

УДК 624.132.3

## АНАЛІЗ КОНСТРУКТИВНИХ СХЕМ ҐРУНТОПРИБИРАЧІВ ТА ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ЛАНЦЮГОВИХ СКРЕБКОВИХ ТРАНШЕЄКОПАЧІВ

**В.О. Волянiюк, доц., к.т.н., Є.В. Горбатiюк, доц., к.т.н.,  
Київський національний університет будівництва і архітектури**

*Анотація.* Наведено аналіз існуючих конструкцій ґрунтоприбирачів та обґрунтовано найбільш доцільну для ланцюгових траншеєкопачів. Розглянуто методіку визначення кінематичних параметрів та силових і енергетичних показників скребкових ґрунтоприбирачів ланцюгових траншеєкопачів.

*Ключові слова:* ланцюговий траншеєкопач, ґрунтоприбирач, ґрунт, траншея.

## АНАЛИЗ КОНСТРУКТИВНЫХ СХЕМ ГРУНТОУБОРЩИКОВ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ЦЕПНЫХ СКРЕБКОВЫХ ТРАНШЕЕКОПАТЕЛЕЙ

**В.А. Волянiюк, доц., к.т.н., Е.В. Горбатiюк, доц., к.т.н.,  
Киевский национальный университет строительства и архитектуры**

*Аннотация.* Приведен анализ существующих конструкций ґрунтоуборщико́в и обоснована наиболее целесообразная для цепных траншеєкопательей. Рассмотрена методика определения кинематических параметров, силовых и энергетических показателей скребковых ґрунтоуборщико́в цепных траншеєкопательей.

*Ключевые слова:* цепной траншеєкопатель, ґрунтоуборщик, ґрунт, траншея.

## ANALYSIS OF STRUCTURAL CHARTS OF SOIL CLEANERS AND DETERMINATION OF CHAIN SCRAPER TRENCH-DIGGER PARAMETERS

**V. Volyaniuk, Assoc. Prof., Cand., Eng. Sc.,  
Ye. Gorbatiuk, Assoc. Prof., Cand., Eng. Sc.,  
Kyiv National University of Construction and Architecture**

*Abstract.* Existent designs of soil cleaners have been analyzed and the most appropriate one for chain trench-digger has been grounded. Methodology to determine kinematics parameters, power and energy indexes of scraper soil cleaners of chain trench-diggers has been studied.

*Key words:* chain trench-digger, soil cleaner, soil, trench.

### Вступ

В Україні за останнє десятиріччя спостерігається зростання обсягів будівництва, що вимагає якісно нового рівня у капітальному будівництві, докорінного покращення якості проведення робіт на об'єктах, що споруджуються та реконструюються, підвищення ефективності розробки ґрунту.

Капітальне будівництво потребує прокладки різноманітних комунікацій, проведення робіт за нульовим циклом, пов'язаних з розробкою ґрунту, вскриванням асфальтових покриттів. У сучасній будівельній промисловості поряд зі зведенням нових споруд необхідно здійснювати значний обсяг реконструкцій промислових і цивільних об'єктів за різноманітних умов: у стиснених міських умовах, у зонах скельних і важких ґрунтів, проводити

розбирання міцних покриттів (в тому числі й за аварійних ситуацій) тощо. Часом стислі терміни введення об'єктів будівництва в експлуатацію примушують йти на подорожчання робіт, проводити їх у зимовий період.

Для ведення цих робіт створені і використовуються різноманітні технічні засоби, в тому числі й машини з ланцюговими ріжучими органами. Так, наприклад, при вирізуванні блоків каменю використовуються здебільшого вузько-щілорізні машини на рейковому ході, а для розробки твердого та мерзлого ґрунту – машини з широкими ланцюговими ріжучими органами [1–4]. Швидкість екскавації матеріалу із траншеї за допомогою траншеєкопача може бути у 6 разів вище за швидкість, що забезпечує одноковшевий екскаватор. Траншейні безківшові екскаватори використовуються для земляних робіт, що ведуться на відкритому просторі. Вони руйнують та виносять ґрунт на поверхню, прорізаючи в породі щілину, яку можна використати для прокладки інженерних комунікацій. Більше того, траншеєкопач робить траншею чистою, вже повністю готовою під технологічні комунікації. Ґрунт, що витягається траншеєкопачем, на відміну від одноковшевого екскаватора, має однорідну за розмірами частинок структуру і може бути використаний для зворотного засипання. Траншеєкопач мінімізує об'єм матеріалу, що витягається, і пов'язані з цим енергозатрати. Траншея може бути прокладена з високою точністю, а застосування лазерних систем керування дозволяє досягати найвищого рівня.

Ці переваги забезпечують високу продуктивність і рентабельність спеціалізованих траншеєкопачів.

### Аналіз публікацій

На основі огляду публікацій, присвячених аналізу конструктивних схем ґрунтоприбирачів та дослідженню факторів, які визначають режими роботи безківшових ланцюгових траншеєкопачів, можна зробити наступні висновки. Авторами робіт [1–4] приводяться аналітичні залежності для визначень швидкостей подачі робочих органів при роботі траншеєкопачів. При аналізі цих залежностей виявлено, що недостатньо висвітлено визначення як швидкісних параметрів (наприклад, швидкості різання ґрунту), так і конструктивних (виліт різців, конструкції

скребків для винесення ґрунту, крок їх розставлення).

Також на продуктивність безківшового ланцюгового траншеєкопача впливає геометрія різців та їх знос [4], конструкція виконавчого органа і траншеєкопача в цілому. При цьому застосовуються різні види ґрунтоприбирачів – стрічкові, металеві, шнекові, плужні, скребокві. Стрічкові ґрунтоприбирачі суттєво ускладнюють навісне обладнання траншеєкопача. Металеві ґрунтоприбирачі мають високий ступінь зношування та високу енергоємність [5]. Плужні ґрунтоприбирачі хоч і є конструкційно простими та низькоенергоємними, але при їх роботі розроблений ґрунт заважає при прокладанні різних комунікацій у траншею [6]. Скребокві ґрунтоприбирачі, на відміну від інших типів, є простими за конструкцією, мають відносно низьку енергоємність та невисоку зносостійкість скребків [7]. Однак не повністю приведено методичку визначення їх кінематичних параметрів та силових і енергетичних показників.

### Мета і постановка задачі

Взаємодія безківшового ланцюгового виконавчого органа із твердим та мерзлим ґрунтом при вирізуванні траншеї характеризується тим, що ріжучо-транспортувальні елементи водночас з розпушенням ґрунту транспортують його із траншеї.

Винесений на поверхню ґрунт осипається у зазори між виконавчим органом і боковими стінками траншеї, зтягається до неї неробочою гілкою ріжучого ланцюга і накопичується у нижній частині виконавчого органа між ріжучо-транспортувальними елементами. Ущільнюючись, він ускладнює доступ різців до вибою; при цьому збільшується як зусилля подачі, так і зусилля протягування ріжучого ланцюга.

Задля підвищення ефективності роботи ріжучо-транспортувальних елементів необхідно зменшити кількість ґрунту, що осипається з верхньої поверхні траншеї, шляхом віддалення винесеного ґрунту від виконавчого органа. Це, у свою чергу, дозволить виключити підпресування ґрунту та забезпечити задану продуктивність траншеєкопача при нарізанні траншеї.

У зв'язку з викладеним дослідження, що спрямовані на вдосконалення засобів та методів віддалення зруйнованого ґрунту від виконавчого органа, є актуальними.

### Аналіз конструктивних схем ґрунтоприбирачів та визначення параметрів ланцюгових скребкових траншеєкопачів

Необхідність встановлення того чи іншого типу ґрунтоприбирача на безквішовому ланцюговому траншеєкопачу зумовлена технологічним призначенням траншеї, що прорізується. Залежно від цього ґрунт, що виймається, або розміщується з одного або двох боків траншеї, або розрівнюється по поверхні ґрунту. Відповідно до цього на траншеєкопачах встановлюються різноманітного типу ґрунтоприбирачі. Розглянемо основні конструктивні схеми ґрунтоприбирачів.

Стрічковий транспортер є найбільш доцільним видом ґрунтоприбирача, зважаючи на такі безсумнівні свої переваги, як низька енергоємність транспортування, можливість достатньо просто змінювати дальність переміщення ґрунту, простота конструкції (рис. 1).

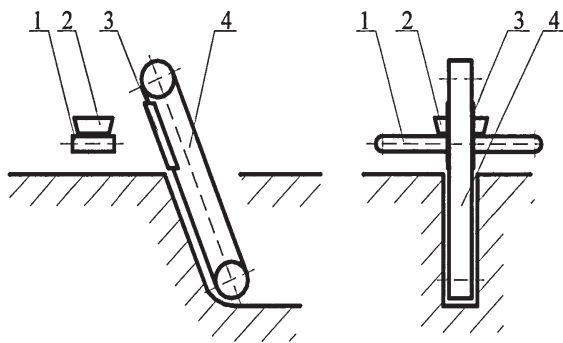


Рис. 1. Стрічковий ґрунтоприбирач: 1 – стрічковий транспортер; 2 – приймальний бункер; 3 – напрямний жолоб; 4 – робочий орган траншеєкопача

Однак стрічкові транспортери досі не набули такого розповсюдження, як ґрунтоприбирачі безквішових ланцюгових траншеєкопачів, призначені для розробки твердих та мерзлих ґрунтів, внаслідок неможливості застосування для відсіпання ґрунту із його розрівнюванням по поверхні.

Основною ж причиною, що обмежує застосування стрічкових ґрунтоприбирачів, є складність їх використання на безквішових ланцюгових траншеєкопачах, що створюються, як правило, на базі тракторів. У випадку застосування стрічкового ґрунтоприбирача невинновано ускладнюється все нависне обладнання: необхідно істотно змінювати конструкцію редуктора приводу робочого органа траншеєкопача для розміщення транспортера і його приводу, встановлювати бункер для ґрунту та штучний струмок (жолоб) для підйому ґрунту з поверхні ґрунту до бункера.

Стрічкові ґрунтоприбирачі, певно, знайдуть застосування у випадку створення повністю оригінальних конструкцій безквішових ланцюгових траншеєкопачів. Підтвердженням цьому є широке використання стрічкових ґрунтоприбирачів на роторних траншейних екскаваторах, що застосовуються для розробки ґрунтів.

Метальні ґрунтоприбирачі з ротаційними робочими органами та робочими органами, що коливаються, також досі не знайшли застосування на безквішових ланцюгових траншеєкопачах, хоча й є оригінальні розробки [5] та були спроби їхнього використання (рис. 2).

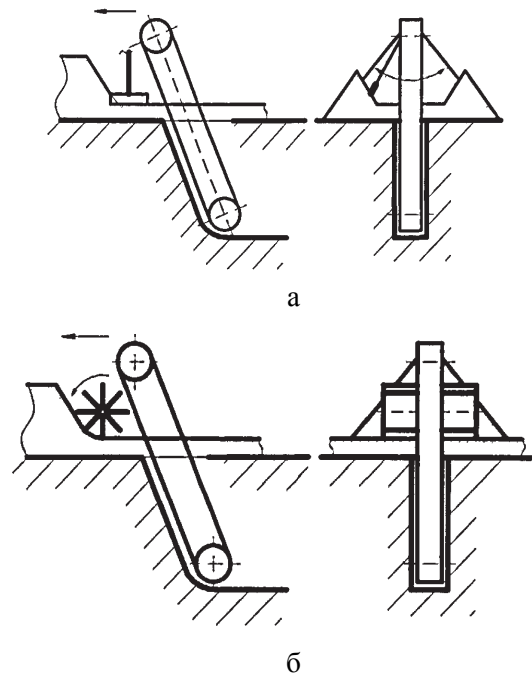


Рис. 2. Метальні ґрунтоприбирачі: а – маятниковий; б – ротаційний

Випробування металюного ґрунтоприбирача з маятниковим транспортувальним органом (рис. 2, а), який було встановлено на траншеєскопачу (на базі трактора Т-100), показали, що він має малу транспортувальну спроможність, а значні навантаження на робочий орган, що коливається, призводять до його поломок.

Ротаційний металюник (рис. 2, б) може або прибирати, або розкидати ґрунт по площі на великі відстані від траншеї. Але для ефектвної його роботи ґрунт необхідно орієнтовано подавати від робочого органа траншеєскопача до лопаток ротора. В іншому випадку невеликий за розмірами ротор-металюник не може чисто прибрати ґрунт, який, звичайно, розсипається на значній площі попереду робочого органа траншеєскопача.

До числа інших недоліків, що стали перешкодою до застосування таких ґрунтоприбирачів, можна віднести їх відносну складність, швидке зношування частин (що стикаються з ґрунтом) та достатньо високу енергоємність, необхідну для транспортування ґрунту.

Шнекові ґрунтоприбирачі найбільш широко застосовуються на існуючих безківшових ланцюгових траншеєскопачах через простоту, як виготовлення, так і обслуговування у процесі експлуатації. Гвинтові транспортери для подачі вийнятого із траншеї матеріалу в зону зворотного засипання стали застосовуватися у траншеєскопачах як зарубіжних виробників Case, Vermeer, Ditch Witch, Wolfe, HYDRAMAXX, так і вітчизняних.

На практиці має місце застосування різних конструкцій шнекових ґрунтоприбирачів: з однозаходними та двозаходними шнеками; з приводом від редуктора робочого органа траншеєскопача та від робочої ланки ріжучого ланцюга; із транспортуванням ґрунту в один чи в обидва боки від траншеї (рис. 3); з розташуванням осі шнекового органа попереду ріжучого ланцюга та на рівні з ним.

Шнековий ґрунтоприбирач з прибиранням ґрунту на два боки (рис. 3, а) дозволяє більш рівномірно розпланувати ґрунт, що виймається ріжучим ланцюгом. Разом з тим відвал ґрунту утворюється з двох боків, що, очевидно, буде заважати при наступному паралельному проході машини. При використанні ґрунтоприбирача за схемою (рис. 3, б) вима-

гається значна його довжина. За схемою (рис. 3, в) вимагається переставляти шнековий ґрунтоприбирач в ліву або праву частину машини залежно від необхідності прорізування ліво- або правосторонніх паралельних траншей.

Для визначення рекомендацій з виконання і проведення досліджень можна взяти схему (рис. 3, а) як таку, що має можливість планування, а за зміни напрямку обертання шнека – навіть засипати траншеї. Поряд з перевагами, шнекові ґрунтоприбирачі мають і ряд недоліків.

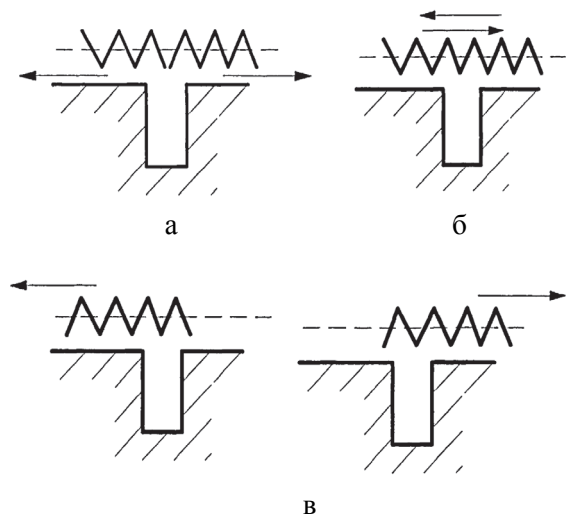


Рис. 3. Шнековий ґрунтоприбирач: а – шнековий транспортер, встановлений посередині траншеї, прибирає ґрунт на два боки; б – шнековий транспортер прибирає ґрунт в один бік і встановлений посередині траншеї; в – шнековий транспортер прибирає ґрунт в один бік

З метою виключення поломок при роботі траншеєскопача на нерівній поверхні, шнеки ґрунтоприбирача розташовують на певній висоті від поверхні ґрунту, у зв'язку з чим ґрунт розрівнюється у достатньо товстий шар, з якого його частина осипається у траншею.

Шлях тертя гвинтової лопаті шнека в декілька разів є більшим за шлях переміщення ґрунту, тому при постійному контакті шнека з високоабразивним твердим чи мерзлим ґрунтом спостерігається висока інтенсивність його зношення.

Плужний ґрунтоприбирач пасивної дії [6] видаляє ґрунт двома відвалами від бровки

траншеї і формує у два бурти з кутами в основі поперечного перерізу, рівними куту природного відкосу  $\rho$  (рис. 4).

Такий ґрунтоприбирач є надто простим за конструкцією, не вимагає кваліфікованого догляду під час експлуатації.

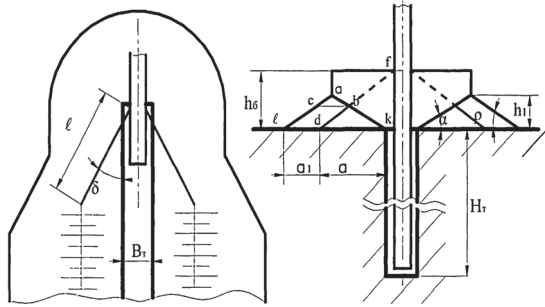


Рис. 4. Плужний ґрунтоприбирач

Незважаючи на те, що плужні ґрунтоприбирачі є конструктивно простими та забезпечують переміщення ґрунту з невеликими затратами потужності, вони можуть застосовуватись на безківшових ланцюгових траншеєкопачах, призначених для вирізування траншеї малого поперечного перерізу.

Зумовлене це тим, що маса відвалів, що розміщуються на робочому органі траншеєкопача, зростає пропорційно збільшенню параметрів траншеї. У свою чергу це викликає збільшення противаг для забезпечення стійкості машини і ваги машини в цілому.

Але головний недолік плужних ґрунтоприбирачів полягає в тому, що за їх допомогою ґрунт переміщується на незначну відстань від траншеї і перешкоджає укладанню у траншею різноманітного типу комунікацій.

Скребок ґрунтоприбирачі (рис. 5) мають суттєві переваги перед іншими в тому, що можуть бути виконані з наявністю пристроїв для швидкого переходу з режиму буртування на режим планування ґрунту. Шлях тертя ковзання скребоків не перевищує шляху транспортування ґрунту, що забезпечує відносно менше зношування скребоків. До того ж їх можна покривати зносостійкими або змінними матеріалами (наприклад, гумовою стрічкою), що не призведе до суттєвого підвищення енергоємності транспортування.

Важливою особливістю роботи скребок ґрунтоприбирачів є те, що ґрунт безпосеред-

ньо не потрапляє на скребковий ланцюг, а його більша частина укладається попереду, і за процес роботи його робочий орган наче надходить на ґрунт, який утворює трикутну призму. Переміщення тіла волочиння відбувається по ґрунту, винесеному попередньо.

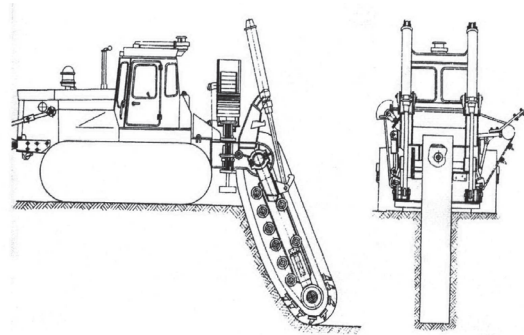


Рис. 5. Безківшовий ланцюговий траншеєкопач зі скребковим ґрунтоприбирачем

Режим роботи скребок ґрунтоприбирача визначається його конструктивними (ширина скребка –  $b_c$ , висота скребка –  $h_c$ , товщина скребка –  $t_c$ , форма скребка) та кінематичними (швидкість подачі виконавчого органа ланцюгового траншеєкопача –  $v_{II}$ , швидкість руху скребок ґрунтоприбирача –  $v_{II}$ ) параметрами.

Під час руху (рис. 6) скребок зсуває шар ґрунту з бурта 3, а перед скребком 2 утворюється ядро ущільнення, яке є тілом волочиння 1.

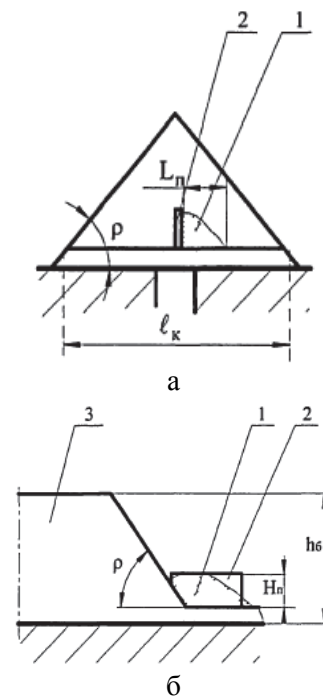


Рис. 6. Схема утворення тіла волочиння

За обраних конструктивних параметрів скребкового ланцюга і заданої швидкості подачі машини задача вибору раціонального режиму роботи скребкового ґрунтоприбирача зводиться до визначення мінімально можливого значення швидкості руху скребкового ланцюга  $v_{л \min}$ , за яким на шляху руху скребка  $l_k$  утворюється максимально можливе тіло волочіння, і ґрунт не буде виходити за межі скребка.

Тіло волочіння, що утворюється перед скребком, є тригранною пірамідою (рис. 7), об'єм якої можна визначити з виразу

$$V_{т.в} = \frac{b_c \cdot l_{т.в} \cdot h_{т.в}}{4}, \quad (1)$$

де  $l_{т.в}$  та  $h_{т.в}$  – довжина і висота тіла волочіння.

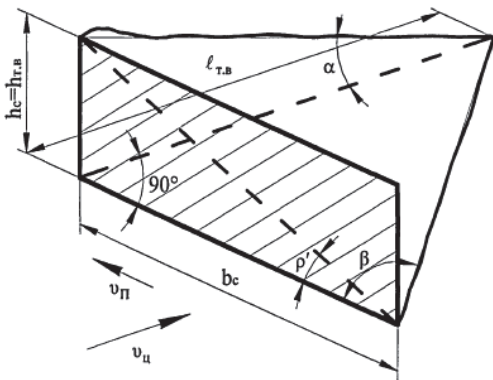


Рис. 7. Тіло волочіння скребкового ґрунтоприбирача

При цьому, виходячи з того, що тіло волочіння не повинно виходити за межі скребка, необхідно виконувати умову

$$\begin{cases} l_{т.в} \leq b_c \cdot \text{tg}\beta, \\ h_{т.в} \leq h_c. \end{cases} \quad (2)$$

Кут  $\alpha$  (рис. 7) має значення, більше за значення кута природного відкосу ґрунту  $\rho'$ , за рахунок ущільнення ґрунту, і для суглинку становить  $32^\circ$ .

Підставивши значення  $l_{т.в}$  та  $h_{т.в}$  з останнього виразу в рівняння (1), отримуємо

$$V_{т.в} = \frac{b_c^2 \cdot h_c \cdot \text{tg}\beta}{4}. \quad (3)$$

У цей же час об'єм ґрунту, що переміщується скребком на шляху  $l_k$ , може бути виражений залежністю

$$V_{т.б} = \frac{S_c^2 \cdot (1 + K_s)^2 \cdot \text{tg}\rho \cdot l_k}{2}, \quad (4)$$

де  $S_c = t_c \cdot v_{п} / v_{л}$  – довжина подачі ґрунтоприбирачем ґрунту на скребок;  $K_s = \Delta S_c / S_c$  – коефіцієнт пропорційності;  $\Delta S_c$  – зміна положення нижньої кромки бурта після проходження скребка в результаті осипання ґрунту.

Коефіцієнт пропорційності  $K_s$  дорівнює

$$K_s = \sqrt{\frac{h_б - h_{п}}{S_c \cdot \text{tg}\rho}} - 1, \quad (5)$$

де  $h_б$  – висота бурта ґрунту;  $h_{п}$  – глибина траншеї, що прорізається.

Розв'язуючи сумісно рівняння (3) і (4), знаходимо

$$S_c = \frac{b_c}{1 + K_s} \cdot \sqrt{\frac{h_c \cdot \text{tg}\beta}{2 \cdot l_k \cdot \text{tg}\rho}}.$$

Замінимо в останньому рівнянні  $K_s$  його значенням з виразу (5), після піднесення у квадрат обох частин рівняння і відповідних перетворень, отримаємо

$$S_c = b_c \cdot \sqrt{\frac{v_{п} \cdot t_c \cdot h_c \cdot \text{tg}\beta}{2 \cdot v_{л} \cdot l_k \cdot (h_б - h_{п})}}. \quad (6)$$

Кожним скребком ґрунтоприбирача з бурта ґрунту виймається відділений шар ґрунту, розмір якого за основою буде дорівнювати (рис. 8)

$$S'_c = S_c + \Delta S = S_c \cdot (1 + K_s). \quad (7)$$

У дійсності основа трикутника ABC (рис. 8) шару ґрунту, що виймається скребком, буде більше значення подачі  $S$  на величину  $\Delta S$  за рахунок осипання ґрунту по природному відкосу після проходження його попереднім скребком.

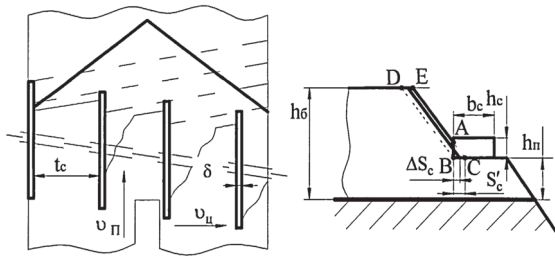


Рис. 8. Схема взаємодії скребка з буртом ґрунту

Після підстановки в рівняння (6) значення  $S_c$  з виразу (7), піднесення у квадрат обох частин рівняння і відповідних перетворень, отримаємо

$$v_{п} = \frac{2 \cdot v_{п} \cdot t_c \cdot l_k \cdot (h_6 - h_n)}{b_c^2 \cdot h_c \cdot \text{tg}\beta} \quad (8)$$

У виразі (8)

$$l_k = (h_6 - h_n) = 2 \cdot S_{np},$$

де  $S_{np}$  – площа поперечного перерізу призми ґрунту, що прибирається ґрунтоприбирачем від траншеї.

Відповідно можна записати

$$v_{п} = \frac{4 \cdot v_{п} \cdot t_c \cdot S_{np}}{b_c^2 \cdot h_c \cdot \text{tg}\beta} = \frac{4 \cdot v_{п} \cdot t_c \cdot S_{np}}{b_c^3 \cdot \text{tg}\beta \cdot \text{tg}\rho'} \quad (9)$$

Транспортування ґрунту скребокним ґрунтоприбирачем складається з робіт, що витрачаються на подолання сил тертя переміщуваного ґрунту по ґрунту та нижньої і торцевої поверхонь скребка по ґрунту, на підйом ґрунту при його буртуванні ґрунтоприбирачем.

Відстань переміщення частинок ґрунту, що поступили у міжскребокний простір на початку шляху  $l_k$  і в кінці його, буде різною. Якщо частинки ґрунту, захоплені скребокном на початку його контакту з буртом, проходять максимальний шлях  $l_k$ , то частинки, що поступили в міжскребокний простір перед виходом скребка із контакту з буртом ґрунту, переміщуються на мінімальну відстань. У середньому ґрунт об'ємом  $V_{т.в}$  під час завантаження міжскребокних просторів проходить шлях  $\frac{l_k}{2}$ .

Під час розвантаження скребокного ланцюга від ґрунту як при його плануванні, так і при буртуванні, велика частина об'єму  $V_{т.в}$  переміщується на меншу відстань, а менша частина – на більшу. У середньому ж весь об'єм ґрунту при розвантаженні проходить шлях, який дорівнює половині загальної відстані розвантаження.

У зв'язку з вищевикладеним робота, що витрачається на подолання сили тертя ґрунту по ґрунту на шляху завантаження і розвантаження скребокного ланцюга (рис. 9, 10), становитиме (Дж):

– при плануванні ґрунту

$$A_1 = V_{т.в} \cdot \gamma \cdot \mu \cdot \left( \frac{l_k + 2 \cdot a_1}{4} \right);$$

– при буртуванні ґрунту

$$A_1' = V_{т.в} \cdot \gamma \cdot \mu \cdot \left( \frac{h_{61} - h_n}{2 \cdot \text{tg}\rho} \right),$$

де  $\gamma$  – питома вага вилученого ґрунту;  $a_1$  – відстань відхиляючої зірочки скребокного ланцюга від осі робочого органа при буртуванні ґрунту (рис. 10);  $\rho$  – кут природного відкосу ґрунту;  $h_6$  – висота бурта ґрунту (рис. 10);  $h_n$  – висота ґрунтової основи (рис. 10).

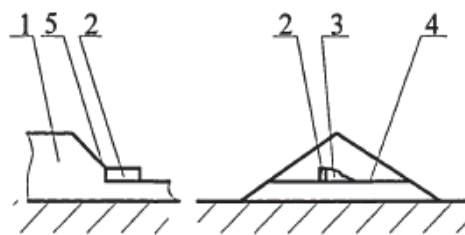


Рис. 9. Робота скребокного ґрунтоприбирача: 1 – ґрунт (вилучений робочим органом барової машини); 2 – скребок (робочий орган ґрунтоприбирача); 3 – об'єм тіла волочіння (що переміщується скребокном); 4 – ґрунтова основа; 5 – вертикальне ліжко (утворене ґрунтом) кутового жолоба

Робота, що витрачається на подолання сили тертя скребокного ланцюга по ґрунту, визначається з виразів (Дж):

– при плануванні ґрунту

$$A_2 = q_{ц} \cdot \mu \cdot \frac{(l_k + 2 \cdot a_1)^2}{8};$$

– при буртуванні ґрунту

$$A_1' = q_{ц} \cdot \mu \cdot \frac{[l_k + (h_{61} - h_n) \cdot \sin \rho]^2}{2},$$

де  $q_{ц}$  – погонна вага скребкового ланцюга.

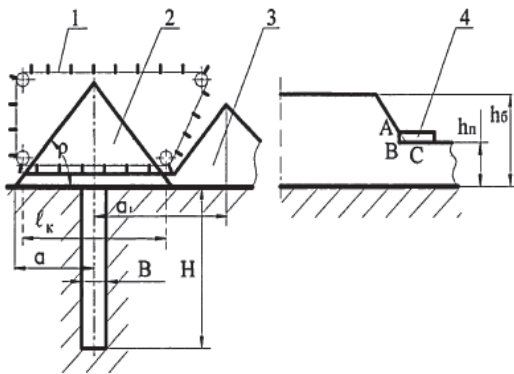


Рис. 10. Принципова схема скребкового ґрунтоприбирача: 1 – скребковий ланцюг; 2 – бурт (трикутна призма); 3 – бурт вилученого ґрунту; 4 – скребок

Сила заглиблення торців скребоків у бурт ґрунту за заданої швидкості подачі ґрунтоприбирача може бути знайдена з виразу

$$P_{вп.с} = \delta \cdot S_c \cdot \operatorname{tg} \rho \cdot K \cdot (m_c + 1),$$

де  $\delta$  – товщина скребка;  $S_c$  – подача ґрунтоприбирача на скребок;  $m_c$  – коефіцієнт збільшення перерізу траншеї перед кулачками ланцюга за рахунок простору між ними.

А сила тертя торців скребоків по ґрунту

$$P_{тр.с} = P_{вп.с} \cdot \mu.$$

Тоді вираз для визначення роботи, що витрачається на подолання сили тертя торців скребоків по ґрунту як при плануванні, так і при буртуванні, матиме вигляд (Дж)

$$A_3 = \delta \cdot S_c \cdot \operatorname{tg} \rho \cdot K \cdot (m_c + 1) \cdot \mu \cdot \frac{l_k}{2}.$$

Робота, що витрачається на підйом ґрунту при його буртуванні, може бути визначена з виразу (Дж)

$$A_4 = V_{т.б} \cdot \gamma \cdot \frac{(h_{61} - h_n)}{2}.$$

Загальна робота, що витрачається на транспортування ґрунту (Дж):

– при плануванні

$$\begin{aligned} A_{тр} &= A_1 + A_2 + A_3 = \\ &= V_{т.б} \cdot \gamma \cdot \mu \cdot \left( \frac{l_k + 2 \cdot a_1}{4} \right) + \\ &+ q_{ц} \cdot \mu \cdot \frac{(l_k + 2 \cdot a_1)^2}{8} + \\ &+ \delta \cdot S_c \cdot \operatorname{tg} \rho \cdot K \cdot (m_c + 1) \cdot \mu \cdot \frac{l_k}{2}; \end{aligned}$$

– при буртуванні

$$\begin{aligned} A_{тр} &= A_1' + A_2' + A_3 + A_4 = \\ &= V_{т.б} \cdot \gamma \cdot \frac{(h_{61} - h_n)(\mu + \operatorname{tg} \rho)}{2 \cdot \operatorname{tg} \rho} + \\ &+ q_{ц} \cdot \mu \cdot \frac{[l_k + (h_{61} - h_n) \cdot \sin \rho]^2}{2} + \\ &+ \delta \cdot S_c \cdot \operatorname{tg} \rho \cdot K \cdot (m_c + 1) \cdot \mu \cdot \frac{l_k}{2}. \end{aligned}$$

Тоді потужність, що витрачається на транспортування ґрунту скребковим ґрунтоприбирачем (кВт), може бути розрахована з виразів:

– при плануванні

$$\begin{aligned} N_{тр} &= \frac{V_{т.б} \cdot \gamma \cdot \mu \cdot (l_k + 2 \cdot a_1)}{408} + \\ &+ \frac{q_{ц} \cdot \mu \cdot (l_k + 2 \cdot a_1)^2}{816} + \\ &+ \frac{\delta \cdot S_c \cdot \operatorname{tg} \rho \cdot K \cdot (m_c + 1) \cdot \mu \cdot l_k}{204}; \end{aligned}$$

– при буртуванні

$$\begin{aligned} N_{тр} &= \frac{V_{т.б} \cdot \gamma \cdot (h_{61} - h_n)(\mu + \operatorname{tg} \rho)}{204 \cdot \operatorname{tg} \rho} + \\ &+ \frac{q_{ц} \cdot \mu \cdot [l_k + (h_{61} - h_n) \cdot \sin \rho]^2}{204} + \\ &+ \frac{\delta \cdot S_c \cdot \operatorname{tg} \rho \cdot K \cdot (m_c + 1) \cdot \mu \cdot l_k}{204}. \end{aligned}$$



Енергоємність процесу транспортування ґрунту скребковим ґрунтоприбирачем (кВт·год/м<sup>3</sup>) визначається з виразів:

– при плануванні

$$E_{\text{тр}} = \frac{3600 \cdot N_{\text{тр}}}{V_{\text{т.в}}} = 8,22 \cdot \gamma \cdot \mu \cdot (l_{\text{к}} + 2 \cdot a_1) + \\ + \frac{4,41 \cdot q_{\text{ц}} \cdot \mu \cdot (l_{\text{к}} + 2 \cdot a_1)^2}{V_{\text{т.в}}} + \\ + \frac{17,64 \cdot \delta \cdot S_{\text{с}} \cdot \text{tg} \rho \cdot K \cdot (m_{\text{с}} + 1) \cdot \mu \cdot l_{\text{к}}}{V_{\text{т.в}}};$$

– при буртуванні

$$E_{\text{тр}} = \frac{17,64 \cdot \gamma \cdot (h_{\text{б1}} - h_{\text{п}}) (\mu + \text{tg} \rho)}{\text{tg} \rho} + \\ + \frac{17,64 \cdot q_{\text{ц}} \cdot \mu \cdot [l_{\text{к}} + (h_{\text{б1}} - h_{\text{п}}) \cdot \sin \rho]^2}{V_{\text{т.в}}} + \\ + \frac{17,64 \cdot \delta \cdot S_{\text{с}} \cdot \text{tg} \rho \cdot K \cdot (m_{\text{с}} + 1) \cdot \mu \cdot l_{\text{к}}}{V_{\text{т.в}}}.$$

### Висновки

Проведене дослідження існуючих засобів відкидання ґрунту від траншеї показала істотні недоліки, що мають місце в існуючих конструкціях виконавчих органів траншеєкопачів. Це відбувається через різні умови роботи ґрунтоприбирачів внаслідок їх конструктивних особливостей та аналогічних транспортувальних машин.

На основі аналізу конструкцій засобів винесення ґрунту та їх роботи пропонується використовувати для цих цілей скребковий ґрунтоприбирач.

Водночас широке застосування скребкових ґрунтоприбирачів на траншеєкопачах обме-

жується як відносною складністю їх конструктивного виконання, так і відсутністю рекомендацій з їх розрахунку, проектування й експлуатації. Приведена методика визначення параметрів і показників скребкових ґрунтоприбирачів дозволить обґрунтовано здійснювати розрахунки при їх проектуванні.

### Література

1. Экскаватор траншейный цепной ЭТЦ-208А / С.Х. Вартанов, Р.Г. Исупов, В.С. Кобелев и др. // Строительные и дорожные машины. – 1978. – № 12. – С. 4–6.
2. Галай В.Д. Двухбаровая машина / В.Д. Галай, Е.К. Сорокин, И.М. Искендеров // Строительные и дорожные машины. – 1973. – №8. – С. 19–21.
3. Гарифов В.С. Новое оборудование экспериментального завода / В.С. Гарифов, А.Я. Гармс // Строительные и дорожные машины. – 2004. – №6. – С. 43–46.
4. Юдин В.Г. Повышение качества модульных землерезных машин / В.Г. Юдин // Строительные и дорожные машины. – 2004. – № 6. – С. 2–4.
5. А.с. 1089207 СССР, Кл. <sup>2</sup> E02F5/06. Режущий орган траншекопателя. Опубл. 30.04.84, Бюл. № 16. – 2 с.
6. А.с. 985196 СССР, М. Кл. <sup>2</sup> E02F3/08. Рабочий орган траншекопателя. Опубл. 30.12.82, Бюл. № 48. – 4 с.
7. Спиваковский А.О. Транспортирующие машины / А.О. Спиваковский, В.К. Дьячков. – М.: Машиностроение, 1968. – 504 с.

Рецензент: Є.С. Венцель, професор, д.т.н., ХНАДУ.

Стаття надійшла до редакції 17 квітня 2014 р.