

## ЗМЕНШЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ВИТРАТ ПРИ РІЗАННІ МЕТАЛОПРОКАТУ НА МОНТАЖНИХ ДІЛЯНКАХ

**В**ідрізні операції при проведенні будівельно-монтажних робіт є масовими та трудомісткими. У переважній більшості випадків вони виконуються за допомогою ручних шліфувальних машин і переносних маятникових пил з абразивними робочими органами. Враховуючи, що зносостійкість абразивних армованих кругів залежить від жорсткості шпindelного вузла машини, різання ручними машинами доцільне тільки в тих випадках, якщо це неможливо виконати на переносній маятниковій пилі або стаціонарній машині. При цьому, максимальний діаметр відрізних кругів, що встановлюються на ручні шліфувальні машини, складає 230 мм, а ними доцільно розрізати за один прохід труби діаметром до 40 мм. Водночас, на монтажних і будівельних майданчиках масовому різанню підлягають труби діаметром до 159 мм, що виконується, як правило, за допомогою маятникових пил, робочими органами яких є абразивні армовані круги діаметром 300, 400 і 500 мм [1].

У теперішній час на монтажних роботах використовуються різні конструкції маятникових пил, які мають істотні недоліки, зокрема велику масу, недосконалі конструкції затискних пристроїв. Тому метою роботи є розроблення вимог, які слід враховувати при проектуванні машин, робочими органами яких є абразивні армовані круги.

Для конструювання маятикової пили потрібно визначити тангенціальні та нормальні зусилля різання, необхідні для встановлення потужності приводу та зусилля на рукоятці маятикової пили. При цьому враховувалося, що оброблюваний матеріал руйнується тільки за рахунок дії тангенціальних сил  $P_Z$ , рівномірно розподілених по усій площі контакту та пов'язаних із нормальними силами  $P_Y$  відношенням  $P_Z = k_T P_Y$ , де  $k_T$  – коефіцієнт тертя.

Робота, витрачена на руйнування матеріалу при різанні, може бути визначена із залежності

$$dA_0 = P_Z dl_K \quad (1)$$

$$\text{або } dA_0 = q_V dV = q_V \cdot H \cdot a_C \cdot dl_K, \quad (2)$$

де  $q_V$  – коефіцієнт пропорційності (енергоємність), що визначається експериментально та є



**Ю.Д. Абрашкевич**  
професор кафедри  
«Будівельні машини ім. Ю.О. Ветрова»  
Київського національного університету  
будівництва і архітектури,  
заслужений діяч науки і техніки України,  
д.т.н., професор



**Л.Є. Пелевін**  
професор кафедри  
«Будівельні машини ім. Ю.О. Ветрова»  
Київського національного університету  
будівництва і архітектури,  
к.т.н., професор



**Г.М. Мачишин**  
доцент кафедри  
«Будівельні машини ім. Ю.О. Ветрова»  
Київського національного університету  
будівництва і архітектури,  
к.т.н.

таким, що дорівнює потужності, яка витрачається на руйнування одиничного об'єму матеріалу за одиницю часу, Дж/м<sup>3</sup>;

$dV$  – елементарний зруйнований об'єм матеріалу, м<sup>3</sup>;

$dl_K$  – елементарна довжина площі по дузі контакту, м;

$$a_C = \frac{V_n}{V_p} \int_0^{l_K} \sin \varphi_0 dl_K - \text{глибина зрізу, що від-}$$

повідає площі поверхні  $l_K$ , м [2, 3];

$\varphi_0$  – центральний кут, що характеризує розмір зони контакту, рад.

Порівнюючи (1) та (2), отримаємо:

$$P_Z = q_V H a_C = q_V H \frac{V_n}{V_p} \int_0^{l_K} \sin \varphi_0 dl_K. \quad (3)$$

Враховуючи, що  $\varphi_0 = \frac{l_K}{R_0}$ , отримаємо:

$$P_Z = R_0 q_V H \frac{V_n}{V_p} \left( 1 - \cos \frac{l_K}{R_0} \right), \quad (4)$$

де  $R_0$  – радіус абразивного круга, м.

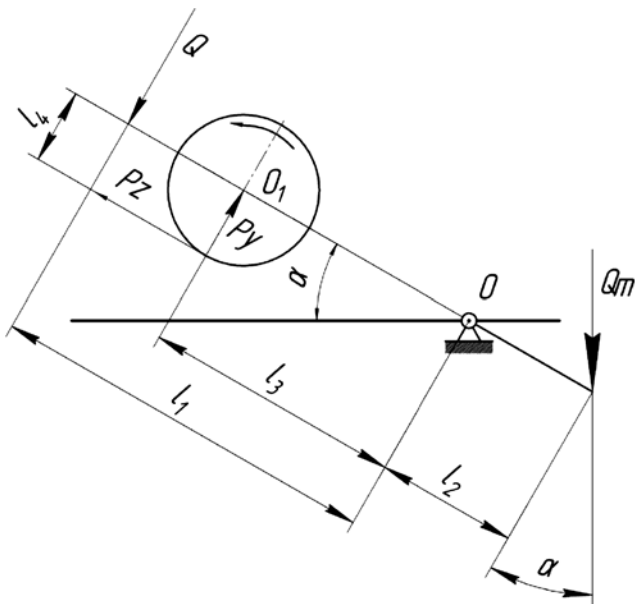


Рис. 1. Схема до розрахунку зусилля на рукоятці маятникової пили

Потужність, що витрачається на різання,

$$N = P_Z V_p = R_0 q_V H V_n \left( 1 - \cos \frac{l_K}{R_0} \right). \quad (5)$$

Експериментальна перевірка отриманих теоретичних залежностей проводилася на спеціальних стендах шляхом тензометрування. Встановлено, що при різанні металу коефіцієнт тертя  $k_T = P_Y / P_Z = 0,35 \dots 0,4$ , а енергоємність  $q_V = 3,6 \cdot 10^9$  Дж/м<sup>3</sup>.

Різнання на маятниковій пилі здійснюється шляхом ручної подачі абразивного круга на виріб, закріплений у затискному пристрої. Зусилля на рукоятці можна визначити (рис. 1) за формулою

$$Q = \frac{P_Z l_4 + P_Y l_3 + g Q_m \cos \alpha l_2}{l_1}, \quad (6)$$

де  $Q_m$  – маса електродвигуна, кг;  $\alpha$  – кут нахилу маятника, град;  $l_1$  – відстань від точки прикладання навантаження на рукояті до точки закріплення маятника, м;  $l_2$  – відстань від точки закріплення двигуна до точки закріплення маятника, м;  $l_3$  – відстань від точки закріплення круга до точки закріплення маятника, м;  $l_4$  – відстань від центра круга до точки його зіткнення з матеріалом, що розрізається, м.

Враховуючи, що маса електродвигуна має бути урівноважена, зусилля на рукоятці становить:

$$Q = \frac{P_Z l_4 + P_Y l_3}{l_1}. \quad (7)$$

Відомо, що на зносостійкість абразивного армованого круга вирішальний вплив чинять теплові процеси [4], що відбуваються у крузі в процесі різання.

Ефективна потужність привідної машини пропорційна потужності, що витрачається при роботі поодиноким зерном:

$$N_{\text{еф}} = q^0 \frac{N_k}{2\pi R_0}, \quad (8)$$

де  $q^0 = \frac{A_0}{\tau_p} = \frac{2\pi R_0}{N_k l_K}$  – потужність, що витрачається під час роботи поодиноким зерном;  $N_k$  – кількість абразивних зерен на різальній кромці круга;  $A_0$  – енергія, що витрачається на різання, Дж;  $\tau_p$  – час різання, с.

Аналіз залежності (8) показав, що потужність пропорційна довжині дуги контакту, оскільки з її збільшенням зростає кількість зерен круга, що беруть участь у знятті стружки, і відповідно температура в контактній зоні. Водночас при мінімальних значеннях дуги контакту та потужності зменшується продуктивність (рис. 2,в). Проте в даному випадку не зниження продуктивності є визначальним чинником, а зменшення потужності, що витрачається, яка безпосередньо пов'язана з масою ручної або переносної машини та має бути по можливості мінімальною. Враховуючи, що коефіцієнт використання зазначених машин на монтажних роботах складає 0,2...0,4, збільшення часу обробки може бути компенсовано за рахунок досконалішої конструкції затискних пристроїв.

Найбільш масовому різанню на будівельно-монтажних роботах підлягають труби. Існуючі маятникові пили дозволяють виконувати їх різання за схемою, приведеною на рис. 3,а, коли осі труби та круга співпадають. У цьому випадку, як видно з епюри, максимальні термічні навантаження виникають при виході круга, коли він «гарячий». Згідно з запропонованою схемою різання, коли осі труби та круга зміщені між собою на кут  $\alpha_1$ , максимальні термічні навантаження виникають при врізанні круга, коли він ще «холодний» (рис. 3,б). За такою схемою різання зносостійкість круга істотно підвищується. Раціональні кути різання труб приведені в таблиці.

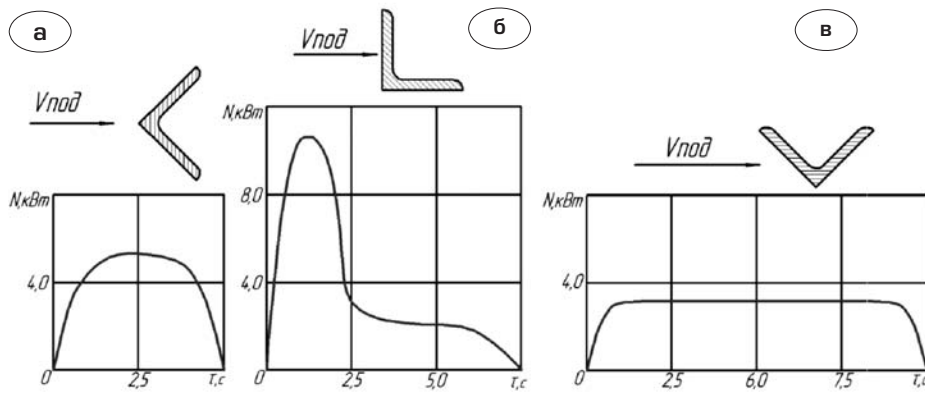


Рис. 2. Потужність ( $N$ ) і час ( $\tau$ ), що витрачаються на різання залежно від розташування кутника

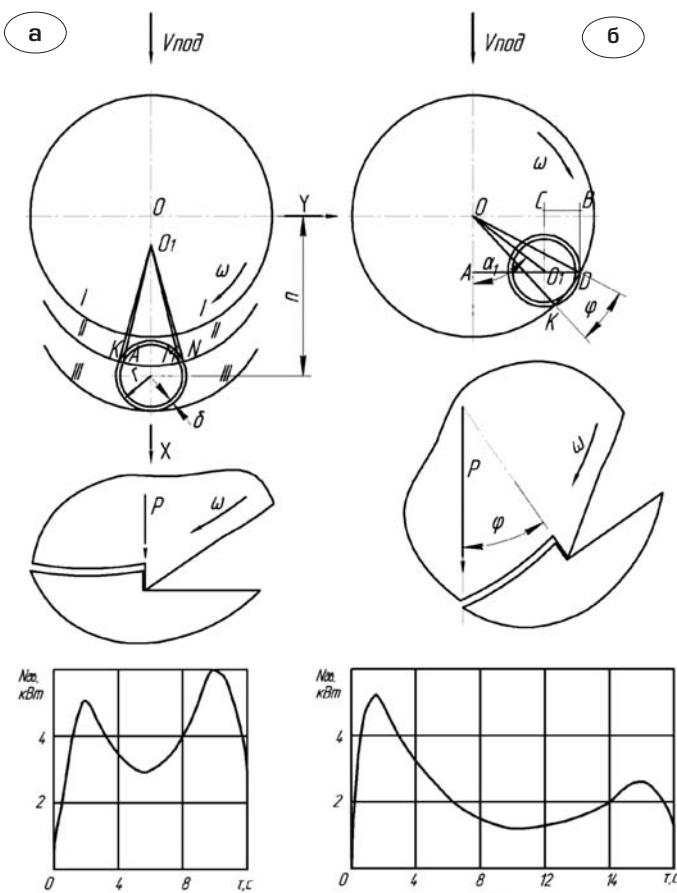


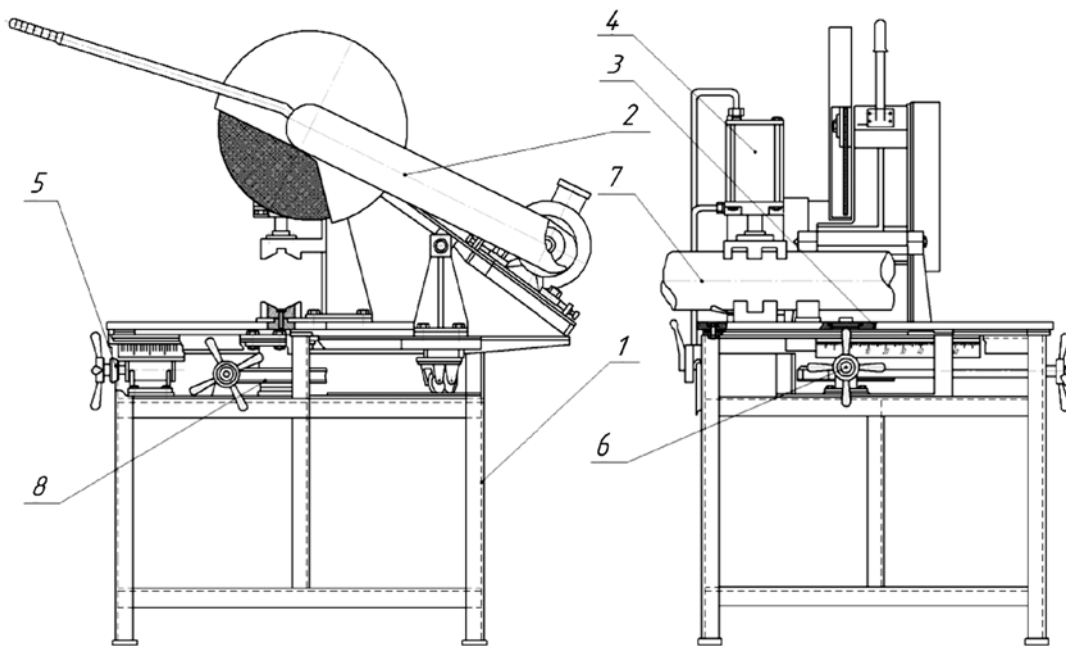
Рис. 3. Існуюча (а) та запропонована (б) схеми різання

Запропоновану схему доцільно використовувати також при різанні ручною шліфувальною машиною. У такому разі енергоємність обробки знижується внаслідок того, що при різанні без зміщення осі труби зусилля робітника витрачається в основному на деформацію стружки, оскільки співпадають із нормальною складовою зусилля різання. При роботі під кутом  $\alpha_1$  зменшується кількість енергії, що витрачається на різання, за рахунок збільшення навантаження на робітника.

Результати проведеної роботи були використані при розробленні маятникової пили (рис. 4), яка складається із станини 1, маятника 2, поворотного столу 3, на якому закріплений затискний пристрій 4 із можливістю руху для зміни кута  $\alpha_1$ . Поворот затискного пристрою 4 відносно абразивного круга при різанні труб і металопрокату під кутом  $0 \dots 45^\circ$  виконується за допомогою конічної передачі 5 штурвалом 6. Різання труб 7 здійснюється шляхом зміщення затискного пристрою 4 (рис. 3,б). Фіксація поворотного столу 3 виконується стрічковим гальмом 8.

#### Раціональні кути $\alpha_1$ різання труб

Умовний діаметр труби, мм	Початковий діаметр круга, мм	Діаметр зношеного круга, мм	$\alpha_{1max}$ , рад.	$\alpha_{1min}$ , рад.	$\alpha_{1cp}$ , рад.
150	500	440	0,54	0,49	0,515
125	500	385	0,62	0,51	0,665
100	500	335	0,69	0,54	0,615
80	500	295	0,77	0,57	0,67
125	400	385	0,52	0,51	0,515
100	400	335	0,61	0,54	0,575
80	400	295	0,69	0,57	0,63
70	400	270	0,75	0,6	0,675
50	400	234	0,85	0,66	0,755
70	300	270	0,64	0,6	0,620
50	300	235	0,75	0,66	0,705



**Рис. 4.**  
Маятникова пила  
конструкції КНУБА

**Технічна характеристика маятничкової пили**

Діаметр труби, що розрізається	50...159 мм
Труба квадратного профілю	До 140 мм
Труба прямокутного профілю	До 250x100 мм
Кутник	До 100x100 мм
Двотавр	22
Швелер	24
Кут різання	0...45°
Різальний інструмент	Круг абразивний армований 500x5x32 ГОСТ21963-2002
Кругова швидкість абразивного круга	80 м/с
Частота обертання шпинделя	3060 об/хв
<b>Привід:</b>	
– електродвигун	АИР 112М2
– потужність	7,5 кВт
– частота обертання	2920 об/хв
– струм	15 А
– частота струму	50 Гц
– напруга	380 В
<b>Габаритні розміри</b>	1640x1030x1700
<b>Маса не більше</b>	350 кг

Макет маятничкової пили успішно пройшов перевірку в лабораторних умовах КНУБА.

Виконані дослідження дають змогу зменши-

ти енерговитрати та відповідно масу машини, а також зносостійкість абразивних армованих кругів при різанні труб та металопрокату.

- [1] Обладнання для монтажних робіт / Ю.Д. Абрашкевич, Л.Є. Пелівін, В.П. Рашківський – Київ: КНУБА, 2016. – 232 с.  
 [2] Никулин В.В. К определению глубины реза зубками барабанных режущих органов. Известия вузов. Горный журнал, 1966, № 4. С. 90–94.  
 [3] Розенберг А.М. Динамика фрезерования. – М.: Советская наука, 1945. – 360 с.

- [4] Вплив теплових процесів на роботоздатність відрізних інструментів / Ю.Д. Абрашкевич, А.Г. Поліщук // Всеукраїнський збірник наукових праць «Гірничі, будівельні, дорожні та меліоративні машини». – 2013. – № 81. – С. 37–42.

Надійшла 17.11.2016 р.