

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

*Національний університет водного господарства та природокористування, м Рівне.*

## **ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНИХ ПАРАМЕТРІВ ДВОХЯРУСНОГО БЕЗТРАНШЕЙНОГО КАБЕЛЕУКЛАДАЧА**

Сучасний рівень виробництва потребують прокладання прискореними темпами нових підземних кабельних ліній або реконструкції існуючих. Їх будівництво в Україні ведеться, як правило на землях сільськогосподарських підприємств, а тому, щоб не втрачати продукцію рослинництва, терміни прокладання підземних комунікацій переносяться на раню весну та пізню осінь. Це вимагає прискорення темпів прокладання ліній зв'язку, скорочення трудових витрат при їх будівництві.

Прокладання ліній зв'язку у ґрунт механізованими засобами може здійснюватися траншейним, вузькотраншейним і безтраншейними способами [1].

Безтраншейний спосіб будівництва за останні роки знаходить все більше застосувань. Основні його переваги: високі робочі швидкості прокладання (до 5 км/год), різке зменшення об'єму земляних робіт, збереження гумусового шару ґрунту на поверхні землі можливість використання в обвальних ґрунтах, а також в ґрунтах з твердими включеннями і високим рівнем ґрунтових вод. Робочі органи безтраншейних кабелеукладачів мають просту конструкцію, високу надійність, і порівняно малу вартість [6].

Для прокладання ліній зв'язку безтраншейним способом використовують такі основні типи кабелеукладачів: одновісні кабелеукладачі КУ-2, ЛКУ-61; багатовісні кабелеукладачі КУ-120В, КУК-3М, КУ-150; навісні ножеві кабелеукладачі КУ-15, КУ-16М [2]. За даними попередніх досліджень найперспективнішими є безтраншейні причіпні кабелеукладачі з пасивним землерийними робочими органами (ЗРО) [5]. Однак, незважаючи на вказані переваги, безтраншейний спосіб будівництва ще не набув широкого розповсюдження. Це пояснюється тим, що традиційні робочі органи безтраншейних укладачів працюють за принципом розрізання і запресування ґрунту в стінки щілини, що нарізається. Тому водно-повітряний режим і фільтраційні властивості ґрунтів різко погіршуються, зменшується його протиерозійна стійкість, що призводить до зниження врожайності [1]. До того ж, такі робочі органи надто енергоємні тому, що потребують великих тягових зусиль. Аналіз існуючих

безтраншейних робочих процесі по укладанню ліній зв'язку показав, що найбільш перспективними в плані створення сприятливих умов для подальшого сільськогосподарського використання земель є застосування двохярусної схеми розробки ґрунту [4].

Отже, актуальною проблемою для сільськогосподарського будівництва є створення, та вдосконалення принципово нових двохярусних робочих органів (рис.1) безтраншейних кабелеукладачів, які б захищали ґрунт від переущільнення, ерозійних процесів, а також оструктурювали його, зберігаючи гумусовий шар вздовж смуги виконання робіт.

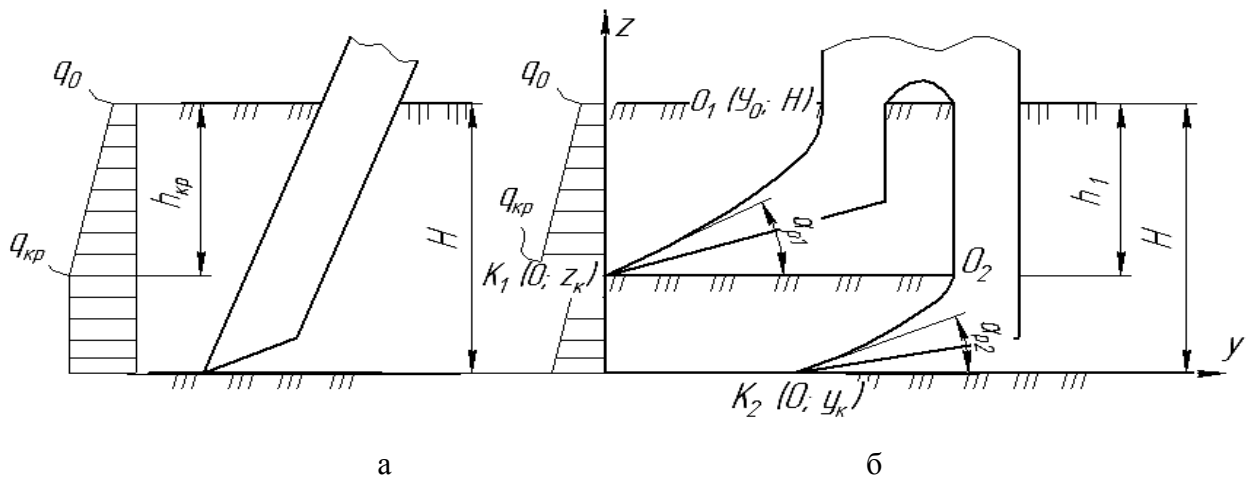


Рис.1. схеми безтраншейних ЗРО: а) традиційної конструкції б) двохярусної конструкції;  $K_1O_1$ ,  $K_2O_2$  – відповідно повздовжні профілі різальних частин у верхньому і нижньому ярусі;  $q_0$ ,  $q_{кр}$  – відповідно мінімальний і максимальний тиск ґрунту;  $h_{кр}$ ,  $H$  – відповідно критична і повна глибина різання;  $\alpha_{p1}$ ,  $\alpha_{p2}$  – відповідно кут різання у верхньому і нижньому ярусі;  $h_1$  – глибина різання у першому ярусі;  $z_k=h_2=H-h_1$  – глибина різання у нижньому ярусі.

Зниження енергоємності двохярусного руйнування ґрунтується на тому положенні, що кожний ярус робочого органа здійснює розробку ґрунту тільки в докритичній зоні, а найбільш енергоємна закритична зона ущільнення відсутня. Тому нормальний тиск ґрунту на робочу поверхню двохярусного робочого органа, а отже і енергоємність процесу менша ніж для традиційних ЗРО. До того ж робочий процес одночасно здійснюється на різних рівнях заглиблення і в різних умовах, а тому частота і амплітуда коливань динамічних навантажень на ґрунторозроблюючих органах будуть різні, що приводить до вирівнювання опору переміщенню, а це в свою чергу, забезпечує плавність ходу і підвищує якість ложа під ЛПО [3].

Теоретичні дослідження двохярусного ЗРО проводилися на основі математичних моделей розроблених Нечидюком А. А. для визначення основних параметрів двохярусного ЗРО [4]. Було проведено дослідження сумарного опору переміщення від

співвідношення між глибинами різання  $h_2/h_1$  при різних співвідношеннях між ширинами різання  $b_2/b_1$  (рис. 2).

$$P_{\Sigma} = P_c + P_3 + P_{\delta} \sin \beta_{mp} + 2P_{\sigma} \sin \beta_{mp}, \quad (1)$$

де  $P_{\Sigma}$  - сумарний опір переміщення;  $P_c$  - опір сколювання ґрунту

$$P_c = q_0 \cdot (1 - f \cdot f_{on} \cdot B_1 \cdot (H - z_k)) + \frac{m_1 \cdot q_0 \cdot (f + f_{on})}{m_1 + 1} \cdot \left( \frac{\eta_1}{B_1} \right)^{\frac{1}{m_1}} \cdot B_1 \cdot (H - z_k)^{\frac{(m_1+1)}{m_1}} +$$

$$\frac{m_1 \cdot (f + f_{on}) \cdot (q_{kp} - q_0)}{(2 \cdot m_1 + 1 - n_1) \cdot a_1} \cdot k_{nep} \cdot \left( \frac{\eta_1}{B_1} \right)^{\frac{1-n_1}{m_1}} \cdot (H - z_k)^{\frac{2 \cdot m_1 + 1 - n_1}{m_1}} + \frac{m_1 \cdot (f + f_{on}) \cdot (q_{kp} - q_0)}{2 \cdot (m_1 - n_1) \cdot a_1} \cdot$$

$$k_{nep} \cdot \left( \frac{\eta_1}{B_1} \right)^{\frac{n_1}{m_1}} \cdot (H - z_k)^{\frac{2 \cdot m_1 - n_1}{m_1}} + k_2 \cdot B_2 \cdot z_k + q_{kp} \cdot (B_1 \cdot h_{yuc1} + B_1 \cdot h_{yuc2}); \quad (2)$$

$P_3$  - складова опору від затуплення різальних кромок:

$$P_3 = \delta_{зм} \cdot q_{cp} \cdot (1 + \operatorname{tg} \varphi_0 + \operatorname{ctg} \beta_{\gamma}) \cdot (B_1 + B_2); \quad (3)$$

$P_{\sigma}$  - сила тертя ґрунту по бічних стінках:

$$P_{\sigma} = \frac{f \cdot \gamma \cdot H^2}{2 \cdot \sin \beta_{mp}} \cdot l_{\sigma} \cdot \operatorname{tg}^2 \left( 45 - \frac{\varphi_0}{2} \right); \quad (4)$$

$P_{\delta}$  - складова опору від динамічного напору ґрунту:

$$P_{\delta} = \rho_c \cdot (B_1 h_{kp1} + B_2 h_{kp2}) \cdot \frac{\sin^2 \psi}{\sin^2 (\alpha_p + \psi)} \cdot \sin \beta \cdot \operatorname{tg} \beta \cdot (f + \operatorname{tg} \beta) \cdot v^2; \quad (5)$$

де  $B$  – ширина різання;  $a$ ,  $n$  – коефіцієнти апроксимації, які залежать від фізико-механічних властивостей ґрунту;  $k_{nep}$  - відношення глибини зони гарантованого сколювання ґрунту до критичної глибини різання;  $f$  - коефіцієнт зовнішнього тертя ґрунту;  $f_{on}$  - коефіцієнт опору переміщенню;  $\eta$ ;  $m$  - коефіцієнти апроксимації форми поздовжнього профілю різальних частин;  $h_{yuc}$  – глибина зони ущільнення ґрунту;  $k_2$  - питомий опір різанню;  $\beta_{mp}$  - кут нахилу тягової рами до горизонту;  $q_{cp}$  – середній тиск ґрунту;  $\varphi_0$  - кут внутрішнього тертя;  $2\beta_{\gamma}$  – кут при вершині ядра ущільнення;  $\gamma$  – кут розвалу щілини;  $\psi$  – кут повздовжнього зсуву ґрунту;  $\rho_c$  – щільність зруйнованого ґрунту;  $l_{\sigma}$  – довжина бічної грані ЗРО;  $2\beta$  – кут загострення розрізаючого ножа;  $v$  – переносна швидкість ґрунту. Умовні позначення з індексом «1» відносяться до верхнього ярусу, а з індексом «2» до нижнього ярусу [1].

Аналізуючи графіки (рис. 2) можна спостерігати, що при відношенні між глибинами різання  $h_2/h_1=0,35$  спостерігається збільшення сумарного опору переміщення ЗРО, оскільки верхній ярус працює в зоні ущільнення ґрунту, внаслідок

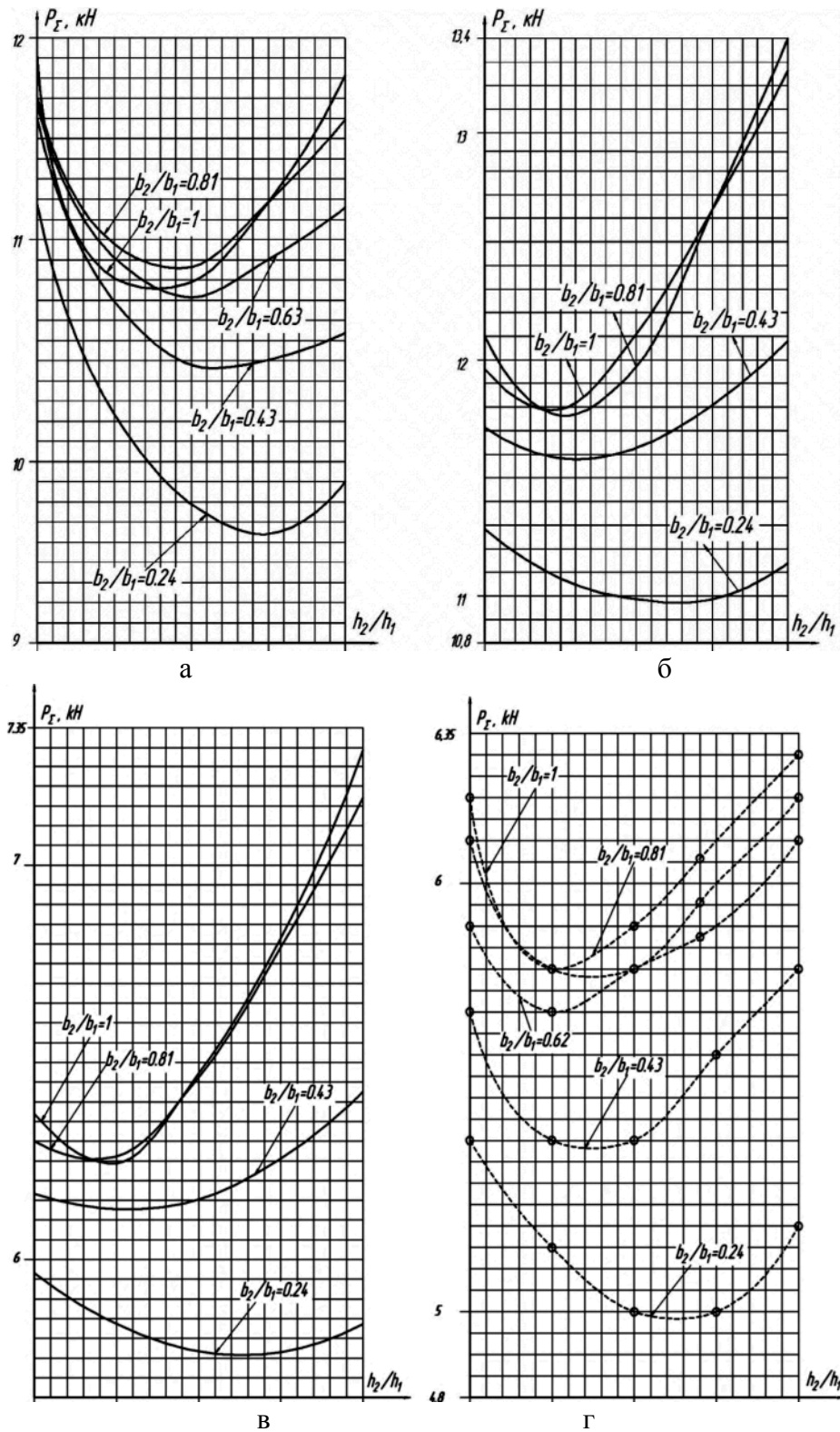


Рис. 2. Залежність сумарного опору переміщення двоярусного ЗРО від відношення між глибинами різання  $h_2/h_1$  при різних значеннях відношення між ширинами різання  $b_2/b_1$ : а - суглинок твердий; б - глина напівтверда; в - суглинок напівтвердий; г - експериментальні данні для напівтвердого суглинка;  $b_2$  – ширина різання в нижньому ярусі, змінюється в межах  $b_2=(0,01 - 0,042)$ м з кроком 0,008м;  $b_1$  – ширина різання у верхньому ярусі,  $b_1=0,042$ м;  $h_1, h_2$  – глибина різання відповідно у першому і другому ярусі,  $h_1+h_2=0,32$ м – const;  $h_2/h_1$  – відношення глибини різання у нижньому ярусі до глибини різання у верхньому ярусі  $h_2/h_1=(0,35; 0,45; 0,55; 0,65; 0,75)$ .

чого значно зростає опір, в той же час, нижній ярус працює в докритичній зоні. При відношенні між глибинами різання  $h_2/h_1=0,75$  спостерігається збільшення сумарного опору переміщення ЗРО оскільки, нижній ярус працює в зоні ущільнення ґрунту, а верхній ярус працює в докритичній зоні. Мінімуму значенню сумарного опору переміщення ЗРО відповідає значення оптимального відношення між глибинами різання  $h_2/h_1$ . Для трьох типів ґрунту оптимальні значення співвідношення між глибинами різання  $h_2/h_1$ , в залежності від відношень між ширинами різання  $b_2/b_1$  наведенні в табл. 1.

Таблиця 1.

Оптимальні значення  $z_k$ , в залежності від відношень  $b_2/b_1$

$b_2/b_1$	Оптимальні значення $h_2/h_1$		
	Напівтверда глина (Рис. 2. а)	Твердий суглинок (Рис. 2. б)	Напівтвердий суглинок (Рис. 2. в)
0,24	0,65	0,6	0,6
0,41	0,57	0,47	0,47
0,62	0,55	не визначено	не визначено
0,81	0,53	0,42	0,4
1	0,5	0,45	0,45

Для підтвердження достовірності теоретичних даних, на ґрунтовому каналі кафедри БДММіО НУВГП були проведені експериментальні дослідження впливу відношення між глибинами різання  $h_2/h_1$ , і відношення між ширинами різання  $b_2/b_1$  на сумарний опір переміщення двоярусного ЗРО. За методикою для визначення повздовжніх профілів двоярусного ЗРО [1], для оптимальних відношень між глибинами  $h_2/h_1$  були побудовані повздовжні профілі двоярусного ЗРО для верхнього і нижнього ярусу в залежності від ширини різання (рис. 3).

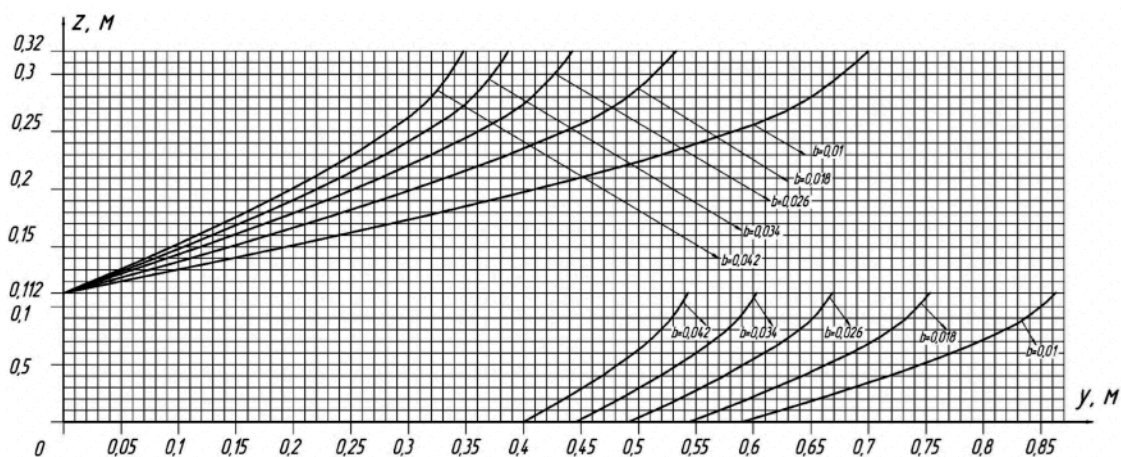


Рис. 3. Поздовжні профілі нижньої і верхньої різальних частин двоярусного ґунторозроблюючого органу для напівтвердого суглинку.

**Висновки:** 1. В результаті виконаних досліджень, для трьох типів ґрунту, були визначені оптимальні відношення між глибинами різання  $h_2/h_1$  для різних відношень між ширинами різання  $b_2/b_1$ , при яких сумарний опір переміщенню двохярусного ЗРО є мінімальним.

2. Максимальна похибка між експериментальними і теоретичними даними становить 13,7%, оптимальні відношення  $h_2/h_1$  в теоретичних дослідженнях співпадають з оптимальними відношеннями  $h_2/h_1$  експериментальних досліджень.

3. При зміні відношення між глибинами різання  $h_2/h_1$  в межах від 0,35 до 0,75 максимальна змінна опору переміщення становить: для напівтвердого суглинку – 13,6%; для напівтвердої глини – 15,9%; для твердого суглинку – 11,9%.

4. Проаналізувавши результати досліджень двоярусної схеми розробки ґрунту встановлено, що відсутні данні впливу швидкості на тяговий опір кабелеукладача.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Ґрунтозахисні та енергозберігаючі машини для прокладки підземних комунікацій/С. В. Кравець – Рівне: Видавництво РДТУ, 1999. – 277с.

2. Хайзерук Е. М. Машины и механизмы для прокладки кабеля. М.: Машиностроение, 1991. – 352с.

3. Кравець С. В. Теорія руйнування робочих середовищ. Навчальний посібник. – Рівне: НУВГП, 2008. – 124 с.

4. Нечидюк А.А., Розробка і дослідження двохярусного Безтраншейного укладача підземних комунікацій: Автореф. дис. канд. техн. наук. – Дніпропетровськ – 2002. – 21с.

5. Ткачук В. Ф., Кравец С. В., Романовский А. Л. Тенденции развития рабочих органов бестраншейных дреноукладчиков В. ш.: Гидромелиорация и гидротехническое строительство. – 1988 вып. 16, С. 90-93.

6. Зухба А. Г. Перспективы применения бестраншейных и траншейных технологий укладки линий связи в прочных грунтах / Ґірн., буд., дор. і меліор. машини: Респ. міжвід. наук. – техн. зб. – К.: КДТУБіА, 1997, вип. 51. С. 73-80.