

Встановлення технічної продуктивності ланцюгового екскаватора з різцями, що працюють в умовах критично глибинного різання ґрунтів

Олексій Гопонов

Харківський національний автомобільно-дорожній університет
вул. Ярослава Мудрого, 25, м. Харків, Україна, 61002
alexgap7@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0002-7853-3005>

Отримано 14.05.2021, прийнято 19.05.2021
<https://doi.org/10.32347/tit2141.0210>

ВСТУП

Запропоновано розрахункову залежність для визначення технічної продуктивності ланцюгового екскаватора з різцями, що працюють в умовах критичноглибинного різання ґрунтів. Надано оцінку для практичного впровадження результатів дослідження.

МЕТА І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Мета дослідження полягає у встановленні закономірностей процесу різання ґрунту різцями ланцюгового траншейного екскаватора в умовах критично глибинного різання та створення розрахункової залежності для визначення його технічної продуктивності.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ОБГОВОРЕННЯ

Ефективність роботи ланцюгово-скребкових екскаваторів забезпечується мінімальною енергоємністю робочого процесу та максимальною продуктивністю машини, які в свою чергу залежать від форми різців, їх кількості та розстановки [1, 2].

Відомо, що при збільшенні глибини різання ґрунту ножем до критичної глибини енергоємність робочого процесу зменшується, тому що інтенсивність зростання опору різанню менша, ніж площа поперечного перерізу прорізу [3, 4]. При інтенсивності зростання опір ґрунту різанню ножем збільшується за рахунок пресування ґрунту в бічні стінки прорізу, а площа руйнування зменшується внаслідок

неможливості впливу на процес руйнування ґрунту денної поверхні. В результаті енергоємність робочого процесу підвищується.

Існуючі аналітичні та експериментальні моделі взаємодії багатоскребкових ланцюгових траншейних екскаваторів з ґрунтом не визначають технологічні параметри машини з урахуванням різання ґрунту різцями на рівні критичної глибини [5, 6]. Таким чином, існуючі рекомендації по проектуванню машин не забезпечують мінімальну енергоємність і максимальну продуктивність робочого процесу

Для обґрунтування ефективних режимів роботи багато скребкових екскаваторів та ширини їх крайніх бокових різців попередніми дослідженнями було визначено умови ефективного розвантаження та встановлені параметри залежності зміни шляху переміщення ґрунту по поверхні розвантажувальних скребків від часу розвантаження [7]. З цією ж ціллю були визначені залежності швидкості блокового різання від ширини траншеї [8]. Визначені умови дозволили встановити ширину крайніх бокових різців, що здійснюють асиметричне блокове різання ґрунтів.

Технічна продуктивність ($\text{м}^3/\text{год}$) екскаватора визначається виносною здатністю ґрунту однієї групи різців, що знаходяться в забої ($\alpha_{\text{ґр}}^{\text{з}} = 1$)

$$\Pi_{\text{техн}}^1 = 3600 \cdot B h_c \vartheta_p \frac{h_{\text{з}}}{k_p} \Delta_p, \quad (1)$$

де B – ширина траншеї, м; h_c – висота

скребків визначається відповідно методиці [8], м; k_n – коефіцієнт заповнення міжскребкового ескаваційного простору (для ґрунтів I...IV категорій відповідно 0,9...1,2 та 0,7...0,9) [1, 14]; Δ_p – коефіцієнт розтрушування ($\Delta_p=0,97; 0,92; 0,85; 0,75$ відповідно для $\vartheta_p=0,1; 1,0; 1,5; 2,0$ м/с) [7].

Якщо в забої знаходиться кількість різців, яка дорівнює $z_{гр}^z$, то технічна продуктивність буде визначатися залежністю:

$$\Pi_{техн} = \Pi_{техн}^1 \cdot z_{гр}^z \quad (2)$$

Ширина траншеї B (4) для схеми різців з блокованим різанням визначена відповідно до схеми їх розстановки (Рис. 3) із умови, що крайні бокові різці шириною $b_{бл}^z$ взаємодіють із вертикальними стінками траншеї.

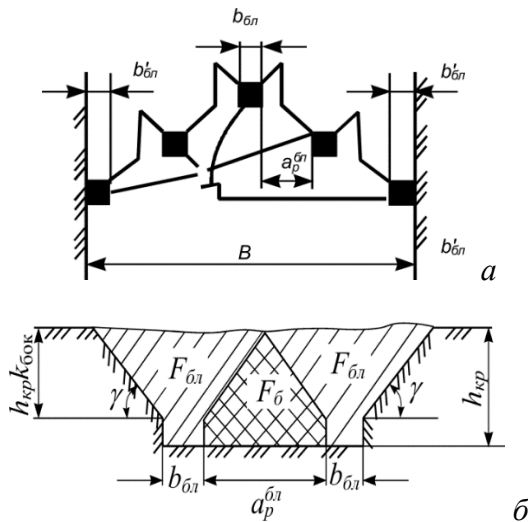


Рис. 1. Схеми для визначення

a – розстановки різців та їх розміри;

б – відстані між боковими гранями суміжних різців

З наведеного Рис. 1, *a* ширина траншеї для схеми різців з блокованим різанням дорівнює

$$B = 2b_{бл}^z + (i_{л}^{бл} - 2)b_{бл}^z + (i_{л}^{бл} - 1)a_{гр}^z \quad (3)$$

де $b_{бл}^z$ – ширина крайніх бокових різців; $b_{бл}$ – ширина середніх різців, що здійснюють блоковане різання; $a_{гр}^z$ – відстань між

боковими гранями двох суміжних різців; $i_{л}^{бл}$ – ціле число ліній блокованого різання визначається, наприклад, для напівтвердого суглинку та ширини різця $b_{бл}=0,02$ м з різними кутами різання α_p .

На основі простих геометричних визначень відстань між боковими гранями двох суміжних різців відповідно до схеми Рис. 1,б можна визначити по залежності

$$\alpha_p^{бл} = 2h_{кр} k_{бок} \text{ctg} \gamma, \quad (4)$$

де $h_{кр}$ – критична глибина різання різцями [7]; $k_{бок}$ – відношення глибини зони гарантованого сколювання ґрунту до критичної глибини різання ($k_{бок}=0,9...0,95$); γ – кут нахилу бічних стінок прорізу до горизонту (γ у поперечному перерізі) [8].

Робоча швидкість (м/с) екскаватора залежить від технічної продуктивності та площі поперечного перерізу траншеї

$$\vartheta_{e1} = \frac{\Pi_{техн}^1}{3600BH} \quad (5)$$

Кут між векторами швидкостей подачі робочого органу ϑ_e та різання ґрунту ϑ_p визначається за залежністю [7]

$$\beta = \text{arctg} \left(\frac{\vartheta_p \sin \alpha}{\vartheta_p \cos \alpha + \vartheta_e} \right), \quad (6)$$

де α – кут установлення робочого органу до горизонту ($\alpha=30...55^\circ$, переважно $\alpha=45...55^\circ$), град [1, 7].

Час різання ґрунту групою різців визначається через швидкість різання

$$t_p = \frac{H}{\vartheta_p \sin \beta}, \quad (8)$$

де H – глибина траншеї.

Абсолютні значення критичної глибини для середніх і бокових різців різні. Середні різці багатоскребкових траншейних екскаваторів працюють в умовах симетричного блокованого або напівблокованого різання, а крайні бокові різці – в умовах асиметричного блокованого або напівблокованого різання. У роботі [20] показано, що критична глибина різання як для симетричного, так і

для асиметричного різання прямопропорційна ширині різця. Тому ширина крайніх бокових різців визначена шляхом прирівнювання критичної глибини різання середніх і бокових різців.

$$(a' - n' \alpha_p) b_p' = \frac{a b_{\text{бл. (нбл)}}}{(t \alpha_p)^n k_{\text{бок}}} \quad (9)$$

Звідки

$$b_p' = \frac{a \cdot b_{\text{бл. (нбл)}}}{(t \alpha_p)^n k_{\text{бок}} (a' - n' \alpha_p)} \quad (10)$$

де b_p' , $b_{\text{бл. (нбл)}}$ – відповідно ширина крайніх і середніх різців; a' , n' , a , n – відповідно коефіцієнти апроксимації для крайніх і середніх різців, що залежать від фізико-механічних властивостей ґрунтів. Значення коефіцієнтів a і n приведені в літературі [19, 20], а коефіцієнтів a' і n' – в Табл. 1.

Таблиця 1

Чисельні значення коефіцієнтів апроксимації a' , n'

| Тип різання / Тип ґрунту | Асиметричне блоковане | | Напів-блоковане | |
|--------------------------|-----------------------|-------|-----------------|-------|
| | a' | n' | a' | n' |
| Тугопластична глина | 4,02 | 0,046 | 6,70 | 0,076 |
| Напівтверда глина | 3,98 | 0,046 | 6,50 | 0,075 |
| Напівтвердий суглинок | 4,26 | 0,050 | 6,69 | 0,079 |
| Твердий супісок | 5,02 | 0,066 | 7,26 | 0,093 |

Так, наприклад, для напівтвердого суглинка ширина крайніх бокових різців, що здійснюють асиметричне блоковане різання, більша за ширину середніх різців: $b_p' = 2,05b_{\text{бл}}$ для $\alpha_p=20^\circ$; $b_p' = 1,74b_{\text{бл}}$ для $\alpha_p=30^\circ$; $b_p' = 1,63b_{\text{бл}}$ для $\alpha_p=40^\circ$; $b_p' = 1,63b_{\text{бл}}$ для $\alpha_p=50^\circ$; $b_p' = 1,74b_{\text{бл}}$ для $\alpha_p=60^\circ$.

ВИСНОВКИ ТА РЕКОМЕНДАЦІЇ

Отримані розрахункові залежності для розрахунку технічної продуктивності екскаватора на основі визначення виносної

здатності ґрунту однієї групи різців, які працюють в умовах критичної глибини різання, надали можливість встановити ширину крайніх бічних різців, що здійснюють асиметричне блоковане різання. Так, наприклад, для напівтвердого суглинка вона повинна бути більшою за ширину середніх різців та дорівнювати: $b_p' = 2,05b_{\text{бл}}$ для $\alpha_p=20^\circ$; $b_p' = 1,74b_{\text{бл}}$ для $\alpha_p=30^\circ$; $b_p' = 1,63b_{\text{бл}}$ для $\alpha_p=40^\circ$; $b_p' = 1,63b_{\text{бл}}$ для $\alpha_p=50^\circ$; $b_p' = 1,74b_{\text{бл}}$ для $\alpha_p=60^\circ$.

Ключові слова. Копання траншеї, траншейний екскаватор, скребковий екскаватор, скребок, різець, критична глибина, різання ґрунту.

ЛІТЕРАТУРА

1. ESSO et le TCHAD. Mondialisationca / [Electronic Resource]. – Mode of access: <http://www.internationalnews.fr/20-categorie-10189106.html>. – Screen title.
2. Chevron Pipe Line Company / [Electronic Resource]. – Mode of access: www.chevron-pipeline.com. – Screen title.
3. The Natural Gas Pipeline Company of America / [Electronic Resource]. – Mode of access: <http://www.frankryder.com/assetmap.htm>. – Screen title.
4. Saudi Aramco – where energy is opportunity / [Electronic Resource]. – Mode of access: <http://www.saudiaramco.com/en/home.html>. – Screen title.
5. Мусійко В.Д., А.Б. Коваль (2014) Визначення силового навантаження базового шасі універсальної землерийної машини з віяльно-поступальною подачею її робочого обладнання на забій. Строительство. Материаловедение. Машиностроение. Интенсификация рабочих процессов строительных и дорожных машин. Дніпропетровськ: ПГСА, 79, 133-140.
6. Мусійко В.Д., Кравець С.В., Пухтаєвич О.І. (2018) Визначення раціональних режимів роботи інтенсифікатора розвантаження ґрунту з робочого органу землерийних машин безперервної дії. Вісник Національного транспортного ун-ту, 1(40), 241-251.
7. Кравець С.В., Косяк О.В., Гапонов О.О., Янчик Т.О. (2019) Визначення числа ліній різання та висоти ґрунтотранспортуючих

скребків ланцюгово-скребкових траншейних екскаваторів. У кн.: Будівництво, матеріалознавство, машинобудування. Інтенсифікація робочих процесів будівельних та дорожніх машин. Серія: Підйомно-транспортні, будівельні та дорожні машини і обладнання. Зб. наук. пр. № 107, Дніпро: ДВНЗ «ПДАБА», 66-74.

8. Косяк О.В., Гапонов О.О., Пухтаєвич О.Г. (2018) Передумови створення критичноглибинних режимів роботи багатоскробкових ланцюгових траншейних екскаваторів. Строительство. Материаловедение. Машиностроение. Серія: Подъёмно-транспортные, строительные, дорожные машины и оборудование, 103, 145-151.