

## ЛИТЕРАТУРА

1. Кириченко И.Г. Обобщенная математическая модель шарнирно-сочлененных пневмоколесных машин / И.Г. Кириченко // Сб. научн. Трудов по материалам межд. научно-практ. конф. «Интерстроймех-2001». – Россия : СПб, 2001. – С. 147-151.
2. Машини для земляних робіт: Навчальний посібник /Хмара Л.А., Кравець С.В., Нічке В.В., Назаров Л.В., Скоблюк М.П., Нікітін В.Г. Під загальною редакцією проф. Хмари Л.А. та проф. Кравця С.В. Рівне – Дніпропетровськ – Харків. – 2010. – 557с.
3. Нилов В.А., Иванищев П.И. Эффективность применения скреперных поездов // Строительные и дорожные машины. 2010. №5. С. 35-37.
4. Назаров Л.В. Динамика пневмоколесных ЗТМ. Автомобильный транспорт. - Харьков: 1999, вып. 2.- С 12-15.
5. Руднев В.К. Копание грунтов землеройно-транспортными машинами активного действия. Харьков: Изд-во ХГУ, 1974. – 142 с.

УДК 631.316.22

**С. В. КРАВЕЦЬ**, докт. техн. наук, **О. В. СТИНЬО**, аспірант

*Національний університет водного господарства та природокористування*

### **ВИЗНАЧЕННЯ КРИТИЧНОЇ ГЛИБИНИ РІЗАННЯ ПРИ КОМБІНОВАНОМУ ПОЯРУСНОМУ РУЙНУВАННІ ГРУНТУ**

**Актуальність проблеми.** Для підвищення енергоефективності землерійних машин необхідно визначити критичну глибину різання, оскільки відомо, що значення найменшої енергоємності розробки ґрунту досягається при його розробці землерійним робочим органом на критичну глибину різання.

**Аналіз публікацій.** На сьогоднішній день достатньо широко обґрунтована критична глибина блокованого різання для верхнього і нижнього ярусів [1, 2]. Разом з тим вимагає детальних досліджень обґрунтування критичної глибини комбінованого різання (у верхньому ярусі – вільне, а у нижньому – блоковане різання). В статті [3] досліджено вплив гідростатичного тиску на критичну глибину комбінованого різання при умові, що глибини різання, і кути нахилу бокових площин елемента стружки до горизонту у верхньому і нижньому ярусах рівні ( $h_1=h_2, \gamma_1=\gamma_2$ ).

**Мета і постановка задачі.** Метою статті є встановлення і дослідження математичної залежності для визначення критичної глибини комбінованого різання при умові, що глибина різання у верхньому і нижньому ярусах дорівнюють критичним

глибинам блокованого різання у верхньому і комбінованого різання у нижньому ярусах.

**Основна частина.** Для дослідження критичної глибини комбінованого різання розглянемо процес руйнування ґрунту сколом на основі схеми (рис. 1). При цьому в якості вихідних умов приймаємо: 1) Ґрунт – однорідне ізотропне середовище, яке характеризується зчепленням, внутрішнім і зовнішнім тертям, щільністю і вологістю; 2) Елемент стружки розглядаємо як тверде тіло у вигляді двох трикутних призм з двома симетричними конічними секторами по боках (рис. 1, в); 3) Впливом швидкості різання і сили тяжіння ґрунту на опір його руйнування знехтуємо [4 – 6, 10]; 4) Закон розподілу нормального тиску на лобову поверхню ножа в зоні сколювання ґрунту у верхньому і нижньому ярусах приймаємо лінійним по глибинні [1], [2], [7].

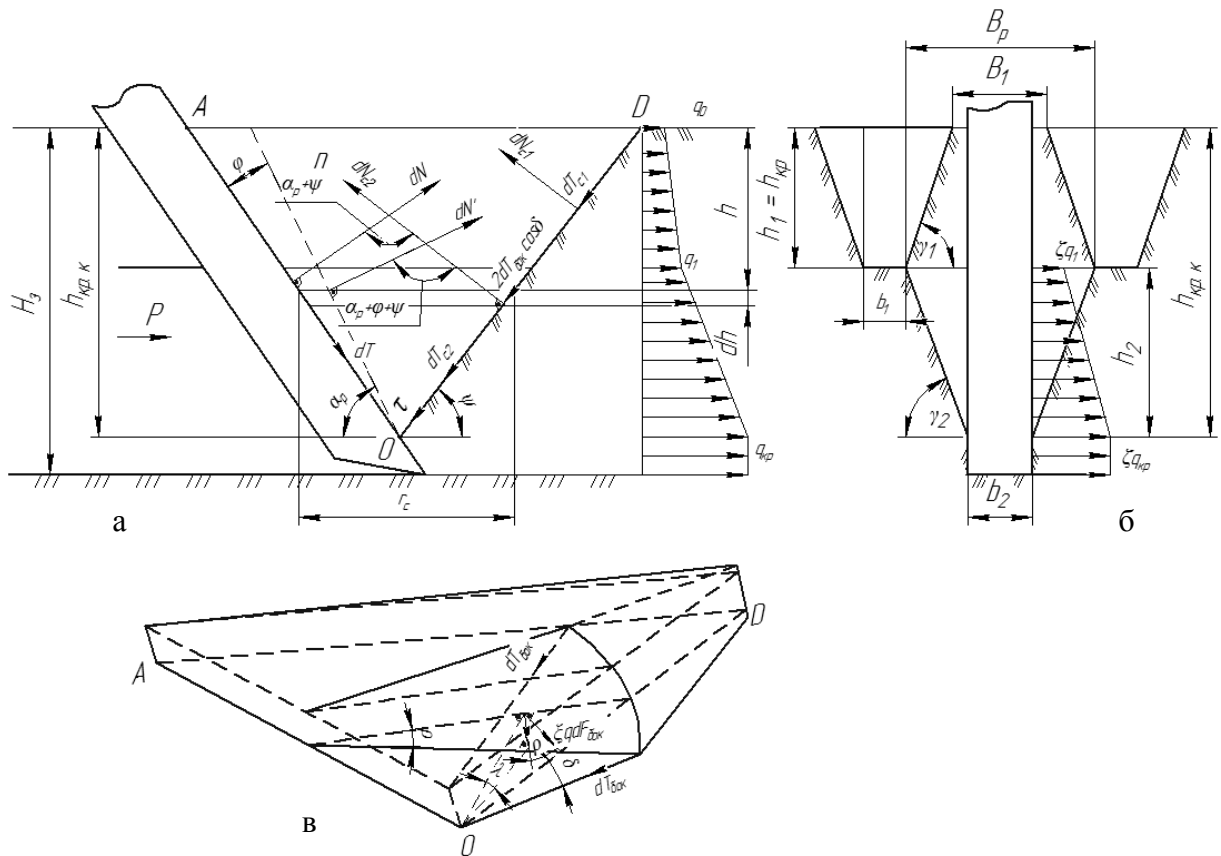


Рис. 1. Схема взаємодії ножа з ґрунтовим середовищем при комбінованому різанні ґрунту: а – у повздовжній площині; б – у поперечній площині; в – форма елемента стружки у процесі заглиблення ножа.

Закон розподілу нормального тиску на лобову поверхню ножа при комбінованому різанні обґрунтуємо на основі теорії різання ґрунтів Ветрова Ю. О. [2]. Згідно цієї теорії сила блокованого і вільного різання дорівнює:

$$P(h) = \varphi_{\alpha_p} m_b b_c h + 2m_{\sigma_{ок.зр}} h + 2m_{\sigma_{ок}} h^2; \quad (1)$$

$$P(h) = \varphi_{\alpha_p} m_b (b_c h + h^2 \operatorname{ctg} \gamma_1), \quad (2)$$

де  $\varphi_{\alpha_p}$  – коефіцієнт, який враховує вплив кута різання ножа на опір вільного різання;  $m_b$  – питома сила вільного різання ґрунту ножом з кутом різання  $45^\circ$ ;  $b_c$ ,  $h$  – відповідно ширина ножа і глибина різання;  $m_{\text{бок.зр}}$ ,  $m_{\text{бок}}$  – коефіцієнти які характеризують питому силу для подолання опору ґрунту зрізу боковими ребрами ножа і для руйнування ґрунту в бокових розширеннях прорізу;  $\gamma_1$  – кут нахилу бічних сторін трапеції до горизонту (рис. 1, б)

Тоді середній нормальний тиск ґрунту на лобову поверхню ножа по глибині при блокованому різанні розподілиться таким чином:

$$q(h) = \frac{P \cos \varphi \sin \alpha_p}{b_c h \sin(\alpha_p + \varphi)} = \left( \varphi_{\alpha_p} m_b + \frac{2m_{\text{бок.зр}}}{b_c} + \frac{2m_{\text{бок}}}{b_c} h \right) \cdot \frac{\cos \varphi \sin \alpha_p}{\sin(\alpha_p + \varphi)}, \quad (3)$$

де  $\varphi$  – кут зовнішнього тертя ґрунту.

Закон розподілу нормального тиску на лобову поверхню ножа по глибині для вільного різання з врахуванням трапецеїдальної форми лобової площини зсуву запишеться у вигляді:

$$q(h) = \frac{P \cos \varphi \sin \alpha_p}{b_2 h_{\text{обл}} \sin(\alpha_p + \varphi)} = \varphi_{\alpha_p} m_b \cdot \left( 1 + \frac{h}{b_2} \operatorname{ctg} \gamma_1 \right) \cdot \frac{\cos \varphi \sin \alpha_p}{\sin(\alpha_p + \varphi)}. \quad (4)$$

$\varphi_{\alpha_p} m_b \cdot \frac{\cos \varphi \sin \alpha_p}{\sin(\alpha_p + \varphi)} = q_0$  – мінімальне значення тиску, який діє на денній поверхні.

Проаналізувавши формули розподілу нормального тиску на лобову поверхню ножа по глибині для блокованого (3) і вільного (4) різання можна зробити висновок, що при блокованому і вільному різанні ґрунту нормальний тиск на лобовій поверхні ножа змінюється прямопропорційно глибині.

Мінімальний тиск  $q_0$  який діє на денній поверхні визначається за формулою Алексеевої Т.В. [8]:

$$q_0 = c \cdot \operatorname{tg} \varphi_0 (A_1 - 1), \quad (5)$$

на критичній глибині він досягає максимально можливого значення по несучій спроможності ґрунту, при якому він втрачає свою стійкість, вираховується по формулі Паукера [9]:

$$q_{\text{сп}} = \left( \gamma_{\text{гр}} h_c + \frac{c}{\operatorname{tg} \varphi_0} \right) \operatorname{tg}^4 \left( \frac{\pi}{4} + \frac{\varphi_0}{2} \right), \quad (6)$$

де  $\gamma_{\text{гр}}$ ,  $c$  – питома вага і коефіцієнт зчеплення ґрунту;  $h_c$  – середня глибина сколювання ґрунту ножом;  $\varphi_0$  – кут внутрішнього тертя ґрунту;  $A_1$  – коефіцієнт який

залежить від кута різання ножа, визначається по формулі Соколовського для проміжних граней [8].

Значення тиску ґрунту при вільному різанні у верхньому ярусі (при  $h=h_1$ ) визначається за формулою:

$$q_1 = q_0 \cdot \left( 1 + \frac{h_1}{b_2} \cdot \text{ctg} \gamma_1 \right) \quad (7)$$

На елементарний об'єм елемента стружки висотою  $dh$  в момент попередній сколюванню діють наступні сили які приведенні у вертикальну площину ОАД (рис. 1, а): активна сила  $dN' = \frac{dN}{\cos \varphi}$ , яка направлена під кутом зовнішнього тертя ґрунту  $\varphi$  до нормалі лобової площини ножа; нормальна реакція  $dN_{c1}$  – для вільного різання і  $dN_{c2}$  – для блокованого різання, і дотичні сили  $dT_{c1}$  – для вільного і  $dT_{c2}$ ,  $2dT_{\text{бок2}} \cos \delta$  – для блокованого різання в площині зсуву ґрунту. Тоді система рівнянь рівноваги всіх сил на нормальну ( $n$ ) і дотичну ( $\tau$ ) осі до лобової площини сколювання матиме вигляд:

$$\left. \begin{aligned} \Sigma P_n = dN_{c1} + dN_{c2} + dN' \cos(\alpha_p + \varphi + \psi) &= 0 \\ \Sigma P_n = dT_{c1} + dT_{c2} + 2dT_{\text{бок2}} \cos \delta - dN' \sin(\alpha_p + \varphi + \psi) &= 0 \end{aligned} \right\}, \quad (8)$$

З першого рівняння системи маємо:

$$dN_{c1} + dN_{c2} = -\frac{dN}{\cos \varphi} \cos(\alpha_p + \varphi + \psi) = -\frac{qb_c}{\cos \varphi \cdot \sin \alpha_p} \cos(\alpha_p + \varphi + \psi) dh, \quad (9)$$

$dh$  – елементарна глибина різання.

Закон розподілу нормального тиску ґрунту на ніж по глибині:

- для вільного різання

$$q = q_0 \cdot \left( 1 + \frac{h}{b_2} \text{ctg} \gamma_1 \right); \quad (10)$$

- для блокованого різання

$$q = q_1 + \frac{q_{\text{кр}} - q_1}{h_{\text{кр}}} h = q_1 + \frac{q_{\text{кр}} - q_1}{h_2} k_{\text{пер}} h; \quad (11)$$

де  $k_{\text{пер}}$  – відношення глибини зони гарантованого сколювання ґрунту  $h_2$  до критичної глибини різання  $h_{\text{кр}}$  ( $k_{\text{пер}}=0,9 \dots 0,95$ ) [1];  $h$  – поточне значення глибини.

З урахуванням (10), (11) вираз (9) перепишеться таким чином:

$$dN_{c1} + dN_{c2} = -\frac{\cos(\alpha_p + \varphi + \psi)}{\cos \varphi \cdot \sin \alpha_p} \cdot b_2 \cdot q_0 \cdot \left(1 + \frac{h}{b_2} \operatorname{ctg} \gamma_1\right) dh - \frac{\cos(\alpha_p + \varphi + \psi)}{\cos \varphi \cdot \sin \alpha_p} \cdot b_2 \cdot \left(q_1 + \frac{q_{\delta\delta} - q_1}{h_2} k_{\delta\delta} h\right) dh. \quad (12)$$

Елементарні дотичні сили, які діють у лобовій ( $dT_{c1}$ ,  $dT_{c2}$ ) і боковій ( $dT_{бок2}$ ) площинах сколювання визначаються по закону Кулона для ґрунтів.

$$dT_{c1} = \operatorname{tg} \varphi_0 dN_{c1} + c dF_{c1}; \quad (13)$$

$$dT_{c2} = \operatorname{tg} \varphi_0 dN_{c2} + c dF_{c2}; \quad (14)$$

$$dT_{бок2} = (\xi q \cos \rho \cos \lambda \operatorname{tg} \varphi_0 + c) dF_{бок}, \quad (15)$$

де  $dF_{c1}$ ,  $dF_{c2}$ ,  $dF_{бок2}$ , - елементарні площі відповідно лобової площини сколювання при вільному і блокованому різанні і бокова площина сколювання при блокованому різанні;  $\xi$  - коефіцієнт бокового тиску;  $\rho$ ,  $\delta$ ,  $\lambda$ , - кути які утворюються боковою площиною сколювання з вертикальною площиною (рис. 1, в) [1].

У випадку, що розглядається, ґрунт руйнується переважно за рахунок деформації відриву, а тому на бокових площинах тіла сколу відсутній бічний тиск і сила тертя  $\xi q = 0$ , тоді:

$$dT_{бок2} = c \cdot dF_{бок}. \quad (16)$$

Максимальна  $B_p$  і мінімальна  $B_1$  ширини тіла сколу рівні (рис. 1. б).

$$B_p = 2h_2 \operatorname{ctg} \gamma_2 + b_2; \quad (17)$$

$$B_1 = 2h_2 \operatorname{ctg} \gamma_2 + b_2 - 2h_1 \operatorname{ctg} \gamma_1, \quad (18)$$

де  $h_1$ ,  $h_2$  - відповідно глибина розробки ґрунту при вільному і блокованому різанні;  $\gamma_1$ ,  $\gamma_2$  - відповідно кути нахилу бокових площин елемента стружки до горизонту при вільному і блокованому різанні, кут  $\gamma_2$  визначається залежністю:  $\gamma \leq \frac{\pi}{2} - \varphi_0$ ;  $b_1$ ,  $b_2$  - ширина ножа відповідно при блокованому різанні у верхньому ярусі і комбінованому різанні.

При цьому елементарні площі будуть визначатися залежностями:

$$dF_{c1} = (2h_2 \operatorname{ctg} \gamma_2 - 2h_1 \operatorname{ctg} \gamma_1 + b_2 + 2h \operatorname{ctg} \gamma_1) \frac{dh}{\sin \psi}; \quad (19)$$

$$dF_{c2} = (b_2 + 2\rho r_c) \frac{dh}{\sin \psi} = (b_2 + 2\rho (\operatorname{ctg} \psi + \operatorname{ctg} \alpha_p)) \cdot (h_2 - h) \frac{dh}{\sin \psi}; \quad (20)$$

$$dF_{\delta\alpha_2} = r_c \frac{dh}{\cos \lambda} = (\operatorname{ctg} \psi + \operatorname{ctg} \alpha_p) \cdot (h_2 - h) \frac{dh}{\cos \lambda}, \quad (21)$$

де  $\psi$  – кут зсуву ґрунту;  $\alpha_p$  – кут різання ґрунту;  $r_c$  – поточне значення радіуса сколювання ґрунту.

Критична глибина при комбінованому поярусному руйнуванні ґрунту буде рівна:

$$h_{\text{кр.к}} = h_1 + h_2, \quad (22)$$

де  $h_1$ ,  $h_2$  – глибина руйнування ґрунту відповідно при вільному і блокованому різанні.

Якщо підставити вирази (13), (14), і (15) в друге рівняння системи (8) з врахуванням рівностей (10), (11), (19), (20) і (21) отримаємо рівняння:

$$\begin{aligned} & - \operatorname{tg} \varphi_0 \frac{\cos(\alpha_p + \varphi + \psi)}{\cos \varphi \sin \alpha_p} b_2 \cdot q_0 \cdot \left(1 + \frac{h}{b_2} \operatorname{ctg} \gamma_1\right) dh - \operatorname{tg} \varphi_0 \frac{\cos(\alpha_p + \varphi + \psi)}{\cos \varphi \sin \alpha_p} b_2 \times \\ & \times \left( q_1 + \frac{q_{\varepsilon\delta} - q_1}{h_2} k_{i\alpha\delta} h \right) dh + c \cdot (2h_2 \operatorname{ctg} \gamma_2 - 2h_1 \operatorname{ctg} \gamma_1 + b_2 + 2h \operatorname{ctg} \gamma_1) \times \\ & \times \frac{dh}{\sin \psi} + c \cdot (b_2 + 2\rho(\operatorname{ctg} \psi + \operatorname{ctg} \alpha_p) \cdot (h_2 - h)) \frac{dh}{\sin \psi} + 2 \cos \delta \cdot c \times \\ & \times (\operatorname{ctg} \psi + \operatorname{ctg} \alpha_p) \cdot (h_2 - h) \frac{dh}{\cos \lambda} - \frac{\sin(\alpha_p + \varphi + \psi)}{\cos \varphi \sin \alpha_p} b_2 \cdot q_0 \cdot \left(1 + \frac{h}{b_2} \operatorname{ctg} \gamma_1\right) dh - \\ & - \frac{\sin(\alpha_p + \varphi + \psi)}{\cos \varphi \sin \alpha_p} b_2 \cdot \left( q_1 + \frac{q_{\varepsilon\delta} - q_1}{h_2} k_{i\alpha\delta} h \right) dh = 0. \end{aligned} \quad (23)$$

Проінтегрувавши вираз (23) отримаємо рівняння:

$$\begin{aligned} & - h_1 \cdot \operatorname{tg} \varphi_0 \frac{\cos(\alpha_p + \varphi + \psi)}{\cos \varphi \sin \alpha_p} b_2 \cdot q_0 \cdot \left(1 + \frac{h_1}{2b_2} \cdot \operatorname{ctg} \gamma_1\right) - h_2 \cdot \operatorname{tg} \varphi_0 \frac{\cos(\alpha_p + \varphi + \psi)}{\cos \varphi \sin \alpha_p} b_2 \times \\ & \times \left( q_1 + \frac{q_{\varepsilon\delta} - q_1}{2} k_{i\alpha\delta} \right) + 2h_1 h_2 \operatorname{ctg} \gamma_2 \frac{c}{\sin \psi} - 2h_1^2 \operatorname{ctg} \gamma_1 \frac{c}{\sin \psi} + \\ & + h_1 b_2 \frac{c}{\sin \psi} + h_1^2 \operatorname{ctg} \gamma_1 \frac{c}{\sin \psi} + h_2 b_2 \frac{c}{\sin \psi} + h_2^2 \cdot \rho(\operatorname{ctg} \psi + \operatorname{ctg} \alpha_p) \frac{c}{\sin \psi} + \\ & + h_2^2 \cdot c \cdot (\operatorname{ctg} \psi + \operatorname{ctg} \alpha_p) \frac{\cos \delta}{\cos \lambda} - h_1 \cdot \frac{\sin(\alpha_p + \varphi + \psi)}{\cos \varphi \sin \alpha_p} b_2 \cdot q_0 \cdot \left(1 + \frac{h_1}{2b_2} \cdot \operatorname{ctg} \gamma_1\right) - \\ & - h_2 \cdot \frac{\sin(\alpha_p + \varphi + \psi)}{\cos \varphi \sin \alpha_p} b_2 \cdot \left( q_1 + \frac{q_{\varepsilon\delta} - q_1}{2} k_{i\alpha\delta} \right) = 0. \end{aligned} \quad (24)$$

Із рівняння (24) після математичних перетворень прийнявши,  $h_2 = h_{\text{кр.к}} - h_1$  отримаємо квадратне рівняння для визначення критичної глибини блокованого різання:

$$\begin{aligned}
& h_{\dot{\varepsilon}\delta,\dot{\varepsilon}}^2 \cdot (\operatorname{ctg} \psi + \operatorname{ctg} \alpha_p) \cdot c \cdot \left( \frac{\rho}{\sin \psi} + \frac{\cos \delta}{\cos \lambda} \right) + \\
& + h_{\dot{\varepsilon}\delta,\dot{\varepsilon}} \cdot \left[ - \frac{\sin(\alpha_p + \varphi + \varphi_0 + \psi)}{\cos \varphi \cos \varphi_0 \sin \alpha_p} b_2 \cdot \left( q_1 + \frac{q_{\dot{\varepsilon}\delta} - q_1}{2} k_{i\dot{\varepsilon}\delta} \right) + \right. \\
& \left. \left( (2h_1 \operatorname{ctg} \gamma_2 + b_2) \frac{c}{\sin \psi} - 2h_1 \cdot (\operatorname{ctg} \psi + \operatorname{ctg} \alpha_p) \cdot c \cdot \left( \frac{\rho}{\sin \psi} + \frac{\cos \delta}{\cos \lambda} \right) \right) \right] + \\
& + h_1 \cdot \frac{\sin(\alpha_p + \varphi + \varphi_0 + \psi)}{\cos \varphi \cos \varphi_0 \sin \alpha_p} b_2 \cdot \left( \left( q_1 + \frac{q_{\dot{\varepsilon}\delta} - q_1}{2} k_{i\dot{\varepsilon}\delta} \right) - \left( q_0 \cdot \left( 1 + \frac{h_1}{2b_2} \operatorname{ctg} \gamma_1 \right) \right) \right) - \\
& - \left( 2h_1^2 \operatorname{ctg} \gamma_2 + h_1^2 \operatorname{ctg} \gamma_1 \right) \frac{c}{\sin \psi} + h_1^2 \cdot (\operatorname{ctg} \psi + \operatorname{ctg} \alpha_p) \cdot c \cdot \left( \frac{\rho}{\sin \psi} + \frac{\cos \delta}{\cos \lambda} \right) = 0.
\end{aligned} \tag{25}$$

Розв'язавши рівняння, отримаємо значення критичної глибини для комбінованого різання  $h_{кр.к}$ :

$$h_{кр.к} = \frac{-B - \sqrt{B^2 - 4 \cdot A \cdot C}}{2 \cdot A}; \tag{26}$$

$$\left\{ \begin{aligned}
& A = (\operatorname{ctg} \psi + \operatorname{ctg} \alpha_p) \cdot c \cdot \left( \frac{\rho}{\sin \psi} + \frac{\cos \delta}{\cos \lambda} \right); \\
& B = - \frac{\sin(\alpha_p + \varphi + \varphi_0 + \psi)}{\cos \varphi \cos \varphi_0 \sin \alpha_p} b_2 \cdot \left( q_1 + \frac{q_{кр} - q_1}{2} k_{неп} \right) + (2h_1 \operatorname{ctg} \gamma_2 + b_2) \frac{c}{\sin \psi} - \\
& - 2h_1 \cdot (\operatorname{ctg} \psi + \operatorname{ctg} \alpha_p) \cdot c \cdot \left( \frac{\rho}{\sin \psi} + \frac{\cos \delta}{\cos \lambda} \right); \\
& C = h_1 \cdot \frac{\sin(\alpha_p + \varphi + \varphi_0 + \psi)}{\cos \varphi \cos \varphi_0 \sin \alpha_p} b_2 \cdot \left( \left( q_1 + \frac{q_{кр} - q_1}{2} k_{неп} \right) - \left( q_0 \cdot \left( 1 + \frac{h_1}{2b_2} \operatorname{ctg} \gamma_1 \right) \right) \right) - \\
& - \left( 2h_1^2 \operatorname{ctg} \gamma_2 + h_1^2 \operatorname{ctg} \gamma_1 \right) \frac{c}{\sin \psi} + h_1^2 \cdot (\operatorname{ctg} \psi + \operatorname{ctg} \alpha_p) \cdot c \cdot \left( \frac{\rho}{\sin \psi} + \frac{\cos \delta}{\cos \lambda} \right).
\end{aligned} \right.$$

У формулі (24) повздовжній кут зсуву  $\psi$  визначається максимальним значенням глибини зони сколювання [1]. Максимальні значення відносної критичної глибини ( $h_{кр.к}/b_2$ ) і відповідні їм кути зсуву визначені за допомогою ЕОМ для кутів різання  $\alpha_p = 20^\circ \dots 60^\circ$ . Криві залежності відносної глибини при комбінованому різанні ґрунту для напівтвердого суглинку від повздовжнього кута зсуву  $\psi$  для різних кутів різання приведені на рисунку 2.

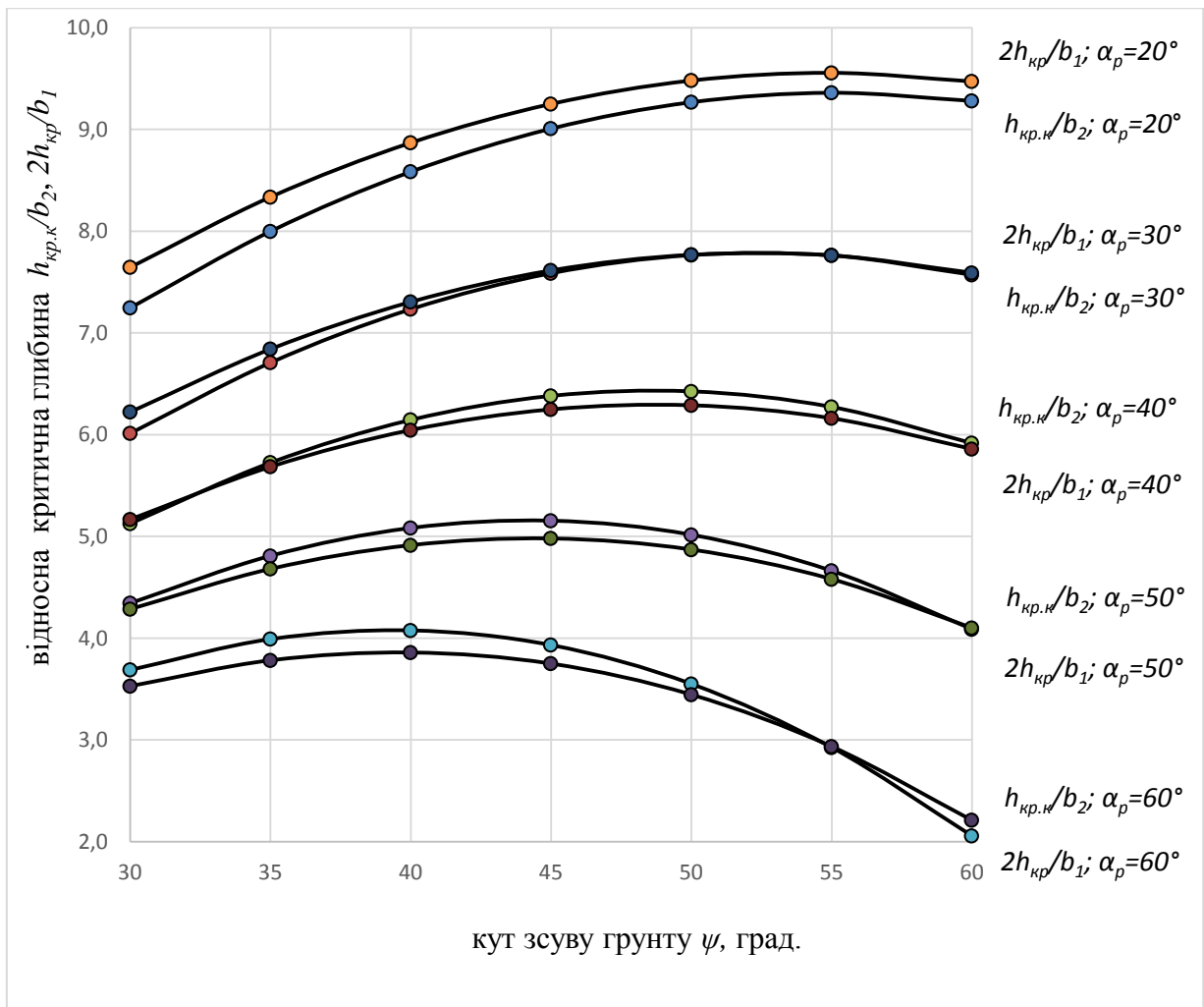


Рис. 2. Залежність відносної глибини комбінованого різання ґрунту  $h_{кр,к}/b_2$ , і двох відносних глибин блокованого різання ґрунту у верхньому ярусі  $h_{кр}/b_1$  від повздовжнього кута зсуву  $\psi$  при різних значеннях кута різання  $\alpha_p$ , для напівтвердого суглинку ( $2h_{кр}=h_{кр,к}$ ).

Розрахункові залежності показують, що при зменшенні кута різання ножа від  $60^\circ$  до  $20^\circ$  відносна глибина сколювання ( $h_{кр,к}/b_2$ ) збільшується. Для ґрунтів другої категорії: твердий супісок від 4,4 до 12,2; напівтвердий суглинок від 4,08 до 9,36; тугопластична глина від 3,34 до 8,18. Для ґрунтів третьої категорії: твердий суглинок від 3,74 до 9,64; напівтверда глина від 3,55 до 8,47.

На рисунку 2 спостерігаємо однаковий характер кривих залежності відносної глибини сколювання ґрунту від повздовжнього кута зсуву при різних значеннях кута різання для комбінованого і блокованого різання, також бачимо, що відносна глибина при комбінованому різанні ґрунту  $h_{кр,к}/b_2$  наближено рівна сумі двох критичних глибин блокованого різання  $h_{кр}/b_1$  (при  $2h_{кр}=h_{кр,к}$ ).



Залежність відносної критичної глибини від кута різання ножа приведена на рисунку 3.

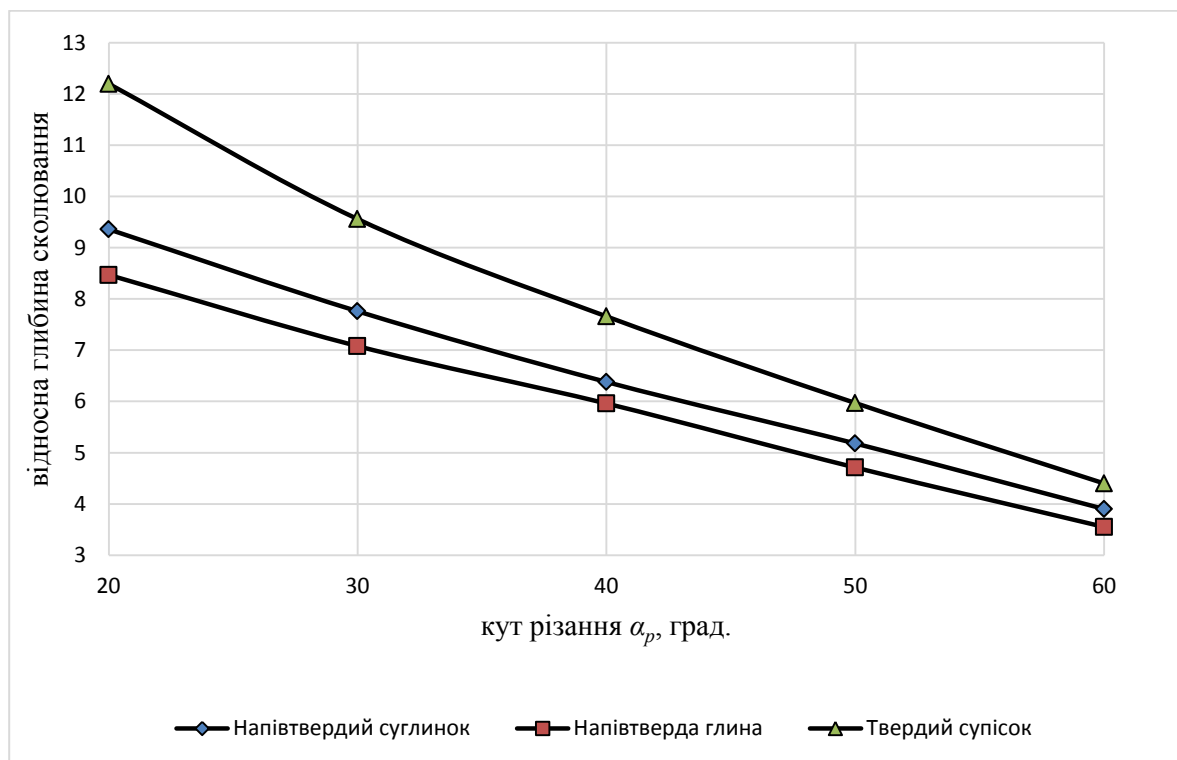


Рис. 3. Залежність відносної глибини сколювання ґрунтів  $h_{кр.к}/b_2$  від кута різання ножа  $\alpha_p$  при комбінованому руйнуванні ґрунту.

Із графіків зображених на рис.3 бачимо, що при незмінних параметрах ножа ( $\alpha_p=20^\circ$ ) відносна глибина сколювання  $h_{кр.к}/b_2$  для різних ґрунтів знаходиться в межах від 8,18 до 12,2; при ( $\alpha_p=30^\circ$ )  $h_{кр.к}/b_2$  знаходиться в межах від 7,08 до 9,56; при ( $\alpha_p=40^\circ$ )  $h_{кр.к}/b_2$  знаходиться в межах від 5,96 до 7,76; при ( $\alpha_p=50^\circ$ )  $h_{кр.к}/b_2$  знаходиться в межах від 4,51 до 5,97; і при ( $\alpha_p=60^\circ$ )  $h_{кр.к}/b_2$  знаходиться в межах від 3,34 до 4,4.

**Висновки.** 1. В даній роботі було визначено математичну модель критичної глибини комбінованого різання при умові, що глибини різання у верхньому і нижньому ярусах дорівнюють відповідним глибинам блокованого і комбінованого різання. 2. З графічної залежності (рис. 2) встановлено, що криві відносної глибини сколювання ґрунту від кута зсуву при різних значеннях кута різання для комбінованого і блокованого різання мають однаковий характер, і чисельні значення критичної глибини комбінованого різання приблизно рівні значенням подвійної критичної глибини блокованого різання. 3. Геометричні параметри ЗРО мають більший вплив на критичну глибину різання чим фізико-механічні параметри ґрунтів.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Кравець С.В. Грунтозахисні та енергозберігаючі машини для прокладки підземних комунікацій. (Основи теорії, проектування та створення) / С.В. Кравець. – Рівне: Вид-во РДТУ, 1999. – 278 с.
2. Ветров Ю.А. Резание грунтов землеройными машинами / Ю.А. Ветров – М.: Машиностроение, 1971. – 258 с.
3. Кравець С.В. Вплив гідростатичного тиску на критичну глибину при комбінованому поярусному різанні ґрунту / Кравець С.В., Романовський О.Л., Кирикович В.Д., Музичук І.М. // «Вісник» Національний університет водного господарства та природокористування. Зб. наук. пр., випуск 2 (34) Частина 2. Рівне 2006. С. 236-243.
4. Баладинский В.Л. Производительность и долговечность землеройных мелиоративных машин / Баладинский В.Л., Пузиыев Ю.В., Смирнов В.Н., Кисленко А.А. – К.: Урожай, 1988 – 152 с.
5. Станевский В.П. Совершенствование рабочего процесса землеройных машин / Станевский В.П. – К.: Вища школа. Изд-во КГУ, 1984. – 128 с.
6. Баладинский В.Л. Механика рабочих процессов строительных машин / Баладинский В.Л., Баранников В.Ф., Ошарпаев Т.А. – Алма-Ата: ЛАФЦЧИПКС, 1982.
7. Томин Е.Д. Бестраншейное строительство закрытого дренажа / Томин Е.Д. – М.: Колос, 1981 – 240 с.
8. Алексеева Т.В. Дорожные машины. Ч.1 / Алексеева Т.В., Артемьев К.А., Бромерг А.А. [и др.] - М.: Машиностроение, 1972. – 504 с.
9. Маслов Н.Н. Основы инженерной геологии и механики грунтов / Н.Н. Маслов - М.: Высшая школа, 1982. - 511с.
10. Машини для земляних робіт: Навчальний посібник /Хмара Л.А., Кравець С.В., Нічке В.В., Назаров Л.В., Скоблюк М.П., Нікітін В.Г. Під загальною редакцією проф. Хмари Л.А. та проф. Кравця С.В. Рівне – Дніпропетровськ – Харків. – 2010. – 557с.