

Визначення енерговитрат роботи скребкового екскаватора в умовах критично глибинного різання ґрунту різцями

Святослав Кравець¹, Володимир Супонев², Олексій Гапонов³

Національний університет водного господарства та природокористування

¹ s.v.kravets@nuwm.edu.ua, orcid: <http://orcid.org/0000-0003-4063-1942>

Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет

² v-suponev@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0001-7404-6691>

³ kaf_bdm@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0002-7853-3005>

ВСТУП

Прокладання лінійно-протяжної частини трубопроводів різного призначення пов'язано з виконанням великого обсягу земляних робіт, значна доля яких припадає на копання траншеї [1], яке виконується з використанням спеціальних траншейних екскаваторів безперервної дії до яких належать також багато скребкові ланцюгові екскаватори.

Від енерговитрат на процес розробки ґрунту цими машинами залежать темпи та собівартість виконання робіт по прокладанню інженерних комунікацій. Одним з напрямів вдосконалення робочого обладнання, яке націлено на підвищення ефективності його роботи є використання принципу критичноглибинного різання ґрунту різцями екскаватора.

МЕТА

Метою роботи є визначення зусиль і енергоемності блокованого критично глибинного різання ґрунту різцями багатоскребкових траншеєкопачів.

ОСНОВНА ЧАСТИНА

На основі знання довжини [2] лемеша сила блокованого різання одним різцем дорівнює

$$P_{1\text{бл.}} = q_{\text{сер}} \cdot l_{\text{бл.}} \cdot b_{\text{бл.}} \cdot \sin \alpha_p (1 + f \cdot \text{ctg} \alpha_p), \quad (1)$$

де $q_{\text{сер}}$ – середній тиск ґрунту на леміш різця; $b_{\text{бл.}}$, $l_{\text{бл.}}$ – відповідно ширина та довжина

лемеша; α_p – кут різання лемеша, який згідно з [3, 4] з умови найменшого значення енергоемності блокованого різання знаходиться в межах $\alpha_p = 20 \dots 30^\circ$.

Число різців, що одночасно розробляють ґрунт в умовах блокованого різання, якщо в забої знаходиться одна група різців ($Z_{\text{зр}}^3 = 1$), дорівнює $Z_p = i_{\text{л.}}^{\text{бл.}}$. Тоді сумарна сила блокованого різання всіма різцями визначиться наступним чином

$$\begin{aligned} P_{\sum P} &= (i_{\text{л.}}^{\text{бл.}} - 2) P_{\text{бл.}} + 2P'_{\text{бл.}} + P_{\sum \epsilon} = \\ &= \left[(i_{\text{л.}}^{\text{бл.}} - 2) l_{\text{бл.}} b_{\text{бл.}} + 2l'_{\text{абл.}} b'_{\text{бл.}} \right] q_{\text{сер}} \cdot \\ &\cdot \sin \alpha_p (1 + \text{fctg} \alpha_p) + P_{\sum \epsilon}, \end{aligned} \quad (2)$$

де $P'_{\text{бл.}}$ – сила асиметричного блокованого різання крайнім боковим різцем; $b'_{\text{бл.}}$, $l'_{\text{бл.}}$ – відповідно ширина та довжина лемеша бокових різців. $P_{\sum \epsilon}$ – сумарна сила вільного різання ґрунту, який залишився незруйнованим у фронтальному поперечному перерізі між різцями у вигляді трикутників з основою a_p і висотою $h_{\text{кр}}$ [4, 5].

$$P_{\sum \epsilon} = \left[\begin{aligned} & -(\sin \psi_\epsilon + \text{tg} \varphi_0 \cdot \cos \psi_\epsilon) \cdot \\ & \frac{\cos(\alpha_p + \varphi + \psi_\epsilon)}{\cos \varphi \cdot \sin \alpha_p} q_0 + \\ & + c \cdot \text{ctg} \psi_\epsilon \end{aligned} \right] \cdot h_{\text{кр}}^2 \cdot (i_{\text{л.}}^{\text{бл.}} - 1), \quad (3)$$

де ψ_ϵ – кут зсуву ґрунту у фронтальній (повздовжній) площині при вільному різанні ґрунту

$$\psi_\epsilon = 90^\circ - \frac{\alpha_p + \varphi + \varphi_0}{2}, \quad (4)$$

Сила опору транспортування зрізаного ґрунту по поверхні забою дорівнює [5]

$$P_{mp} = \frac{Bh_{kp} \cdot H\gamma_{zp}}{k_p \sin \beta} (1 + \operatorname{tg} \varphi_0 \cdot \operatorname{ctg} \alpha). \quad (5)$$

Сила натягу ланцюга, що необхідна на підйом ґрунту із забою, дорівнює силі тяжіння цього ґрунту

$$P_{nid} = Bh_c \gamma_{zp} \left(\frac{H}{2} + H_0 \right) \cdot \frac{k_n}{\sin \alpha \cdot k_p}, \quad (6)$$

Тоді сумарне зусилля в ланцюгу, якщо в забої знаходиться Z_{zp}^3 різців, дорівнює

$$P_\Sigma = \left(P_{\Sigma P} + P_{mp} + P_{nid} \right) Z_{zp}^3, \quad (7)$$

Енергоємність руйнування одного кубічного метра ґрунту чисельно дорівнює питомому опору копанню

$$E_{m^3} = \frac{P_\Sigma \cdot 1 \text{ м}}{B \cdot h_{kp} \cdot 1 \text{ м}}, \quad (8)$$

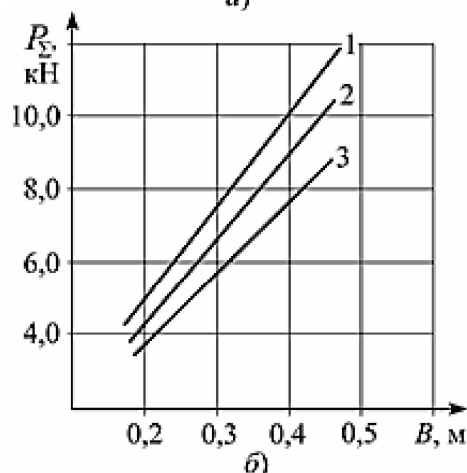
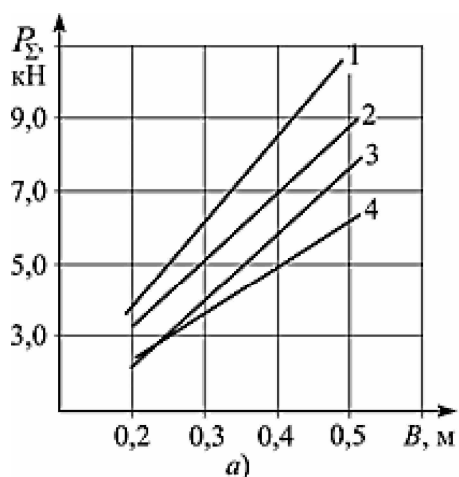


Рис.1. Залежність сумарної сили копання від ширини траншеї (ґрунт – напівтвердий суглинок): а – для $b_{0l}=0,02$ м; б – для $b_{0l}=0,03$ м: 1) $\alpha_p=20^\circ$; 2) $\alpha_p=30^\circ$; 3) $\alpha_p=40^\circ$; 4) $\alpha_p=50^\circ$

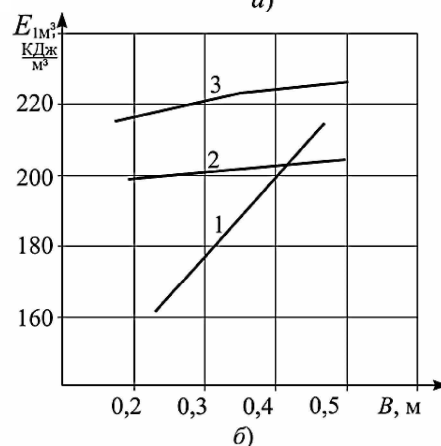
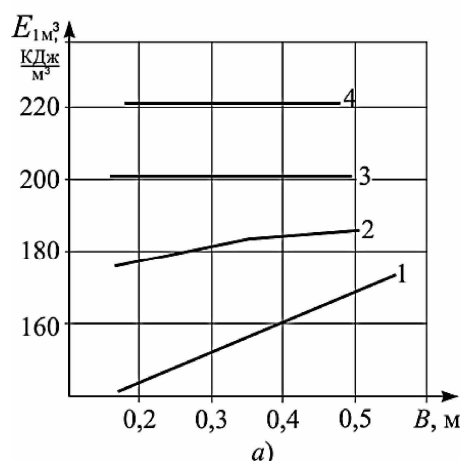


Рис.2. Залежність енергоємності розробки одного кубічного метра ґрунту від ширини траншеї (ґрунт – напівтвердий суглинок): а – для $b_{0l}=0,02$ м; б – для $b_{0l}=0,03$ м: 1) – $\alpha_p=20^\circ$; 2) – $\alpha_p=30^\circ$; 3) – $\alpha_p=40^\circ$; 4) – $\alpha_p=50^\circ$

Необхідна потужність двигуна на привод ланцюгово-скребкового робочого органу

$$N_{p.o} = \frac{(P_{\Sigma P} + P_{mp} + P_{nid}) Z_{zp}^3 g_p}{\eta_{np} \cdot \eta_{ланц.}}, \quad (9)$$

де η_{np} , $\eta_{ланц.}$ – відповідно коефіцієнти корисної дії привода та ланцюга [1, 7].

На Рис.1 і 2 приведені залежності сумарного зусилля натягу ланцюга та енергоємності розроблення 1 м³ ґрунту від ширини траншеї та кута різання різців.

Аналіз розрахункових даних показав, що сумарна сила критичноглибинного різання прямопропорційно зростає із збільшенням ширини траншеї для всіх кутів різання в межах $\alpha_p = 20 \dots 50^\circ$. Із зменшенням кута різання критичноглибинна сила різання зростає, що пояснюється збільшенням критичної глибини різання та подачі на різець. Енергоємність робочого процесу, навпаки, мінімальні значення приймає при кутах різання різців $\alpha_p = 20 \dots 30^\circ$, прямопропорційно зростаючи із збільшенням ширини траншеї.

При кутах різання різців $\alpha_p = 40 \dots 50^\circ$ енергоємність стабілізується та практично не залежить від ширини траншеї. При цьому енергомісткість (відношення енергоємності до продуктивності E_m^3) робочого процесу при розробці ґрунту II категорії (напівтвердий суглинок) знаходиться в межах: для $b_{бл.} = 0,02$ м – $E_m = 0,22 \dots 0,39$ кВт·год/м³; для $b_{бл.} = 0,03$ м – $E_m = 0,20 \dots 0,22$ кВт·год/м³, тобто енергомісткість зменшується із збільшенням ширини різців, що підтверджується результатами інших досліджень [6].

ВИСНОВКИ

1. Сумарні сили різання та копання прямопропорційно збільшуються з шириною траншеї для кутів різання $20^\circ \dots 50^\circ$. Із зменшенням кута різання критичноглибинна сила різання зростає у зв'язку із збільшенням критичної глибини та подачі на різець.

2. Енергоємність робочого процесу мінімальні значення приймає при кутах різання $\alpha_p = 20^\circ \dots 30^\circ$ та прямопропорційно зростає із збільшенням ширини траншеї, а при кутах різання різців $\alpha_p = 40^\circ \dots 50^\circ$ стабілізується та практично не залежить від ширини траншеї.

Ключові слова: Розробка траншей, скребкові екскаватори, інженерні комунікації, різання ґрунту, критична глибина, різці.

ЛІТЕРАТУРА

1. **Мусійко В.Д., 2008.** Екскаватори поздовжнього копання: навч. посіб. К., НТУ, Віпол, 240.
2. **Кравець С.В., Бундза О.З., Супонев В.М., Гапонов О.О., 2020.** Визначення довжини лемеша та сили різання ґрунту різцями (зубами) траншейних екскаваторів. Вісник ХНАДУ, Вип.88, Т.2, 78-85.
3. **Летопольский А.Б., 2011.** Выбор и обоснование конструктивных параметров режущих рабочих органов траншейного цепного экскаватора: дис. к.т.н. Омск, 160.
4. **Кравець С.В., Скоблюк М.П., Стіньо О.В., Зоря Р.В., 2018.** Критичноглибинні двоярусні ґрунторозпушувачі: монографія. Рівне, НУВГП, 232.
5. **Косяк О.В., Гапонов О.О., Пухтасевич О.Г., 2018.** Передумови створення критичноглибинних режимів роботи багатоскребкових ланцюгових екскаваторів. Стр-во, Материаловедение, Машиностроение. Серия: Подъемно-трансп., стрит., дор. машины и оборуд., Вып.103, 145-151.
6. **Мусійко В.Д., 2016.** Теорія та створення інноваційних землерийних машин безперервної дії: монографія К., НТУ, СПД Чалчинська Н.В., 208.
7. **Машини для земляних робіт: підручник, 2014.** Хмара Л.А., Кравець С.В., Скоблюк М.П та ін., за заг. ред. д.т.н., професорів Л.А. Хмари та С.В. Кравця. Х., ХНАДУ, 548.