

Техніка для земляних та дорожніх робіт

УДК 681.586

Л.Є. Пелевін, канд. тех. наук, професор,

М.М. Карпенко, студент,

С.В. Лаврик, студент

Київський національний університет будівництва і архітектури (КНУБА)

БАГАТОЯРУСНИЙ РОБОЧИЙ ОРГАН ЗЕМЛЕРИЙНОЇ МАШИНИ

АНОТАЦІЯ. Виходячи з аналізу, взаємодії послідовних багатоярусних робочих органів, обґрунтований метод взаємодії таких конструкцій з ґрунтом. Запропоновано принципово новий робочий орган землерийної машини, що дозволяє знизити енергоємність розробки ґрунту.

Ключові слова: енергоємність, сила різання, продуктивність, круги Мора, питома сила різання.

SUMMARY. Based on the analysis, the interaction of successive multi-tiered working bodies based methods of interaction of these structures with the ground. A fundamentally new working body of earthmoving machines, which allows to reduce the energy intensity of excavation.

Key words: energy consumption, cutting force, productivity, following Mora, the specific cutting force.

Вступ. Копання ґрунту пасивними землерийними робочими органами (ЗРО) здійснюється на докритичній глибині різання. Якщо необхідна глибина є більшою критичної глибини різання, для усунення за критичної зони ущільнення ґрунту і зниження енергоємності робочого процесу необхідно задіяти або динамічні ЗРО, або багатоярусні ЗРО.

Мета статті. Провести аналіз взаємодії послідовних багатоярусних робочих органів з ґрунтом, та розробити алгоритм розрахунку визначення параметрів розробки ґрунту такими робочими органами. Розробити нову конструкцію багатоярусного робочого органу землерийної машини та визначити енергоємність розробки ґрунту.

Виклад основного матеріалу. Основним принципом створення багатоярусних землерийних робочих органів є забезпечення роботи кожного ріжучого елемента на докритичній глибині, незалежно від загальної глибини розробки ґрунту.

Наприклад «Багатоярусний землерийний робочий орган» (див. патент на корисну модель UA № 47254 від 25.01.2010р.), який складається з несучої рами 1, ґрунторозсікача 2, ґрунторозробних робочих органів 3. Особливість таких робочих органів полягає в поділі ріжучого інструменту на ґрунторозробні органи та розміщення їх у просторі повинно здійснюватися таким чином, щоб кожен попередній ґрунторозробний орган створював сприятливі умови розробки ґрунту для кожного наступного ріжучого органу (принцип незалежності роботи попередніх ґрунторозробних органів від наступних).

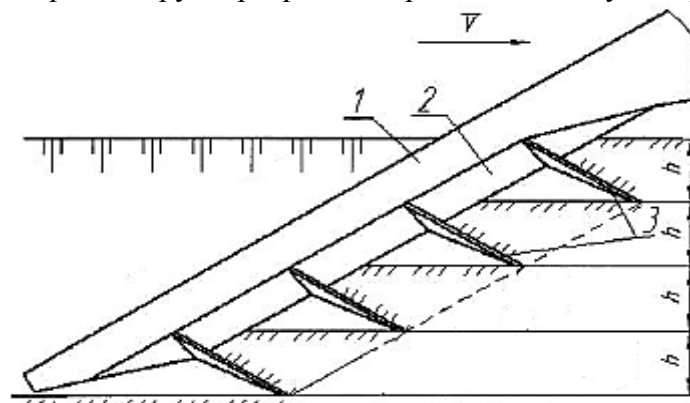


Рисунок 1. Багатоярусний землерийний робочий орган.



Пропонується конструкція ковша землерийної машини (рис. 2) призначена для багатоярусного зняття ґрунту, особливість, якої полягає в наявності в днище ковша пазів з ріжучими завантажувальними пластинами, через які ґрунт потрапляє в ківш. Пластини виконані з системою примусової дії (див. заявку на корисну модель № U 2015 01049 від 10.02.2015р.), яка дозволяє відкривати завантажувальні пластини при копанні і закривати при переміщенні до місця розвантаження.

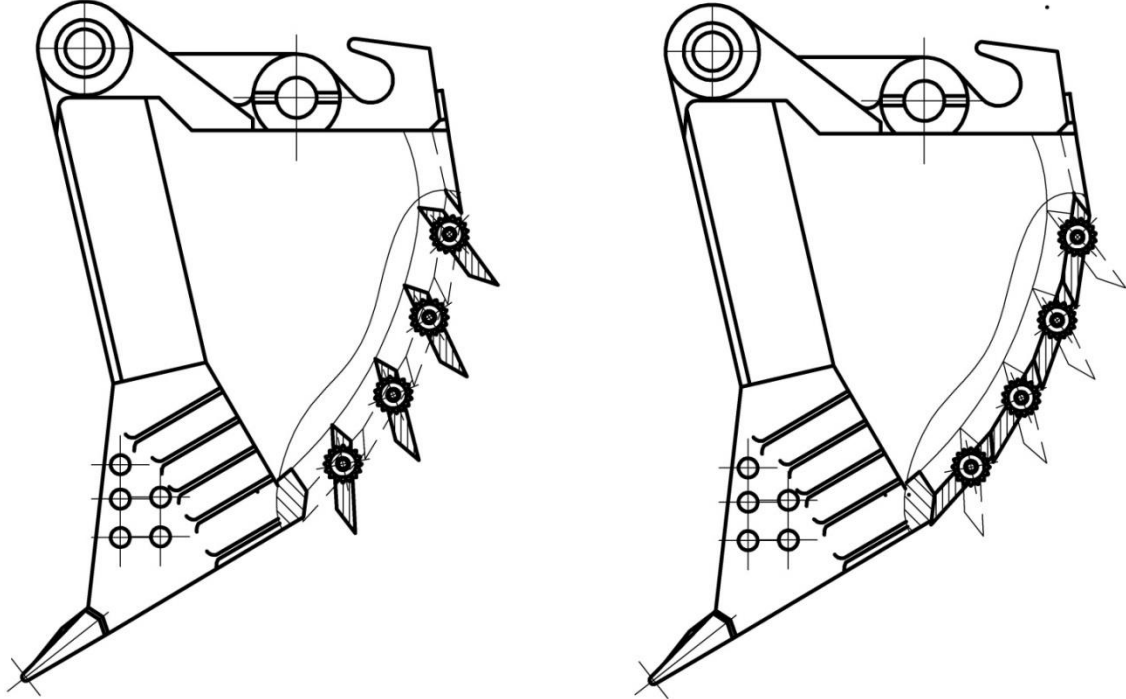


Рисунок 2. Робочий орган з завантажувальними пластинами
1 – Ківш; 2 – головна ріжуча кромка; 3 – пластини.

Сила різання, яка прикладається до масиву ґрунту в момент руйнування, визначається за формулою [1]:

$$P = m_v (\varphi \cdot F_v + \eta_{бок} \cdot F_{бок} + \eta_{бок.зр} \cdot L_{бок.зр}),$$

де, m_v – питома сила різання для подолання опору ґрунту; φ – коефіцієнт, що характеризує вплив кута різання; $\eta_{бок}$ і $\eta_{бок.зр}$ – коефіцієнти, що характеризують співвідношення між питомими силами різання в бічних розширеннях прорізу і для подолання опорів ґрунту зрізу бічними ребрами; F_v і $F_{бок}$ – площа перерізу ґрунту перед ріжучою кромкою і площа бічних розширень, відповідно; $L_{бок.зр}$ – сумарна величина ліній бокового зрізу.

Сумарна величина ліній бокового зрізу $L_{бок.зр}$ визначається за формулою:

$$L_{бок.зр} = 2h(1 - k_{бок})$$

де, h – глибина копання; $k_{бок}$ – коефіцієнт бічних розширень зрізу.

Одним з основних показників є питома сила різання m_v , що за своїм фізичним змістом є узагальненим показником опору ґрунту зсуву і стиснення, що виникають у процесі взаємодії ножа з ґрунтом, при цьому, питома сила різання m_v , кореляційно має зв'язок зі зчепленням ґрунту і опором стисненню $\sigma_{ст}$ [2].

$$m_v = 0,66 \cdot c; m_v = 0,21 \cdot \sigma_{ст}$$

Питомий опір залежить від: c – зчеплення ґрунту; μ – кута тертя між ґрунтом і ножем; ρ – кут внутрішнього тертя ґрунту; δ – кутом різання, але через складності обчислень за аналітичною залежністю встановлюється експериментально, або за допомогою кругів Мора [2].

Побудуємо круги Мора для визначення питомого опору ґрунту, який визначається з рис. 3 точкою перетину дотичної до кругів Мора з віссю ординат, при таких значеннях: $\sigma_{max} = 180 \text{ МПа}$; $\sigma = 96,1 \text{ МПа}$ (для ґрунтів III категорії)

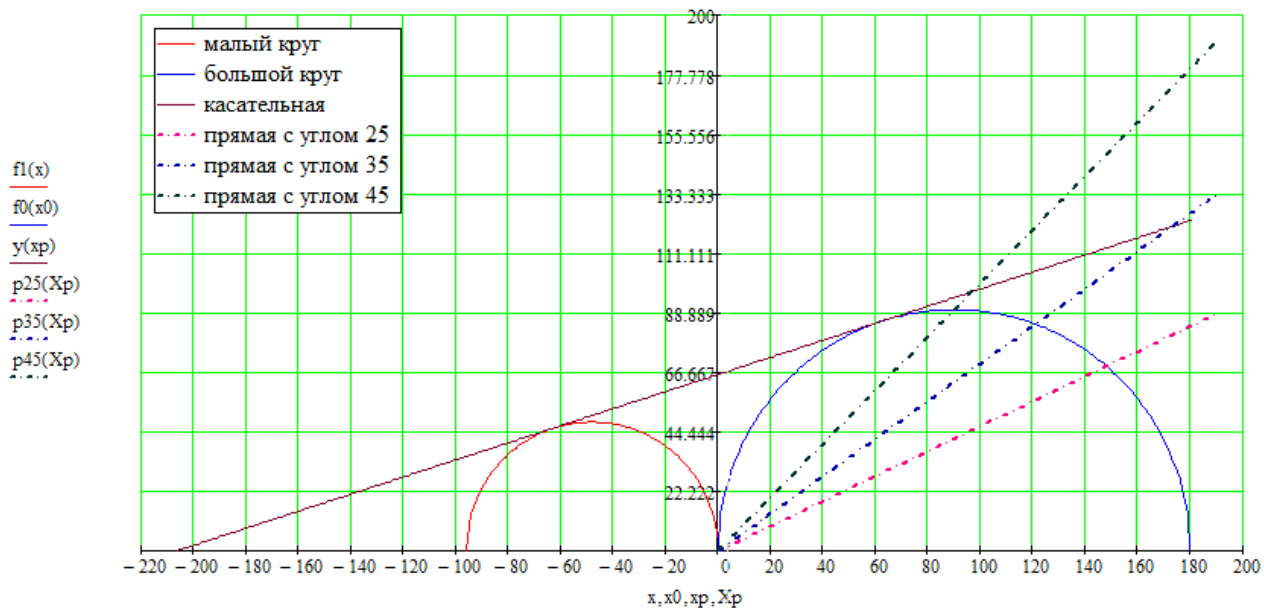


Рисунок 3. Визначення фізико-механічних властивостей ґрунтів.

Значення питомого опору різання $m_b = 0,067 \cdot 10^3 \text{ МПа}$; $\phi = 0,74$; $\eta_{\text{бок}} = 0,07$; $\eta_{\text{бок.зр}} = 0,08$; $F_b = 0,056 \text{ м}^2$; $F_{\text{бок}} = 0,52 \text{ м}^2$.

Для розрахунків приймаємо подібність геометричних параметрів ковшів.

Розрахуємо силу різання звичайним ковшем, який працює на до критичної глибини копання $h=0,4 \text{ м}$.

$$L_{\text{бок.зр}} = 2h(1 - k_{\text{бок}}) = 2 \cdot 0,3 \cdot 0,15 = 0,12 \text{ м.}$$

$$P_{\text{п.г}} = 0,067 \cdot 10^3 (0,74 \cdot 0,056 + 0,52 \cdot 0,07 + 0,08 \cdot 0,12) = 6 \text{ кН.}$$

Розрахуємо сили різання багатоярусним робочим органом, який взаємодіє з ґрунтом на глибині $h = 0,4 \text{ м.}$, при наявності додаткових ріжучих пластин.

Сила різання передньою кромкою, яка врізається в ґрунт на глибину $h=0,1 \text{ м}$.

$$L_{\text{бок.зр}} = 2h(1 - k_{\text{бок}}) = 2 \cdot 0,1 \cdot 0,15 = 0,03 \text{ м.}$$

$$P_1 = 0,067 \cdot 10^3 (0,74 \cdot 0,014 + 0,13 \cdot 0,07 + 0,08 \cdot 0,03) = 1,43 \text{ кН.}$$

Сила різання першою пластиною, яка врізається в ґрунт на глибину $h=0,1 \text{ м}$.

$$L_{\text{бок.зр}} = 2h(1 - k_{\text{бок}}) = 2 \cdot 0,1 \cdot 0,15 = 0,03 \text{ м.}$$

$$P_2 = 0,067 \cdot 10^3 (0,74 \cdot 0,014 + 0,13 \cdot 0,07 + 0,08 \cdot 0,03) = 1,43 \text{ кН.}$$

Сила різання другою пластиною, яка врізається в ґрунт на глибину $h=0,1 \text{ м}$.

$$L_{\text{бок.зр}} = 2h(1 - k_{\text{бок}}) = 2 \cdot 0,1 \cdot 0,15 = 0,03 \text{ м.}$$

$$P_3 = 0,067 \cdot 10^3 (0,74 \cdot 0,014 + 0,13 \cdot 0,07 + 0,08 \cdot 0,03) = 1,43 \text{ кН.}$$

Сила різання третьою пластиною, яка врізається в ґрунт на глибину $h=0,1 \text{ м}$.

$$L_{\text{бок.зр}} = 2h(1 - k_{\text{бок}}) = 2 \cdot 0,1 \cdot 0,15 = 0,03 \text{ м.}$$

$$P_4 = 0,067 \cdot 10^3 (0,74 \cdot 0,014 + 0,13 \cdot 0,07 + 0,08 \cdot 0,03) = 1,43 \text{ кН.}$$

Визначаємо сумарну силу різання ковша запропонованої конструкції за формулою:

$$P_{\text{сум}} = \sum P_n = 5,72 \text{ кН.}$$

Енергоємність залежить від сили різання P і площі перетину зрізу в масиві $F_{\text{зр}}$ [1]:

$$e = \frac{P_{\text{ср}}}{F_{\text{зр}}}.$$

Визначаємо енергоємність розробки ґрунту звичайним ковшем:

$$e = \frac{6}{0,58} = 10,4 \text{ МДж/м}^3.$$

Визначаємо енергоємність розробки ґрунту ковшем нової конструкції:

$$e = \frac{5.72}{0.58} = 9.86 \text{ МДж/м}^3.$$

На основі порівняння отриманих значень будуємо графік залежності енергоємності розробки ґрунту від глибини копання (рис. 4.).

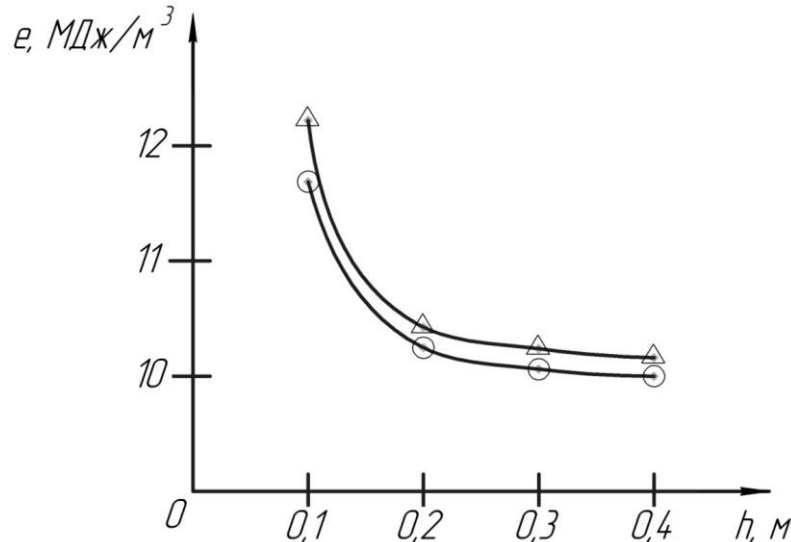


Рисунок 4. Графік залежності енергоємності розробки ґрунту від глибини копання: Δ – ковшем звичайної конструкції; О – багатоярусним робочим органом.

Висновки

На основі аналізу взаємодії послідовних багатоярусних робочих органів з ґрунтом, розроблено алгоритм розрахунку визначення параметрів розробки ґрунту такими робочими органами, та визначено, що експлуатація аналогічних робочих органів дозволить зменшити енергоємність розробки ґрунту на 4 ... 6%, з одночасним зменшенням часу заповнення. Розроблена принципово нова конструкція робочого органу з завантажувальними пластинами

Література:

1. Ветров Ю.О., Власов В.В. Машины для земляных работ. Приклады расчета: Навчальний посібник. – К.: ІСДО, 1995. – 304с.
2. Шемет И.А. Кореляционные связи характеристик прочности грунтов //Горн., строит. и дор. машины: Респ. межвед. науч.техн. сб. – 1979. – Вып.28. – с. 32-43.