

СИЛОВІ ТА ЕНЕРГЕТИЧНІ ПОКАЗНИКИ ПРОЦЕСУ ТРАНСПОРТУВАННЯ ҐРУНТУ СКРЕБКОВИМ ҐРУНТОПРИБИРАЧЕМ

АНОТАЦІЯ. У статті розглянуто методику визначення силових і енергетичних показників процесу транспортування ґрунту скребковим ґрунтоприбирачем при роботі ланцюгових траншеєкопачів.

Ключові слова: скребковий ґрунтоприбирач, ґрунт, траншея.

АННОТАЦИЯ. В статье рассмотрена методика определения силовых и энергетических показателей процесса транспортирования ґрунта скребковым ґрунтоуборщиком при работе цепных траншеєкопателей.

Ключевые слова: скребковый ґрунтоуборщик, ґрунт, траншея.

SUMMARY. In article the technique of definition of power and power indicators of process of transportation of a ground scraper janitor by activity of chain trench-diggers.

Keywords: scraper janitor, soil, trench.

Вступ

Траншейні безківшові екскаватори використовуються для земляних робіт, що ведуться на відкритому просторі. Вони руйнують та виносять ґрунт на поверхню, прорізуючи в породі щілину, яку можна використати для прокладки інженерних комунікацій. Більш того, траншеєкопач робить траншею чистою, вже повністю готовою для укладання технологічних комунікацій. Ґрунт, що вибирається траншеєкопачем, має однорідну за розмірами частинок структуру і може бути використаний для зворотного засипання. Траншеєкопач мінімізує обсяг матеріалу, що вибирається, і пов'язані з цим енергозатрати. Траншея може бути прокладена з високою точністю, особливо при застосуванні лазерних систем керування.

Ці переваги забезпечують високу продуктивність і рентабельність спеціалізованих траншеєкопачів.

Застосування безківшових ланцюгових траншеєкопачів дозволяє знизити енергозатрати на розробку твердого та мерзлого ґрунтів, отримати технологічно підготовану траншею для укладання інженерних комунікацій у проектне положення як у літній, так і в зимовий періоди.

Відмінністю безківшового ланцюгового траншеєкопача є те, що виконавчий орган разом з руйнуванням мерзлого чи твердого ґрунтів виконує функцію органа, який тра-

нспортує ґрунт з траншеї. Піднятий з траншеї ґрунт накопичується перед виконавчим органом на поверхні незруйнованого масиву.

За мірою проходки траншеї ґрунт необхідно видаляти із зони дії ріжучого ланцюга, інакше він обрушується у траншею і приводить до роботи в режимі підпресування виконавчого органа за значно менших швидкостях подачі машини ніж при вибиранні зруйнованого ґрунту із зони дії ріжучого ланцюга.

У зв'язку з цим виникає необхідність застосування механізмів для відокремлення ґрунту від виконавчого органа траншеєкопача – ґрунтоприбирача.

Мета і постановка задачі

Вимоги, що ставляться до ґрунтоприбирачів, залежать від технологічного призначення траншеєкопача. Якщо він використовується для проходки траншеї під інженерні комунікації, то зруйнований ґрунт необхідно буртувати на такій відстані від бровки траншеї, щоб він не заважав прокладанню комунікацій і в той же час може бути використаний для її засипки.

Вилучений на поверхню ґрунт осипається у зазори між виконавчим органом і боковими стінками траншеї, затягується до неї холостою гілкою ріжучого ланцюга і накопичується у нижній частині виконавчого органа між ріжуче-транспортуючими

елементами. Ущільнюючись, він ускладнює доступ різців до вибою, при цьому збільшується як зусилля подачі, так і зусилля протягування ріжучого ланцюга.

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

Виклад основного матеріалу

Силі і енергетичні показники процесу транспортування ґрунту скребковим ґрунтоприбирачем

Важливою особливістю роботи скребкових ґрунтоприбирачів є те, що ґрунт безпосередньо не потрапляє на скребковий ланцюг, а більша частина його укладається попереду і в процесі роботи робочий орган ґрунтоприбирача як би надходить на ґрунт, якій утворює трикутну призму. Переміщення тіла волочиння відбувається по попередньо винесеному ґрунту.

Режим роботи скребкового ґрунтоприбирача визначається його такими конструктивними (ширина скребка, висота скребка, товщина скребка, форма скребка) та кінематичними (швидкість подачі виконавчого органа ланцюгового траншеєкопача, швидкість руху скребкового ланцюга) параметрами.

Під час руху скребок зсуває шар ґрунту з бурта, а перед скребком утворюється ядро ущільнення, яке є тілом волочиння.

Була складена схема зусиль, що діють на скребок (рис. 1). Внаслідок опору переміщенню ґрунту по ґрунтовому ліжку скребок відхиляється від вертикального положення на кут ϵ , залежність величини якого від висоти скребка h і натягу ланцюга S в даній точці конвеєра визначається з умови рівноваги сил, діючих на скребок і ближні ланки скребкового ланцюга [1]. З врахуванням приведеного вище значення коефіцієнта заповнення міжскребкового простору зусилля опору переміщенню ґрунту K прикладено до скребка на відстані $0,6h$.

З умови рівноваги сипкого середовища горизонтальна складова сили опору переміщенню ґрунту масою G , що діє на скребок, визначається:

$$P = K \cdot \cos \epsilon = \frac{0,6 \cdot h \cdot f^3}{a^2 \cdot t \cdot S} \times \left(G + Q - P_y + \frac{F_{\text{тр}}}{f} - W \cdot \cos \epsilon \right)^2 + f \cdot \left(G + Q - P_y + \frac{F_{\text{тр}}}{f} - W \cdot \cos \epsilon \right),$$

де G – маса ґрунту в міжскребковому просторі; Q – маса скребка з ближніми ланками; $P_y = S_y + S_{1y}$ – вертикальна складова сили натягу ланок ланцюга (рис. 1); $F_{\text{тр}}$ – сила тертя тіла волочиння о бічну сторону і основу призми винесеного ґрунту; W – реакція ґрунту, який виноситься, на взаємодію з матеріалом скребка, $W = \mu \cdot Q \cdot \cos \epsilon$; a – кутовий коефіцієнт зусилля K , $a = \cos \epsilon - f \cdot \sin \epsilon$; f – коефіцієнт тертя ґрунт по ґрунту; μ – коефіцієнт тертя ґрунту по матеріалу скребка; t – крок розставлення скребоків на ланцюгу.

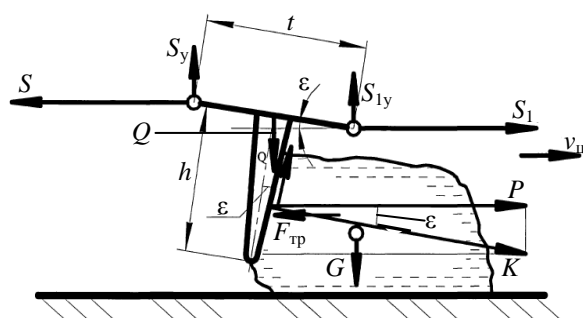


Рис. 1. Схема зусиль, що діють на скребок

Транспортування ґрунту скребковим 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 міжскребковий простір на початку шляху l_k і в кінці його, буде різною. Якщо частинки ґрунту, захоплені скребком на початку його контакту з буртом, проходять максимальний шлях l_k , то частинки, що поступили в міжскребковий простір перед виходом скребка із контакту

з буртом ґрунту, переміщуються на мінімальну відстань. В середньому ґрунт об'ємом $V_{т.в}$ під час завантаження міжскребкових просторів проходить шлях $\frac{l_k}{2}$.

Під час розвантаження скребкового 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. В 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 скребкового ланцюга (рис. 2, 3), складе:

– 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

$$A_1' = V_{т.в} \cdot \gamma \cdot \mu \cdot \left(\frac{h_{б1} - h_{п}}{2 \cdot \operatorname{tg} \rho} \right),$$

де γ – питома вага вилученого ґрунту; a_1 – відстань відхиляючої зірочки скребкового ланцюга від осі робочого органа при буртуванні ґрунту (рис. 3); ρ – кут природнього

відкосу ґрунту; h_b – висота бурта ґрунту (рис. 3); $h_{п}$ – висота ґрунтової основи (рис. 3).

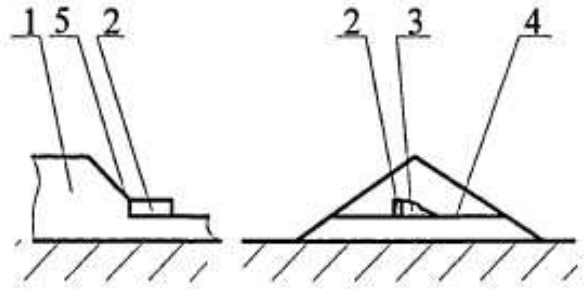


Рис. 2. Робота скребкового ґрунтоприбирача:

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

Робота, що витрачається на подолання сили тертя скребкового ланцюга по ґрунту, визначається з виразів:

– при плануванні ґрунту

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

– при буртуванні ґрунту

$$A_1' = q_{ц} \cdot \mu \cdot \frac{[l_k + (h_{б1} - h_{п}) \cdot \sin \rho]^2}{2},$$

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

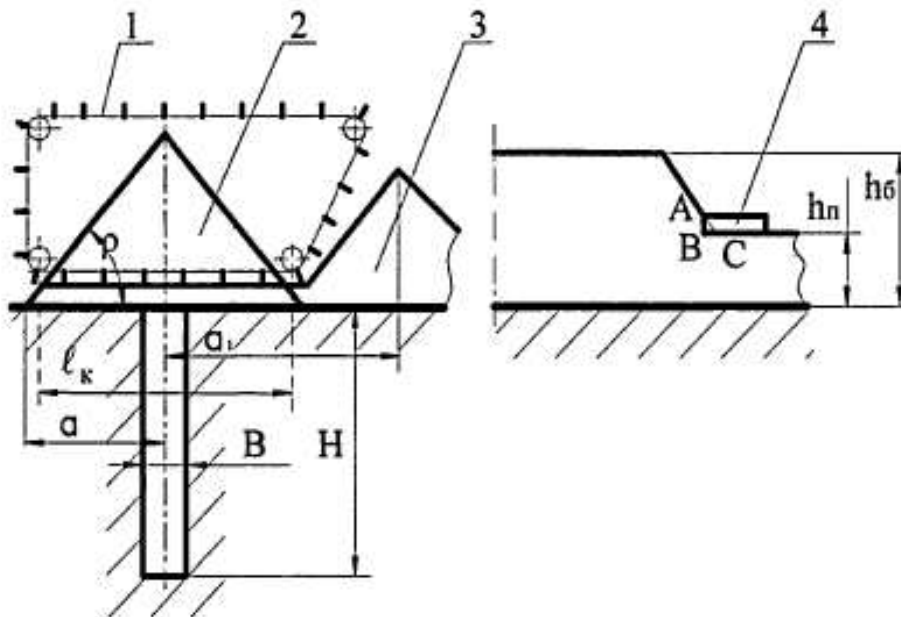


Рис. 3. Принципова схема скребкового ґрунтоприбирача:

1 – скребковий ланцюг; 2 – бурт (трикутна призма); 3 – бурт вилученого ґрунту; 4 – скребок

Робота, що витрачається на подолання сили тертя скребкового ланцюга по ґрунту, визначається з виразів:

– при плануванні ґрунту

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

– при буртуванні ґрунту

$$A_1' = q_{ц} \cdot \mu \cdot \frac{[l_k + (h_{б1} - h_{п}) \cdot \sin \rho]^2}{2},$$

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

Сила впровадження торців скребок в бурт ґрунту при заданій швидкості подачі ґрунтоприбирача може бути знайдена з виразу:

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

де δ – 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 скребок по ґрунту:

$$P_{тр.с} = P_{вп.с} \cdot \mu.$$

Тоді вираз для визначення роботи, що витрачається на подолання сили тертя торців скребок по ґрунту як при плануванні, так і при буртуванні матиме вигляд:

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

Робота, що витрачається на підйом ґрунту при його буртуванні, може бути знайдена з виразу

$$A_4 = V_{т.в} \cdot \gamma \cdot \frac{(h_{б1} - h_{п})}{2}.$$

Загальна робота, що витрачається на транспортування ґрунту:

– при плануванні

$$A_{тр} = A_1 + A_2 + A_3 =$$

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

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

$$+ \delta \cdot S_c \cdot \operatorname{tgr} \cdot K \cdot (m_c + 1) \cdot \mu \cdot \frac{l_k}{2};$$

– при буртуванні

$$A_{тр} = A_1' + A_2' + A_3 + A_4 =$$

$$= V_{т.в} \cdot \gamma \cdot \frac{(h_{б1} - h_{п})(\mu + \operatorname{tgr} \rho)}{2 \cdot \operatorname{tgr} \rho} +$$

$$+ q_{ц} \cdot \mu \cdot \frac{[l_k + (h_{б1} - h_{п}) \cdot \sin \rho]^2}{2} +$$

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

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

– при плануванні

$$N_{тр} = \frac{V_{т.в} \cdot \gamma \cdot \mu \cdot (l_k + 2 \cdot a_1)}{408} +$$

$$+ \frac{q_{ц} \cdot \mu \cdot (l_k + 2 \cdot a_1)^2}{816} +$$

$$+ \frac{\delta \cdot S_c \cdot \operatorname{tgr} \rho \cdot K \cdot (m_c + 1) \cdot \mu \cdot l_k}{204};$$

– при буртуванні

$$N_{тр} = \frac{V_{т.в} \cdot \gamma \cdot (h_{б1} - h_{п})(\mu + \operatorname{tgr} \rho)}{204 \cdot \operatorname{tgr} \rho} +$$

$$+ \frac{q_{ц} \cdot \mu \cdot [l_k + (h_{б1} - h_{п}) \cdot \sin \rho]^2}{204} +$$

$$+ \frac{\delta \cdot S_c \cdot \operatorname{tgr} \rho \cdot K \cdot (m_c + 1) \cdot \mu \cdot l_k}{204}.$$

Енергоємність процесу транспортування ґрунту скребковим ґрунтоприбирачем (кВт·год/м³), визначається з виразів:

– при плануванні

$$E_{тр} = \frac{3600 \cdot N_{тр}}{V_{т.в}} = 8,22 \cdot \gamma \cdot \mu \cdot (l_k + 2 \cdot a_1) +$$

$$+ \frac{4,41 \cdot q_{ц} \cdot \mu \cdot (l_k + 2 \cdot a_1)^2}{V_{т.в}} +$$

$$+ \frac{17,64 \cdot \delta \cdot S_c \cdot \operatorname{tgr} \rho \cdot K \cdot (m_c + 1) \cdot \mu \cdot l_k}{V_{т.в}};$$

– при буртуванні

$$E_{тр} = \frac{17,64 \cdot \gamma \cdot (h_{б1} - h_{п})(\mu + \operatorname{tgr} \rho)}{\operatorname{tgr} \rho} +$$

$$+ \frac{17,64 \cdot q_{ц} \cdot \mu \cdot [l_k + (h_{б1} - h_{п}) \cdot \sin \rho]^2}{V_{т.в}} +$$

$$+ \frac{17,64 \cdot \delta \cdot S_c \cdot \operatorname{tgr} \rho \cdot K \cdot (m_c + 1) \cdot \mu \cdot l_k}{V_{т.в}}.$$

Висновки

Таким чином, при відомих параметрах траншеї, фізико-механічних властивостей ґрунту (який розроблюється), швидкості переміщення безквішового ланцюгового траншеєкопача можна, задаючись розмірами скребка та кроком його розташування на ланцюгу, визначити необхідну залежність роботи по транспортуванню і підйому ґрунту скребками ґрунтоприбирача, потужності, що витрачається, і енергоємності процесу транспортування ґрунту від об'єму і форми тіла волочіння розпушеного ґрунту.

Література

1. *Вартанов С.Х.* Определение сопротивлений перемещению ґрунта скребковым конвейером траншейного экскаватора / С.Х.Вартанов, Б.А.Пустотин. – М., 1985. – 10с.
2. *Горбатюк Є.В., Комоцька С.Ю.* Визначення режимів роботи скребкового ґрунтоприбирача // Гірн., буд., дор. та меліорат. машини: Всеукр. збірник наукових праць, - К.: КНУБА, 2008. - Вип. 72 - С. 74-77.
3. *Спиваковский, А.О., Дьячков В.К.* Транспортирующие машины. – М.: Машиностроение, 1968. – 504с.

*Рецензент: А.Т. Свідерський, к.т.н.,
доцент (КНУБА)*

Отримано: 15.05.2009р.