

**ВИБІР ОПТИМАЛЬНИХ КОНСТРУКТИВНИХ ПАРАМЕТРІВ ЛОТКОВОГО РОЗВАНТАЖУВАЛЬНОГО ВУЗЛА БЕЗКІВШОВОГО РОТОРА ТРАНШЕЙНОГО ЕКСКАВАТОРА**

*Розглянуто результати експериментальних досліджень пов'язаних з вибором оптимальних конструктивних параметрів лоткового розвантажувального вузла безковшового ротора траншейного екскаватора*

**Ключові слова:** розвантажувальний вузол, ґрунтознімач, ступінь очищення.

**Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок з важливими науковими чи практичними завданнями.** З метою підвищення ефективності розвантаження робочого обладнання безківшових роторних траншейних екскаваторів постала необхідність перевірки висновків про оптимізацію конфігурації направляючої поверхні розвантажувального вузла (днища лотка) ротора шляхом проведення замірів, що дозволяють перевірити адекватність результатів аналітичних досліджень.

**Огляд останніх джерел досліджень і публікацій і виділення невирішених раніше частин загальної проблеми.** За результатами аналітичних досліджень опублікованих в роботах [1, 2, 3], вдалося розробити математичну модель процесу розвантаження ґрунту із зовнішньої кільцевої порожнини безківшового ротора траншейного екскаватора. На основі аналізу отриманих трасограм встановлено, що зменшення перенесення ґрунту в забій можливо, коли траєкторія руху ґрунту при розвантаженні не перетинає вертикальну вісь ротора. Це досягається при швидкості різання ґрунту не більше 3,2 м/с, при умові, що кут установки передніх граней траверс на яких встановлено ґрунторозробні різці знаходиться в межах від 50° до 55°.

**Постановка завдання.** Визначити експериментальним шляхом оптимальні значення конструктивних параметрів лоткового розвантажувального вузла безківшового ротора.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Вимірювання сил опору переміщення потоку ґрунту по днищу розвантажувального лотка безківшового роторного робочого органа траншейного екскаватора практично неможливе. Тому у якості параметра, що характеризує величину сил опору, використовуємо показник  $C$  – ступінь очищення ротора від розробленого ґрунту. Іншими словами, постало завдання заміряти продуктивність розвантажувального вузла без ківшового ротора.

Експериментальні дослідження виконувалися на моделі роторного робочого органа з встановленим на ньому розвантажувальним вузлом лоткового типу рисунку 1.

Для цього на моделі робочого органа замірялася кількість ґрунту (рисунок 2), що пройшла за фіксований відрізок часу як по параболічній направляючій поверхні розвантажувального лотка (його днища), так і при заміні цієї поверхні на поверхню постійного радіусу кривизни. Заміри, проведені при фіксованих кінематичних показниках робочого процесу, а саме: швидкість різання  $V_p = 2,58$  м/с, та швидкість подачі робочого органа на забій  $V_n = 400$  м/год показали, що продуктивність лотка при збільшенні значення співвідношення величин координат точки розвантаження ґрунту з лотка, а саме: висоти точки розвантаження відносно денної поверхні ґрунту

до відстані цієї точки від вертикального диска ротора  $Q$  зменшується для направляючих обох типів, що свідчить про зростання в даному випадку сил опору переміщенню ґрунту по лотку.

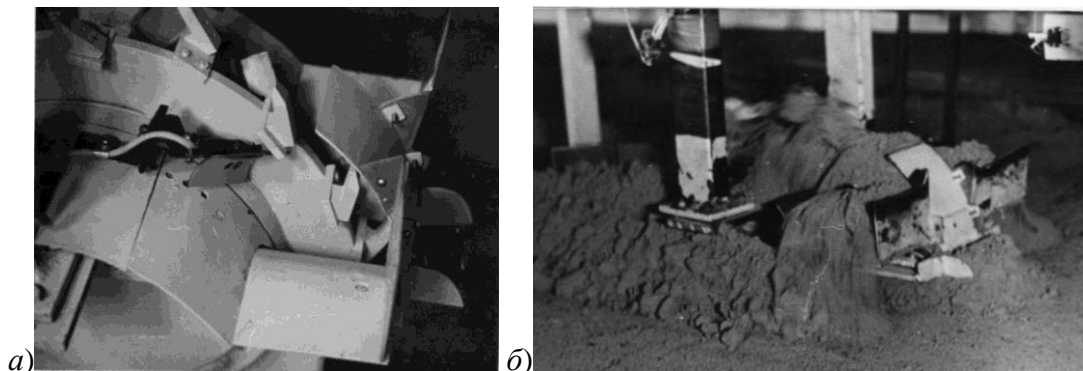


Рисунок 1 – Моделювання процесу розвантаження роторного робочого органа:  
а) модель робочого органа; б) робочий процес

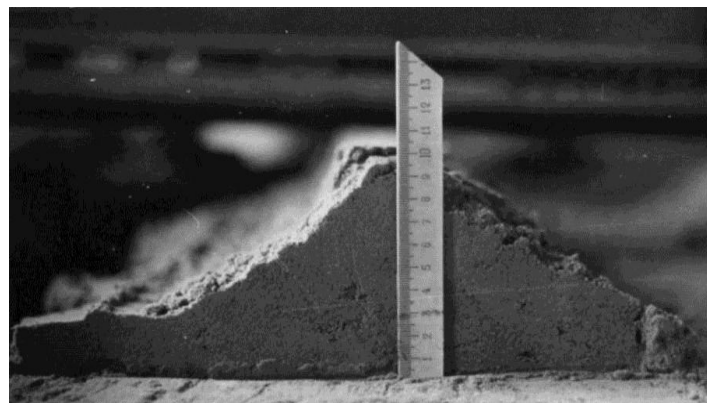


Рисунок 2 – Вілвал ґрунту, що пройшовчерез розвантажувальний лоток

Ступінь очищення ротора  $C$  для лотка з днищем постійного радіусу кривизни, при  $Q = 1,2$  на 8...10% більше аналогічного значення параметра  $C$  лотка з параболічною направляючою – ( $C = 0,65$  та  $0,57$  відповідно). Ступінь очищення ротора  $C$  при  $Q = 1,7$  практично однакова для обох типів лотків і складає близько  $0,51...0,54$ . Результати експериментальних досліджень приведені в табл. 1.

Таблиця 1 – Зміна ступеню очищення ротора  $C$  в залежності від величини  $Q$

Q	V <sub>p</sub> , м/с, швидкість різання,	V <sub>п</sub> , м/год, швидкість подачі	C, ступінь очищення ротора	
			R = const	$\rho = f(\varphi_T)$
1,2	2,58	400	0,65	0,57
1,4	2,58	400	0,60	0,55
1,7	2,58	400	0,54	0,51
2,0	2,58	400	0,47	0,49

Примітка:  $R = \text{const}$  – поверхня днища лотка постійного радіусу кривизни;  $\rho = f(\varphi_T)$  – параболічна поверхня днища лотка.

Відповідно до результатів проведених аналітичних досліджень, величина сил опору переміщенню ґрунту  $F$  по лотку з параболічною направляючою поверхні менша, ніж для поверхні постійного радіусу кривизни. Однак, враховуючи невелику різницю сил опору

(5...10%), а також технологічність виготовлення направляючої поверхні, можна приймати профіль днища лотка постійного радіусу кривизни.

Вибір оптимальних конструктивних параметрів розвантажувального вузла лоткового типу здійснювався шляхом аналізу результатів планового експерименту відповідно до розробленої методики. Отримані величини функцій відгуку є вихідними для розрахунку коефіцієнтів відповідних рівнянь регресії. Обробка результатів експериментальних досліджень проводилась на ЕОМ за спеціальною програмою.

У результаті розрахунків отримано рівняння регресії, що характеризують вплив досліджуваних факторів, а також їх парних взаємодій на:

- силу тяги на переміщення робочого органа,  $T$ :

$$\bar{Y}_1 = 50,34 - 0,59X_1 - 0,97X_2 + 1,66X_3 + 1,22X_2X_3; \quad (1)$$

- крутний момент на приводі ротора,  $M_{кр}$ :

$$\bar{Y}_2 = 1,99 - 0,12X_1 + 0,19X_3 - 0,10X_1X_3 + 0,05X_2X_3; \quad (2)$$

- ступінь очищення ротора від ґрунту  $C$ :

$$\bar{Y}_3 = 0,53 + 0,04X_1 + 0,08X_2 + 0,03X_3 - 0,02X_1X_2 + 0,03X_1X_3 + 0,03X_2X_3. \quad (3)$$

Отримана лінійна математична модель являє собою гіперплощину в 4-ри вимірному факторному просторі, що виключає можливість зорового сприйняття її геометричного зображення. Тому графічне зображення функції відгуку будується за умови прийняття одного з факторів, що входить в рівняння, рівним  $const$ .

Для визначення загальної картини впливу на вихідний параметр  $\bar{Y}$  як безпосередньо факторів, що характеризують досліджуваний процес, так і ефекту їх взаємодії, отриманий результат представлено в графічній інтерпретації. При побудові функції в тривимірному просторі прийнято значення фактора  $X_3 = const$ .

Аналіз рівняння 1 і його графічного зображення (рисунок 3) показує, що максимальний вплив на значення вихідного параметра  $\bar{Y}_1$ , має фактор  $X_3$  (кут установки ґрунтознімача). Перехід цього параметра з нижнього на верхній рівень варіації, при  $X_2 = +1$ , характеризується збільшенням сили тяги  $T$ . Найбільш значній зміні вихідного параметра  $\bar{Y}_1$ , відповідає знаходження фактора  $X_2$  на максимальному рівні варіації. Це пояснюється підвищеним ступенем очистки ротора  $C$  при максимальних значеннях ширини лотка  $B$  (фактор  $X_2$ ). Так зміна величини  $B$  у інтервалі варіювання з мінімального до максимального значення (рисунок 3) приводить до підвищення значення вихідного параметра  $\bar{Y}_2$  на 40% (при  $X_1 = -1$  і  $X_3 = +1$ ).

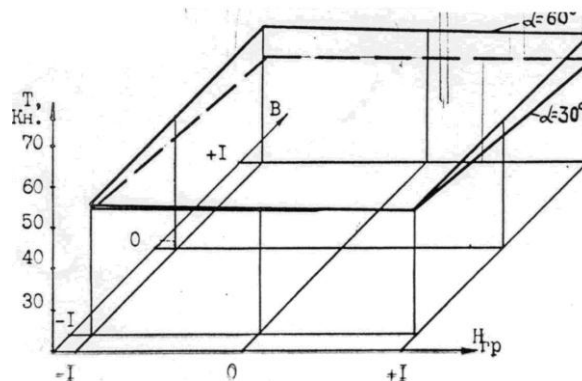


Рисунок 3 – Залежність сили тяги ротора від величини конструктивних параметрів розвантажувального вузла: де  $\alpha$  - кут установки ґрунторозподільника;  $H_{гр}$  – висота установки ґрунтознімача;  $B$  – ширина лотка

Це пов'язано з тим, що прохідний перетин лотка розвантажувального вузла, у випадку його зменшення, виявляє негативний вплив на переміщення ґрунту у відвал, внаслідок збільшення сил тертя між поверхнями лотка і ґрунтом, що переміщується по ньому.

Зростання сили тяги  $T$ , при  $X_2 = \max$ , відбувається за рахунок збільшення об'єму ґрунту, що зсипається з розвантажувального вузла і зростання навантаження на бермоутворювачі, що взаємодіють з утвореною частиною відвалу.

Зміна значення фактора  $X_3$ , при  $X_1$  і  $X_2 = \max$  впливає на ступінь очистки ротора (рис. 4а). Це підтверджується додатковим детермінованим експериментом з варіюванням кута установки ґрунтознімача, рис. 4б. Збільшення при цьому значень функції відгуку  $\bar{Y}_2$ , пояснює відповідну зміну значень ступеню очистки ротора.

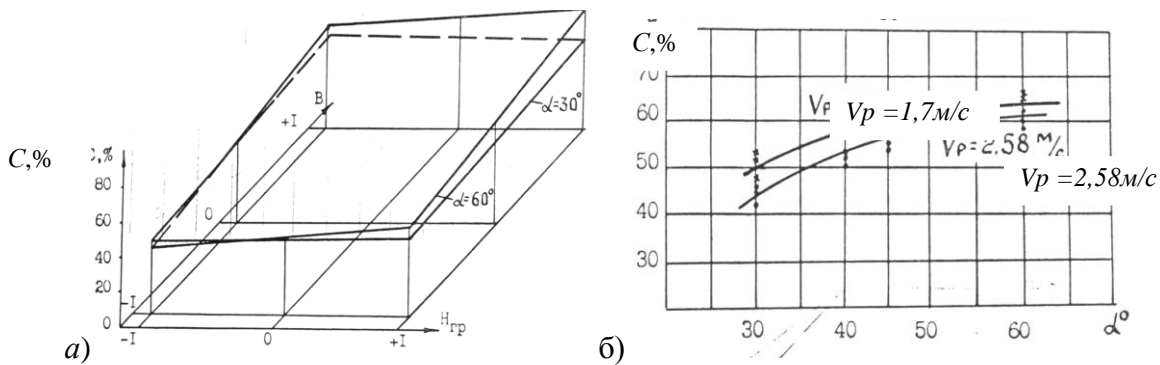


Рисунок 4 – Залежність ступеню очистки ротора від: а) конструктивних параметрів розвантажувального вузла  $B$ ,  $H_{гр}$ ,  $\alpha$ ; б) кута установки ґрунтознімачів

Вплив висоти установки ґрунтознімача  $H_{гр}$  (фактор  $X_1$ ) на величину сили тяги  $T$ , згідно рівняння 1, є незначним, та відповідає даним по ступеню очистки ротора  $C$ . Зміна  $H_{гр}$  в межах інтервалу варіювання від мінімального значення (при  $X_2 = -1$ ,  $X_3 = +1$ ) приводить до збільшення ступеню очистки ротора  $C$  на 10...13%. Значення сили тяги  $T$  при цьому залишається практично незмінним (рис. 3).

Базуючись на отриманих результатах, необхідно відмітити, що зростання функції відгуку  $\bar{Y}_1$ , при варіюванні факторами, які характеризують геометричні параметри розвантажувального вузла, у цілому не перевищують 4...6%. Незначне збільшення сили тяги  $T$  на робочому органі при одночасному підвищенні ступеня очистки ротора на 30...40% підтверджує раціональність вибраної схеми двоступеневого пасивного розвантаження, при якому бермоутворювачі практично не переміщують ґрунт у відвал, а лише профілюють його, а основна маса ґрунту проходить через лотковий розвантажувальний вузол.

Аналіз регресійного рівняння 2, що описує вплив геометричних параметрів розвантажувального вузла на крутний момент  $M_{кр}$ , на приводі ротора показує, що зміна фактора  $X_2$  не виявляє істотного впливу на функцію відгуку  $\bar{Y}_2$ . Взаємовплив цього фактора з факторами  $X_1 X_3$  та їх вплив на величину  $M_{кр}$  також незначний, так як величина відповідного коефіцієнта регресії при  $X_2 X_3$  невелика у порівнянні з коефіцієнтами при інших членах рівняння 2.

Зміна параметра  $H_{гр}$  в межах величини інтервалу варіювання приводить до зниження значення функції  $\bar{Y}_2$  на 10...15%, внаслідок того, що збільшення прохідного перетину лотка в області установки ґрунтознімача відповідно зменшує опір потоку ґрунту, що виноситься ротором з забою. Підтвердженням цього факту слугує збільшення ступеню очистки ротора на 20...25% при аналогічній зміні значення фактора  $X_1$  (рис. 4а).

Ідентичний характер впливу на значення параметру  $M_{кр}$ , має кут установки ґрунтознімача  $\alpha$ .

Таким чином, мінімальне значення крутного моменту на приводі ротора  $M_{кр}$  при зміні значень геометричних параметрів розвантажувального вузла в розглянутих межах, має місце у випадку знаходження факторів  $H_{гр}$  і  $\alpha$  на рівнях, що відповідають їх максимальному значенню, тобто 75 мм і  $60^\circ$  відповідно. Зміна значення ступеню очистки ротора  $C$ , визначається взаємовпливом факторів  $X_1X_3$ , знаходження яких на верхніх рівнях варіювання відповідає збільшенню ступеня очистки ротора.

Необхідно відмітити, що установка ґрунтознімачів під кутом  $\alpha = 30^\circ$  супроводжується деяким зниженням швидкості потоку переміщення ґрунту на розвантажувальному вузлі. Дане явище являється не бажаним з точки зору можливості утворення при цьому застійних зон ґрунту і збільшення сил опору переміщенню його по розвантажувальному вузлу.

### **Висновки**

Експериментальним шляхом визначено оптимальні значення конструктивних параметрів лоткового розвантажувального вузла безковшового ротора, а саме: оптимальними конструктивними параметрами лотка розвантажувального вузла приймаються максимальні значення ширини лотка  $B$ , кута установки ґрунтознімача  $\alpha$  і висоти його установки  $H_{гр}$ .

### *Література*

1. Мусійко, В.Д., Клименко, Ю.М. Безковшовий роторний робочий орган землерийних машин з двохступеневим розвантаженням // Вісник Національного транспортного університету. В 2-х частинах: Ч.1. – К.: НТУ, – 2009. Випуск 19. С. 35-38.
2. Мусійко, В. Д., Клименко, Ю. М. Математична модель процесу розвантаження ґрунту із зовнішньої кільцевої порожнини безковшового ротора траншейного екскаватора, «Строительство. Материаловедение. Машиностроение. Серия: Подъемно-транспортные, строительные и дорожные машины и оборудование» Сб. научн. тр. №51 – Днепропетровск: ПГАСА, 2009. – С. 130-137.
3. Клименко, Ю. М. Експериментальні дослідження ефективності двохступеневого розвантаження безковшових роторних робочих органів траншейних машин. «Строительство. Материаловедение. Машиностроение. Серия: Подъемно-транспортные, строительные и дорожные машины и оборудование» Сб. научн. тр. №57. – Днепропетровск: ПГАСА, 2010. – С. 109-112.

Надійшла до редакції 27.10.2011  
© В.Д. Мусійко, Ю.Н. Клименко,

**В.Д. Мусийко, к.т.н., проф., Ю.Н. Клименко, ассистент**

*Национальный транспортный университет*

**ВЫБОР ОПТИМАЛЬНЫХ КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ  
ЛОТКОВОГО РАЗГРУЗОЧНОГО УЗЛА БЕЗКОВШОВОГО РОТОРА  
ТРАНШЕЙНОГО ЭКСКАВАТОРА**

*Рассмотрены результаты экспериментальных исследований связанных с выбором оптимальных конструктивных параметров лоткового разгрузочного узла безковшового ротора траншейного экскаватора.*

*Ключевые слова: разгрузочный узел, грунтоотъемник, степень очистки.*

**V.D. Musiyko, Ph.D, Y.N.Klimenko, Assistant**

*National Transport University*

**THE CHOICE OF OPTIMAL DESIGN PARAMETERS TRAY DISCHARGE  
SITEBUCKET WITHOUT ROTOR TRENCHERS**

*The results of experimental studies related to the choice of optimal design parameters of the discharge chute sitebucket without rotor trenchers.*

*Key words: discharge unit, groundwater stripper, the degree of purification.*