2,02	3,865	Тонка
40	200	40	0,015	16,67	-0,0001	0,005	20,25	10	10,3	7,630	Тонка
35	200	30	0,04	19,44	-0,0002	0,007	33,08	23,3	24,5	10,684	Тонка
35	200	25	0,06	23,33	-0,0003	0,008	44,27	35	37,3	11,914	Чистова
35	200	20	0,075	29,17	-0,0003	0,008	55,17	43,8	47,4	11,879	Чистова
2.2. Шліфувальний круг 1- 350 x 40 x 127 14A F90-36											
40	175	50	0,003	13,33	-1,3E-05	0,00	8,32	2	2,02	3,919	Тонка
40	175	40	0,015	16,67	-7E-05	0,01	20,49	10	10,25	7,719	Тонка
35	175	30	0,04	19,44	-0,00020	0,01	33,38	23,3	24,46	10,781	Тонка
35	175	25	0,06	23,33	-0,00030	0,01	44,60	35	37,31	12,005	Чистова
35	175	20	0,075	29,17	-0,00038	0,01	55,51	43,8	47,41	11,953	Чистова
3.1. Шліфувальний круг 1- 38A 200x10x32 60NVBE (Korund)											
33	100	50	0,003	11	0,0000	0,004	7,4	1,65	1,66	4,232	Тонка
30	100	40	0,015	12,5	-0,0001	0,009	16,4	7,5	7,67	8,234	Тонка
25	100	30	0,04	13,8889	-0,0003	0,014	25,1	16,7	17,43	11,344	Тонка
20	100	25	0,06	13,3333	-0,0005	0,015	26,6	20	21,26	12,538	Тонка
20	100	20	0,075	16,6667	-0,0006	0,016	32,9	25	27,02	12,386	Тонка
3.2. Шліфувальний круг 1- 38A 150x10x32 100MVS (Norton)											
33	75	50	0,003	11	0,0000	0,006	7,8	1,65	1,66	4,459	Тонка
30	75	40	0,015	12,5	-0,0001	0,012	17,1	7,5	7,67	8,613	Тонка
25	75	30	0,04	13,889	-0,0004	0,017	26,0	16,7	17,4	11,763	Тонка
20	75	25	0,06	13,333	-0,0006	0,020	27,5	20	21,2	12,937	Тонка
20	75	20	0,075	16,667	-0,0008	0,021	33,7	25	27	12,713	Тонка

Збільшення розмірів контакту можна пояснити зміною напрямку результуючого вектора швидкості подачі.

Рівняння V_n пояснює, чому метод глибинного шліфування є високоефективним методом обробки, бо, крім збільшення розмірів контакту, що доведено вище, з'являється додаткова складова проекції подачі на напрям нормалі до поверхні інструмента.

Якщо для різних методів однаковими є проекції швидкості на напрям нормалі, то і відстані між суміжними положеннями поверхонь різання за однаковий час будуть однаковими, адже такі режими можна вважати еквівалентними.

Рівняння V_n може бути використаним для визначення режимів різання для нових перспективних способів шліфування [4], порівнюючи відстані між сусідніми поверхнями різання за деякий час, наприклад одного оберту, з добре вивченим методом урізного шліфування.

Найкоротша відстань a_n між сусідніми поверхнями різання $a_n = V_n \cdot \tau$, де $\tau = \frac{1}{60 \cdot n_D}$ –

час одного оберту $n_D = \frac{1000 \cdot V}{2\pi \cdot r}$.

Зменшити відстані між сусідніми поверхнями різання за час одного оберту без втрати продуктивності можна за рахунок підвищення хвилинної подачі – одночасно збільшенням кількості обертів та зменшенням подачі на оберт, як це робиться за методом Quick point (Німеччина). Для можливості процесу різання, яка оцінюється мінімальним значенням відношення товщини зрізу до радіусу заокруглення кромки, використовують лише алмазні або ельборові круги, де цей радіус наближається до нуля.

Умови роботи ділянок профілю для поздовжнього та глибинного шліфування є різними – найбільш навантаженою є прилегла до торця, де через зношення утворюється забірний конус, що у свою чергу призводить до зміни навантажень. Цей конус на висоті подачі на оберт характеризується малим кутом α , який з урахуванням малості, можна виразити залежністю: $a \approx \frac{t - I_i}{S_0}$,

де t – глибина різання; I_i – знос i -ої ділянки забірної частини круга; S_0 – подача на оберт.

Подальші ділянки є більш захищеними та забезпечують кінцеву якість обробленої поверхні.

Через відсутність врахування та інформації про значення кута α розроблені окремі рекомендації для цього процесу, на які впливають окружна швидкість подачі, глибина, діаметри та ін. Разом з тим під час шліфування відомі залежності, що визначають співвідношення між об'ємами підведеного металу та зношеного абразиву.

Продуктивність шліфування, крім формоутворення, пов'язана з процесами теплової напруженості, точності та отримання якості обробленої поверхні, впливає на знос круга.

Відомо, що швидкості зношення абразиву та підведення матеріалу заготовки за деякий час, або відповідні об'єми за цей же час, пов'язані між собою співвідношенням $Q_a = C_Q \cdot (Q_n(a_i))^m$, де для діапазону швидкостей різання $V=35 \div 100$ м/с значення коефіцієнтів змінюються $C_Q=0,1 \div 0,6$, $m=1,8 \div 1,5$.

Для методу глибинного поздовжнього шліфування

$$V_n = \omega \cdot (\alpha \cdot p + \theta \cdot (R + r)). \quad (10)$$

Питома продуктивність визначають

$$Q_y(i) = \omega_\delta \cdot R \cdot (\theta_2 - \theta_1) \cdot \left[p \cdot \frac{t - I_i}{S_0} + \frac{1}{2} (R + r) \cdot (\theta_2 + \theta_1) \right], \quad (11)$$

де $Q_1 = \frac{-p \cdot \alpha}{(r + R)}$.

Ці об'єми за деякий час, наприклад 1 хвилину, відповідно можна визначити

$$Q_a = (dI_i) \cdot 2\pi \cdot R_i. \quad (12)$$

Далі рекурентним способом визначають кути нахилу ділянок профілю до осі інструменту. $(dI_i) \cdot 2\pi \cdot R_i = C_Q \cdot (Q_y(\alpha_i) \cdot d\tau)^m$,

де m – показник степеня, C – коефіцієнт.

Проаналізуємо можливе значення кута α забірної конуса, порівнюючи між собою значення V_n режимів двох вказаних процесів шліфування (табл. 3).

Таблиця 3

Режими поздовжнього шліфування та характеристики інтенсивності процесу

Швидкість кругової подачі	Радіуси круга та деталі		Кут α	Подача поздовжня	Припуск	Кутова швидкість деталі	Межі контакту		Нормальна швидкість	Питома продуктивність		Відстані між Поверхнями	Режим обробки
	R	r					θ_1	θ_2		Q_y	Q_a		
Вд	2	3	4	Sn	t	од	8	9	Vn	11	12	an	14
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1.1. Шліфувальний круг 1 - 400x40x127 25A F60 (25) см1													
50	200	30	0,00	12,0	0,020	27,78	-0,0005	0,005	32,7	5,0	16,5	7,4	Чистова
45	200	30	0,00	16,0	0,050	25,0	-0,0014	0,008	46,5	15,0	36,6	11,7	Напівчистова

Закінчення табл. 3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
40	200	25	0,00	20	0,020	26,67	-0,0006	0,005	28,3	6,7	13,2	6,7	Чорнова
35	200	25	0,00	24	0,020	23,33	-0,0006	0,005	24,8	7,0	11,5	6,7	Чорнова
30	200	20	0,00	28	0,020	25	-0,0006	0,004	23,5	7,0	9,9	5,9	Чорнова
1.2. Шліфувальний круг 1 - 300x40x127 25A F60 (25) см1													
50	150	30	0,00	12,0	0,020	27,8	-0,0007	0,007	33,4	5,0	16,5	7,5	Чистова
45	150	25	0,00	16,0	0,020	30	-0,0007	0,006	32,4	6,0	14,8	6,8	Напівчистова
40	150	20	0,00	20	0,020	33,3	-0,0007	0,006	31,8	6,7	13,1	6,0	Чорнова
35	150	20	0,00	24	0,020	29,2	-0,0007	0,006	27,8	7,0	11,5	6,0	Чорнова
30	150	15	0,00	28	0,020	33,3	-0,0008	0,005	27,1	7,0	9,8	5,1	Чорнова
2.1. Шліфувальний круг 1 - 400 x 40 x 127 14A F90-36													
40	200	30	0,00	12,0	0,015	22,222	-0,0004	0,004	22,6	3,0	9,9	6,4	Чистова
40	200	30	0,00	16,0	0,015	22,222	-0,0004	0,004	22,6	4,0	9,9	6,4	Напівчистова
35	200	25	0,00	20	0,015	23,333	-0,0004	0,004	21,5	4,4	8,7	5,8	Чорнова
35	200	25	0,00	24	0,015	23,333	-0,0004	0,004	21,5	5,3	8,7	5,8	Чорнова
35	200	20	0,00	28	0,015	29,167	-0,0004	0,004	23,7	6,1	8,7	5,1	Чорнова
2.2. Шліфувальний круг 1 - 350 x 40 x 127 14A F90-36													
40	175	30	0,00	12,0	0,020	22,222	-0,0006	0,006	26,4	4,0	13,2	7,452	Чистова
40	175	25	0,00	16,0	0,020	26,667	-0,0006	0,005	28,5	5,3	13,2	6,720	Напівчистова
35	175	20	0,00	20	0,020	29,167	-0,0006	0,005	27,6	5,8	11,5	5,936	Чорнова
35	175	20	0,00	24	0,020	29,167	-0,0006	0,005	27,6	7,0	11,5	5,936	Чорнова
35	175	15	0,00	28	0,020	38,889	-0,0007	0,004	31,4	8,2	11,4	5,075	Чорнова
3.1. Шліфувальний круг 1 - 38A 200x10x32 60NVBE (Korund)													
33	100	50	0,00	3,0	0,015	11	-0,0013	0,014	23,4	1,2	16,4	13,3	Чистова
30	100	40	0,00	4,0	0,015	12,5	-0,0013	0,013	22,9	1,5	14,9	11,5	Напівчистова
25	100	30	0,00	5	0,015	13,889	-0,0014	0,012	21,3	1,6	12,3	9,6	Чорнова
20	100	25	0,00	6	0,015	13,333	-0,0015	0,011	18,3	1,5	9,8	8,6	Чорнова
20	100	20	0,00	7	0,015	16,667	-0,0016	0,010	20,0	1,8	9,8	7,5	Чорнова
3.2. Шліфувальний круг 1 - 150x10x32 38A 100MVS (Norton)													
33	100	50	0,00	3,0	0,020	11	-0,0015	0,018	24,6	1,2	16,4	14,1	Чистова
30	100	40	0,00	4,0	0,020	12,5	-0,0016	0,017	24,0	1,5	14,9	12,1	Напівчистова
25	100	30	0,00	5	0,020	13,889	-0,0018	0,015	22,1	1,6	12,4	10,0	Чорнова
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
20	100	25	0,00	6	0,020	13,333	-0,0019	0,014	18,9	1,5	9,8	8,9	Чорнова
20	100	20	0,00	7	0,020	16,667	-0,0020	0,013	20,6	1,8	9,8	7,8	Чорнова

Висновки і пропозиції. Запропоновано визначати інтенсивність методу шліфування, використовуючи скалярний добуток векторів, який містить локальну інформацію про навантаження ділянок у межах контакту та визначає відстані між сусідніми поверхнями різання. Розроблено рекомендації вибору режимів різання для нових перспективних методів [4] на базі попереднього досвіду роботи з існуючими методами. Зроблено порівняльний аналіз вискоєфективних методів обробки: врізного та поздовжнього глибинного шліфування.

Список використаних джерел

1. *Абразивная и алмазная обработка материалов* : справочник / под ред. А. Н. Резникова. – М. : Машиностроение, 1977. – 392 с.
2. *Лур'є Г. Б. Шлифовальные станки и их наладка* / Г. Б. Лур'є, В. Н. Комиссаржевская. – М. : Высшая школа, 1976. – 415 с.
3. *Справочник технолога-машиностроителя* : в 2 т. Т.2 / под ред. А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова. – М. : Машиностроение, 1985. – 656 с.
4. *Пат. 92147 Україна МПК (2014) В 24 В 5/04 Спосіб шліфування впалих поверхонь обертання конічною поверхнею торця абразивного інструмента* / Рудик А. В., Рудик В. А. ; заявники та патентовласники Рудик А. В., Рудик В. А. – №u201310754 ; заявл. 06.09.13 ; опубл. 11.08.14, Бюл. №15.

5. *Круглое шлифование с ЧПУ / Проспект фирмы "Junker maschinen" на станке "Quickpoint 1001" и "Quickpoint 1002".* Erwin Junker. Maschinen fabric Gmbh, Junkerstraße 2. Postfach 25. D 7618 Nordrach. – Germany, 1991. –16 с.

6. *Филимонов Л. Н.* Высокоскоростное шлифование / Л. Н. Филимонов. – Л. : Машиностроение, 1979. – 248 с.

7. *Рудик А.В.* Продуктивність вискоелективного позовжнього та глибинного шліфування поверхонь обертання периферією та торцем орієнтованим абразивним інструментом / А. В. Рудик, В. І. Венжега // Вісник Чернігівського державного технологічного університету. Серія «Технічні науки». – 2015. – № 1 (77). – С. 59–64.

References

1. Reznikov A.N. (1977). *Abrazivnaia i almaznaia obrabotka materialov [Abrasive and diamond material processing]*. M.: Mashinostroenie (in Russian).

2. Lur G.B., Komissarzhevskaja V.N. (1976). *Shlifovalnye stanki i ikh naladka [Grinding machines and their adjustment]*. M.: Vysshiaia shkola (in Russian).

3. Kosilova A.G. & Meshcheriakov R.K. (1985). *Spravochnik tekhnologa-mashinostroitelia [Directory technologist-machinist]*. Vol. 2. M.: Mashinostroenie (in Russian).

4. Rudyk A.V., Rudyk V.A. (2014). *Sposib shlifuvannia vpalykh poverkhon obertannia konichnoi poverkhnei torsia abrazyvnoho instrumenta [Method fallen grinding surfaces of revolution conical end surface of the abrasive tool]*. Patent RF No. 92147.

5. *Krugloe shlifovanie s CHPU/Prospekt firmy Junker maschinen na stanke Quickpoint 1001 i Quickpoint 1002 Erwin Junker Maschinen fabric Gmbh Junkerstra e 2 Postfach 25 D 7618 Nordrach (1991) [Cylindrical grinding CNC "Junker maschinen" company prospectus on the machine "Quickpoint, 1001" and "Quickpoint, 1002".* Erwin Junker. Maschinen fabric Gmbh, Junkerstraße 2. Postfach 25. D 7618 Nordrach]. Germany (in Russian).

6. Filimonov L.N. (1979). *Vysokoskorostnoe shlifovanie [High-speed grinding]*. L.: Mashinostroenie (in Russian).

7. Rudyk A.V., Venzheha V.I. (2015). *Produktyvnist vyskoefektyvnoho pozdovzhnoho ta hlybynnoho shlifuvannia poverkhon obertannia peryferiieiu ta tortsem oriientovany abrazyvny instrumentom [Performance is highly length and depth grinding surfaces of revolution periphery and end face oriented abrasive]*. *Visnyk Chernihivskoho derzhavnoho tekhnolohichnoho universytetu. Serii "Technichni nauky" – Visnyk of Chernihiv State Technological University. Series "Technical sciences"*, no. 1 (77), pp. 59–64 (in Ukrainian).

Рудик Андрій Васильович – кандидат технічних наук, доцент кафедри автомобільного транспорту та галузевого машинобудування, Чернігівський національний технологічний університет (вул. Шевченка, 95, м. Чернігів, 14027, Україна).

Рудик Андрей Васильевич – кандидат технических наук, доцент кафедры автомобильного транспорта и отраслевого машиностроения, Черниговский национальный технологический университет (ул. Шевченко, 95, г. Чернигов, 14027, Украина).

Rudyk Andriy – PhD in Technical Sciences, Associate Professor of Department of Road Transport Industry and Mechanical Engineering, Chernihiv National University of Technology (95 Shevchenko Str., 14027 Chernihiv, Ukraine).

E-mail: andrei.rudik@gmail.com

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-3582-9279>

ResearcherID: H-7173-2014

Следнікова Олена Сергіївна – аспірант, асистент кафедри автомобільного транспорту та галузевого машинобудування, Чернігівський національний технологічний університет (вул. Шевченка, 95, м. Чернігів, 14027, Україна).

Следникова Елена Сергеевна – аспирант, ассистент кафедры автомобильного транспорта и отраслевого машиностроения, Черниговский национальный технологический университет (ул. Шевченко, 95, г. Чернигов, 14027, Украина).

Sliednikova Olena – PhD student, assistant of Road Transport Industry and Mechanical Engineering, Chernihiv National University of Technology (95 Shevchenko Str., 14027 Chernihiv, Ukraine).

E-mail: s_lena_s@bigmir.net

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-5444-1747>

ResearcherID: N-4430-2015

Подзюліна Аліна Петрівна – асистент кафедри автомобільного транспорту та галузевого машинобудування, Чернігівський національний технологічний університет (вул. Шевченка, 95, м. Чернігів, 14027, Україна).

TECHNICAL SCIENCES AND TECHNOLOGIES

Подзолкіна Аліна Петрівна – асистент кафедри автомобільного транспорту і отраслевого машиностроєння, Чернігівський національний технологічний університет (ул. Шевченко, 95, г. Чернігів, 14027, Україна).

Podzolkina Alina – assistant of Road Transport Industry and Mechanical Engineering, Chernihiv National University of Technology (95 Shevchenko Str., 14027 Chernihiv, Ukraine).

E-mail: itmia@ukr.net

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-0908-0401>

ResearcherID: J-1272-2016

Куций Олег Юрійович – студент, Чернігівський національний технологічний університет (вул. Шевченка, 95, м. Чернігів, 14027, Україна).

Куций Олег Юрьевич – студент, Чернігівський національний технологічний університет (ул. Шевченко, 95, г. Чернігів, 14027, Україна).

Kutsiy Oleg – student, Chernihiv National University of Technology (95 Shevchenko Str., 14027 Chernihiv, Ukraine).

E-mail: Johnloki@yandex.ua