

ТЕОРЕТИЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ БУЛЬДОЗЕРА ЗІ ШНЕКОВИМ ІНТЕНСИФІКАТОРОМ

Леонід Хмара, Роман Кроль

Державний вищий навчальний заклад "Придніпровська державна академія будівництва та архітектури"
Дніпропетровськ, Україна, e-mail: Leonid_khmara@yahoo.com

THEORETICAL STUDIES OF BULLDOZER WITH INTENSIFIERS

Leonid Khmara, Roman Krol

State Higher Educational Institution "Prydniprovsk State Academy of Construction and Architecture"
Dnipropetrovs'k, Ukraine

АНОТАЦІЯ. В статті наведено переваги бульдозера зі шнековим інтенсифікатором при копанні ґрунтової поверхні, а саме: більша швидкість робочого процесу і, як наслідок, більша продуктивність. Подана методика визначення осьового зміщення ґрунту та формування призми накопичення. Визначені: критична кутова швидкість обертання шнекового інтенсифікатора, а також силові та енергетичні параметри робочого процесу.

Ключові слова: бульдозер, шнековий інтенсифікатор, призма накопичення, критична кутова швидкість.

АННОТАЦИЯ. В статье наведены преимущества бульдозера со шнековым интенсификатором при копании ґрунтовой поверхности, а именно: большая скорость рабочего процесса и, как следствие, большая производительность. Дана методика определения осевого смещения ґрунта, а также формирование призмы накопления. Определены: критическая угловая скорость вращения шнекового интенсификатора, а также силовые и энергетические параметры рабочего процесса.

Ключевые слова: бульдозер, шнековый интенсификатор, призма накопления, критическая угловая скорость.

SUMMARY. Purpose. Development of theoretical bases the side transport of soil with a bulldozer blade screw intensifiers, methods for calculating the consumed power screw intensifiers, calculation of design parameters and optimization of operating modes. **Methodology/approach.** Research methodology is based on the kinematics of the working equipment bulldozer with assumptions: the soil is transported is loose medium without clutch and its transportation is a continuous stream and is composed of two phases, the first - transportation of soil in the zone of contact with the frontal surface of the blade, the second - transportation by free flight trajectory starting from ground transportation available at the top edge of moldboard surface. **Findings.** Established cross sectional area of soil that is transported in the direction of the base machine and determined cinematic characteristics bulldozer working device with screw intensifiers that provide movement throwing the soil. **Research limitations/implications.** From the condition of continuity of the flow obtained depending on the value of the critical angular velocity screw intensifiers on the speed of basic machine for digging the soil, the expression for the average value of the axial displacement of the soil, the balance of power designed screw intensifiers for lateral transport of soil. **Originality/value.** These results are useful in the future to develop effective dozer equipment.

Key words: bulldozer screw intensifiers, Prism accumulation, the critical angular velocity.

Подано 01.04.2013; прийнято 24.06.2013

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

Бічне транспортування ґрунту при плануванні будівельних ділянок та прокладанні земляного полотна при будівництві автодоріг є однією із трудомістких операцій для чого використовують бульдозери з неповоротними та поворотними відвалами, автогрейдерів та грейдер-елеваторів. Незважаючи на такі переваги бульдозерів, як універсальність, простота конструкції та маневреність, використання цих машин при виконанні зазначених технологічних операцій має свої недоліки: при збільшенні товщини стружки, що вирізається, бічна складова опору копанню намагається розвернути бу-

льдозер навколо повздовжньої осі, що призводить до збільшення витрат часу машиніста на зайві маневри; при збільшенні робочих швидкостей машина випробовує великі навантаження на ходову частину та трансмісію, що скорочує термін служби внаслідок швидкого зношення.

Бульдозер, обладнаний відвалом зі шнековим інтенсифікатором, позбавлений недоліків звичайного бульдозера. Рухаючись на великих робочих швидкостях, він переміщує шнековим інтенсифікатором зрізаний ніжом ґрунт за рахунок метання його під кутом до повздовжньої осі. Таким чином підвищується продуктивність, а тягове

зусилля бульдозера витрачається на різання ґрунту, розгін його до колової швидкості шнекового інтенсифікатора та на подолання сил тертя ґрунту об відвал й гвинтову поверхню.

АНАЛІЗ ПУБЛІКАЦІЙ

В технічній літературі інформація, яка стосується розрахунку конструктивних параметрів шнеків та призначення їхніх режимів роботи, міститься в обмеженій кількості. Найбільш повно дана інформація відображена в роботах Севастьянова К.М. [1], Генкова Р.Л. [2], Григор'єва А.М. [3], Баловнева В.І., Шкриль В.М. [4], Спиваковського А.О. [5], Сухоруковим В.С. та Долгих А.І. [6]. Також дана інформація подана у статтях Хмари Л.А. та Кроля Р.М. [7...11].

МЕТА СТАТТІ

Базуючись на теорії сипучого середовища розробити теоретичні основи бічного транспортування ґрунту відвалом бульдозера зі шнековим інтенсифікатором, методи розрахунку споживаної шнековим інтенсифікатором потужності, розрахунку конструктивних параметрів та оптимізацію режимів роботи.

ВИКЛАД МАТЕРІАЛУ

При теоретичних дослідженнях бічного транспортування ґрунту, що зрізується прямолінійним ріжучим ножом відвала, приймаємо наступні допущення:

- ґрунт, що транспортується, є сипуче середовище без зчеплення та який характеризується густиною γ , кутом внутрішнього тертя ρ , кутом зовнішнього тертя δ ;

- транспортування ґрунту шнековим інтенсифікатором відбувається безперервним потоком та складається з двох етапів, перший – транспортування ґрунту в зоні його контакту з лобовою поверхнею відвала, другий – транспортування за рахунок вільного польоту ґрунту з початком траєкторії вільного транспортування на рівні верхньої кромки відвальної поверхні, що характеризується кутом відриву φ_k ;

- транспортування ґрунту в зоні контакту з лобовою поверхнею відвала відбувається з осьовою швидкістю, а під час вільного транспортування – з абсолютною початковою швидкістю, яка складається з колової та осьової швидкостей;

- повне транспортування ґрунту, що зрізується ножом відвала при переміщенні його за час одного оберту шнекового інтенсифікатора, неможливе за бічні межі відвала, і тому, перед робочим органом у напрямку руху базової машини, створюється призма накопичення, ґрунт якої повторно захоплюється гвинтовою поверхнею та транспортується у бічному напрямі.

Розрахункові схеми утворення призми накопичення ґрунту перед відвалом бульдозера, що обладнано шнековим інтенсифікатором та для визначення параметрів ґрунту в просторах витків, надані на рис. 1 та рис. 2.

Відстань осьового переміщення ґрунту за один оберт шнекового інтенсифікатора дорівнює

$$L_{e1} = \frac{\vartheta_e}{2 \cdot \pi} \cdot S + L_1 \cdot \cos \left[\arctg \left(\frac{\vartheta_0}{\vartheta_e} \cdot \sin \varphi_k \right) \right], \quad (1)$$

де φ_e – центральний кут, який відповідає криволінійній поверхні відвала; S – крок гвинтової поверхні шнекового інтенсифікатора; L_1 – довжина проекції траєкторії вільного транспортування центра ваги шару ґрунту зрізаного ножом на горизонтальну площину; $J_0 = \omega_0 \times R_c$ – колова швидкість центра ваги ґрунту в просторах витків;

$\vartheta_e = \frac{S \cdot \omega_0}{2 \cdot \pi}$ – осьова швидкість транспортування ґрунту; R_c – радіус центра ваги ґрунту у просторах витків; φ_k – кут метання ґрунту.

Так як шнековий інтенсифікатор постійно обертається та рухається поступово зі швидкістю ϑ_m , то робочий процес транспортування ґрунту здійснюється безперервно. Далі відбувається захоплення першого укладеного шару ґрунту шнекового інтенсифікатора та його переміщення за рахунок метання на відстань L_2 та переміщення з 2-го витка в осьовому напрямку на відстань

L_{e2} (рис. 2).

Площа поперечного перерізу i -го шару ґрунту, який потрапляє за межі робочого органа у напрямку бічного транспортування $K_p \cdot h_k \cdot L_{ei}$.

Далі, рухаючись поступово, шнековий інтенсифікатор здійснює наступний захват попередньо укладених шарів ґрунту та їхнє

подальше транспортування у бічному напрямі на відстань L_{ei} , поки вони не вийдуть за межі робочого органа. Переміщення при послідовному транспортуванні шарів ґрунту при киданні на відстань L_i та осьовому переміщенні L_{ei} змінюються, тому що зростає висота площини приземлення ґрунту.

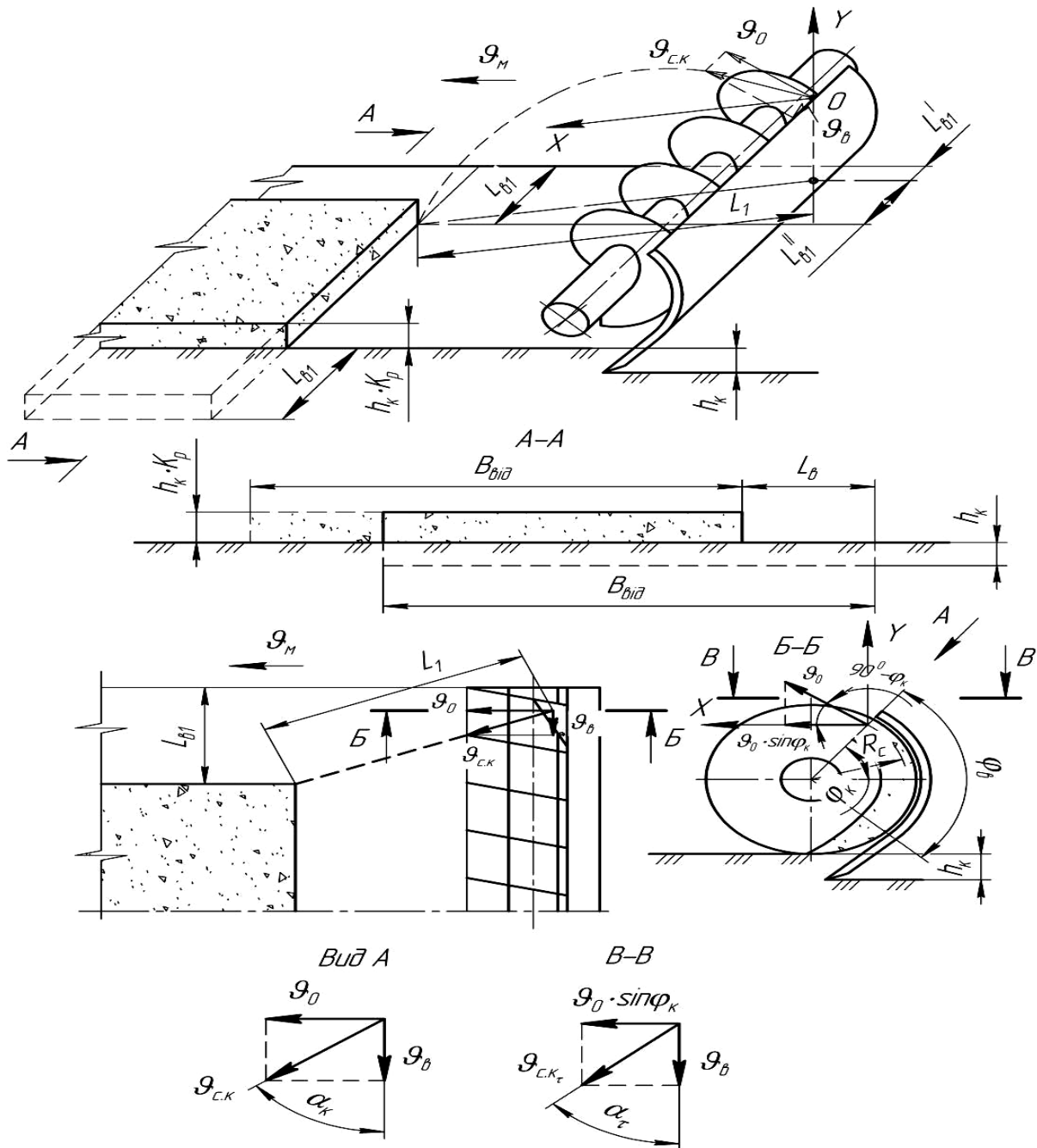


Рис. 1. Розрахункова схема бічного транспортування ґрунту та утворення призми накопичення при початку транспортування

Fig. 1. Design scheme the side transport of soil formation and accumulation of prisms at the beginning of transportation

Для спрощення приймаємо, що об'єм призми накопичення ґрунту складається із окремих шарів ґрунту (висотою $K_p \cdot h_k$) зі зміщенням один відносно другого на середню відстань $L_{в.ср}$ (рис. 3, а).

Замінімо ступінчасту вільну поверхню

ґрунту прямолінійною за рахунок з'єднання середини вертикальних меж кождих шарів ґрунту. Кут нахилу прямої поверхні до горизонту буде дорівнювати

$$\zeta = \arctg \frac{h_k \cdot K_p}{L_{в.ср}}. \quad (2)$$

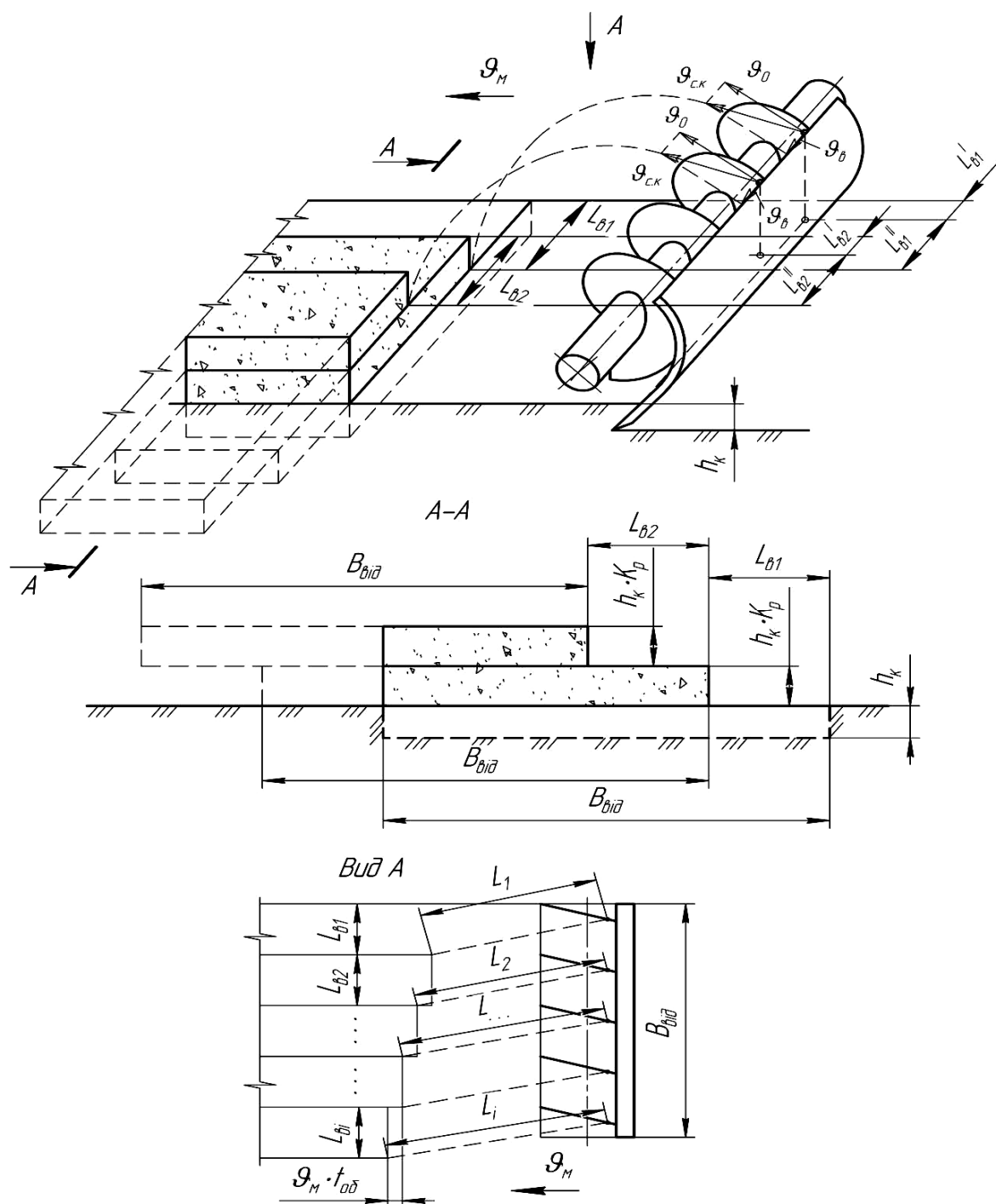


Рис. 2. Розрахункова схема бічного транспортування ґрунту та утворення призми накопичення при сталому режимі

Fig. 2. Design scheme the side transport of soil formation and accumulation of prisms at steady state

Для подальших теоретичних досліджень необхідно знайти середні значення відстаней $L_{e,cp}$ та L_{cp} .

Рівняння руху (рис. 1) центра ваги ґрунту після метання в координатних осях XOY , які визначаються:

$$\begin{cases} x = \vartheta_c \cdot \sin \phi_\kappa \cdot t; \\ y = \vartheta_c \cdot \cos \phi_\kappa \cdot t - \frac{g \cdot t^2}{2}, \end{cases} \quad (3)$$

де ϑ_c – початкова швидкість метання центра ваги ґрунту, що знаходиться у міжвитковому просторі шнекового інтенсифікатора.

Після виключення часу t із системи рівнянь (3) та з урахуванням того, що для середньої лінії поперечного перерізу призми накопичення $x = L_{cp}$;

$y = -(R_{унн} + R_{c,cp} \cdot \sin \phi_\kappa) + 0,5 \cdot B_{від} \cdot \text{tg} \zeta$ та середній радіус центру ваги потоку ґрунту близький до зовнішнього радіуса $R_{c,cp} \approx R_{унн}$, отримуємо кубічне рівняння визначення для визначення L_{cp} , а саме:

$$\begin{aligned} & L_{cp}^3 \cdot \cos \left[\arctg \left(\frac{\vartheta_0}{\vartheta_\epsilon} \cdot \sin \phi_\kappa \right) \right] \cdot \Omega - \\ & - L_{cp}^2 \cdot \left\{ \frac{1}{\text{tg} \phi_\kappa} \cdot \cos \left[\arctg \left(\frac{\vartheta_0}{\vartheta_\epsilon} \cdot \sin \phi_\kappa \right) \right] - \frac{\phi_\epsilon}{2 \cdot \pi} \cdot S \cdot \Omega \right\} - \\ & - L_{cp} \cdot \left\{ R_{унн} \cdot \cos \left[\arctg \left(\frac{\vartheta_0}{\vartheta_\epsilon} \cdot \sin \phi_\kappa \right) \right] + \right. \\ & + R_{унн} \cdot \sin \phi_\kappa \cdot \cos \left[\arctg \left(\frac{\vartheta_0}{\vartheta_\epsilon} \cdot \sin \phi_\kappa \right) \right] + \\ & \left. + \frac{\phi_\epsilon}{2 \cdot \pi} \cdot S \cdot \frac{1}{\text{tg} \phi_\kappa} \right\} - \left(\frac{R_{унн} \cdot \phi_\epsilon \cdot S}{2 \cdot \pi} + \frac{R_{унн} \cdot \sin \phi_\kappa \cdot \phi_\epsilon \cdot S}{2 \cdot \pi} - \right. \\ & \left. - 0,5 \cdot B_{від} \cdot h_\kappa \cdot K_p \right) = 0, \end{aligned} \quad (4)$$

де $\Omega = \frac{g}{2 \cdot (\omega_0^2 \cdot R_{унн}^2 + \vartheta_\epsilon^2) \cdot \sin^2 \phi_\kappa}$ – введене позначення.

Аналогічно (1) середня відстань зміщення ґрунту в осьовому напрямі дорівнює

$$L_{e,cp} = \frac{\phi_\epsilon}{2 \cdot \pi} \cdot S + L_{cp} \cdot \cos \left[\arctg \left(\frac{\vartheta_0}{\vartheta_\epsilon} \cdot \sin \phi_\kappa \right) \right]. \quad (5)$$

Умова безперервності потоку ґрунту для останнього витка буде дорівнювати

$$F_{o,\epsilon} \cdot \vartheta_m = (F \cdot R_c) \cdot \omega_0, \quad (6)$$

де $F_{o,\epsilon}$ – площа поперечного переріза призми накопичення ґрунту напроти останнього витка; $(F \cdot R_c)$ – фактичний добуток площі поперечного перерізу потоку ґрунту та радіуса центра ваги ґрунту, що відповідає цій площі у останньому витку; ω_0 – кутова швидкість обертання шнекового інтенсифікатора, що визначається із умови не забивання останнього витка.

Площа ґрунту призми накопичення напроти останнього витка ШІІІ

$$\begin{aligned} F_{o,\epsilon} = S \cdot \left\{ h_\kappa + \left[(B_{від} - 0,5 \cdot L_{e,cp}) - S \right] \cdot \frac{h_\kappa \cdot K_p}{L_{e,cp}} \right\} + \\ + 0,5 \cdot S^2 \cdot \frac{h_\kappa \cdot K_p}{L_{e,cp}}. \end{aligned} \quad (7)$$

Тоді постає питання по фактичному числовому значенню $(F \cdot R_c)$ визначити форму поперечного перерізу ґрунту в просторі останнього витка, яка характеризується геометричними параметрами S' , R' та ρ .

Мінімальна кутова швидкість ω_{0min} із умови не забивання останнього витка шнекового інтенсифікатора

$$\begin{aligned} \omega_{0min} = \frac{F_{o,\epsilon} \cdot \vartheta_m}{[F \cdot R_c]} = \frac{\vartheta_m \cdot \left\{ S \cdot \left[h_\kappa + \left[(B_{від} - 0,5 \cdot L_{e,cp}) - \right. \right. \right. \\ \left. \left. \left. - S \right] \cdot \frac{h_\kappa \cdot K_p}{L_{e,cp}} \right\} + 0,5 \cdot S^2 \cdot \frac{h_\kappa \cdot K_p}{L_{e,cp}} \right\}}{[F \cdot R_c]}, \end{aligned} \quad (8)$$

де $[F \cdot R_c]$ – граничне значення добутку, що відповідає не забиванню останнього витка (методику визначення див. [7]).

Для визначення силових та енергетичних параметрів робочого процесу шнекового інтенсифікатора необхідно визначити параметри середньої площі поперечного перерізу ґрунту F_{cp} у просторах витків (рис. 3, в).

Умова безперервності потоку має вигляд

$$F_\Sigma \cdot \vartheta_m = Z_\epsilon \cdot F_{cp} \cdot \vartheta_{c,cp}, \quad (9)$$

де $\vartheta_{c,cp}$ – лінійна швидкість центра ваги ґрунту із середньою площею поперечного

переріза F_{cp} ; $Z_6 = \frac{B_{вид}}{S}$ – кількість витків; v_m – швидкість руху бульдозера.

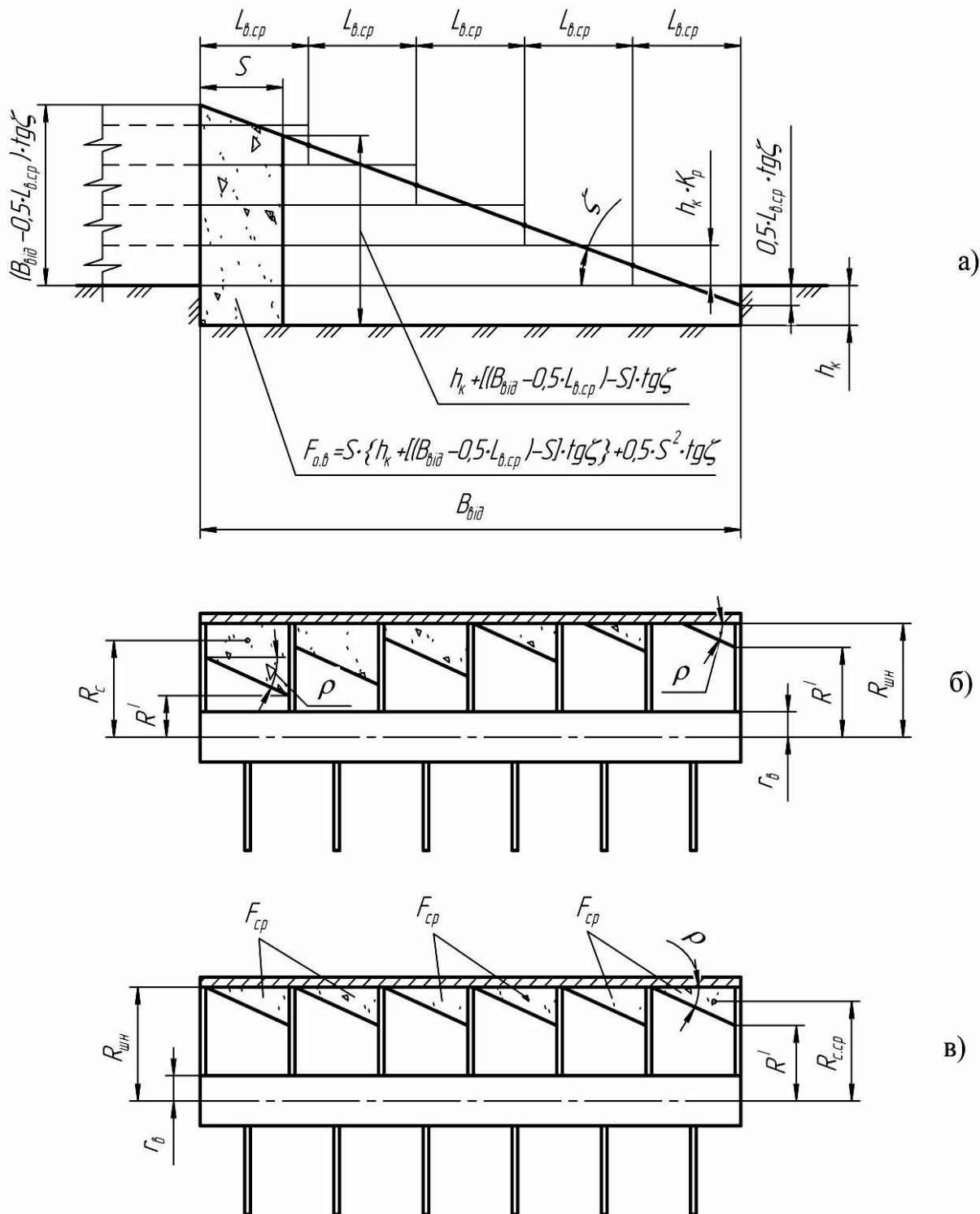


Рис. 3. Поперечний переріз призми накопичення та розподіл ґрунту на витках шнекового інтенсифікатора: а – поперечний переріз призми накопичення; б – фактичний поперечний переріз ґрунту на витках шнекового інтенсифікатора; в – осереднений поперечний переріз ґрунту на витках шнекового інтенсифікатора

Fig. 3. The cross section a prism storage and distribution of soil coils screw intensifiers: а - cross section of prism accumulation; б - factual cross section coils soil auger intensifiers; в - averaged cross section of soil coils screw intensifiers

Загальна площа поперечного перерізу ґрунту, що транспортується у напрямі руху базової машини при сталому режимі робочого процесу, дорівнює

$$F_{\Sigma} = h_k \cdot B_{\text{від}} + 0,5 \cdot (B_{\text{від}} - 0,5 \cdot L_{\text{в.ср}})^2 \cdot \text{tg} \zeta - 0,125 \cdot L_{\text{в.ср}}^2 \cdot \text{tg} \zeta, \quad (10)$$

де h_k – товщина вирізаємої стружки ґрунту; $B_{\text{від}}$ – ширина відвала бульдозера.

Лінійна швидкість центра ваги ґрунту дорівнює

$$v_{\text{с.ср}} = \omega_0 \cdot R_{\text{с.ср}}, \quad (11)$$

де $R_{\text{с.ср}}$ – радіус центра ваги ґрунту зі середньою площею поперечного переріза.

Фактичний добуток площі та координати центра тяжіння дорівнює

$$(F_{\text{ср}} \cdot R_{\text{с.ср}}) = \frac{h_k \cdot v_m \cdot S}{B_{\text{від}} \cdot \omega_0} \cdot [B_{\text{від}} + 0,5 \cdot (B_{\text{від}} - 0,5 \cdot L_{\text{в.ср}})^2 \times \times \frac{K_p}{L_{\text{в.ср}}} - 0,125 \cdot L_{\text{в.ср}} \cdot K_p] \cdot \vartheta_m. \quad (12)$$

Продуктивність робочого процесу з врахуванням взаємодії відвала бульдозера, що обладнано шнековим інтенсифікатором, з ґрунтом призми накопичення дорівнює

$$P_m = F_{\Sigma} \cdot v_m = h_k \cdot [B_{\text{від}} + 0,5 \cdot (B_{\text{від}} - 0,5 \cdot L_{\text{в.ср}})^2 \times \times \frac{K_p}{L_{\text{в.ср}}} - 0,125 \cdot L_{\text{в.ср}} \cdot K_p] \cdot \vartheta_m. \quad (13)$$

Баланс потужності шнекового інтенсифікатора при бічному транспортуванні ґрунту, що зрізується ножом відвала бульдозера має наступний вигляд

$$\sum N = N_{\text{р.р}} + N_{\text{р.ос}} + N_n + N_{\text{м.с}}, \quad (14)$$

де $N_{\text{р.р}}$ – витрати потужності на розгін ґрунту у радіальному напрямі; $N_{\text{р.ос}}$ – витрати потужності на розгін ґрунту в осьовому напрямі; N_n – витрати потужності на підйом ґрунту; $N_{\text{м.с}}$ – витрати потужності на подолання сил тертя ґрунту по поверхні відвала.

Потужність (кВт), що витрачається на розгін ґрунту в радіальному напрямі

$$N_{\text{р.р}} = P_m \cdot \gamma \cdot \frac{\omega_0^2 \cdot R_{\text{с.ср}}^2}{2000}, \quad (15)$$

де γ – густина ґрунту, кг/м³.

Потужність (кВт), що витрачається на

розгін ґрунту у осьовому напрямі

$$N_{\text{р.ос}} = P_m \cdot \gamma \cdot \frac{v_m^2}{2000}. \quad (16)$$

Потужність (кВт), що витрачається на підйом ґрунту

$$N_n = P_m \cdot g \cdot \gamma \cdot \frac{(R_{\text{шн}} + R_{\text{с.ср}} \cdot \sin \phi_k)}{1000}. \quad (17)$$

Потужності (кВт), що витрачається на подолання сил тертя ґрунту по поверхні відвала визначається за формулою

$$N_{\text{м.с}} = N'_{\text{м.с}} + N''_{\text{м.с}}, \quad (18)$$

де $N'_{\text{м.с}}$ – витрати потужності на подолання сил тертя ґрунту по поверхні відвала від радіального руху ґрунту; $N''_{\text{м.с}}$ – витрати потужності на подолання сил тертя ґрунту по поверхні відвала від осьового руху ґрунту.

Потужність (кВт), що витрачається на подолання сил тертя ґрунту по поверхні відвала від радіального руху ґрунту буде

$$N'_{\text{м.с}} = \frac{Z_s \cdot (F_{\text{вц.с}} + m_{\text{ср}} \cdot g \cdot \cos \frac{\phi_s}{2}) \cdot \text{tg} \delta \cdot \omega_0 \cdot R_{\text{с.ср}}}{1000}, \quad (19)$$

де $F_{\text{вц.с}}$ – відцентрова сила, яка діє на ґрунт, що контактує з поверхнею відвала; $m_{\text{ср}}$ – маса ґрунту, яка контактує з поверхнею відвала.

Потужність (кВт), що витрачається на подолання сил тертя ґрунту по поверхні відвала від осьового руху ґрунту

$$N''_{\text{м.с}} = \frac{Z_s \cdot (F_{\text{вц.с}} + m_{\text{ср}} \cdot g \cdot \cos \frac{\phi_s}{2}) \cdot \text{tg} \delta \cdot v_m}{1000}. \quad (20)$$

Маса ґрунту дорівнює

$$m_{\text{ср}} = \frac{F_{\text{ср}} \cdot \phi_s \cdot R_{\text{с.ср}} \cdot \gamma}{\cos \alpha_{\text{с.ср}}}, \quad (21)$$

де $\alpha_{\text{с.ср}} = \arctg \frac{S}{2 \cdot \pi \cdot R_{\text{с.ср}}}$ – кут підйому гвинтової поверхні шнекового інтенсифікатора на радіусі $R_{\text{с.ср}}$.

Відцентрова сила

$$F_{\text{вц.с}} = m_{\text{ср}} \cdot \omega_0^2 \cdot R_{\text{с.ср}}$$

$$\text{або } F_{\text{вц.с}} = \frac{F_{\text{ср}} \cdot \phi_s \cdot R_{\text{с.ср}}^2 \cdot \omega_0^2 \cdot \gamma}{\cos \alpha_{\text{с.ср}}}. \quad (22)$$

З врахуванням (21), (22) потужності $N'_{\text{м.с}}$ та $N''_{\text{м.с}}$ відповідно дорівнюють

$$N'_{m.в} = \frac{Z_{\phi} \cdot \gamma \cdot F_{cp} \cdot \phi_{\phi} \cdot \omega_0 \cdot R_{c.cp}^2 \cdot tg \delta}{1000 \cdot \cos \alpha_{c.cp}} \times \left(R_{c.cp} \cdot \omega_0^2 + g \cdot \cos \frac{\phi_{\phi}}{2} \right); \quad (23)$$

$$N''_{m.в} = \frac{Z_{\phi} \cdot \gamma \cdot F_{cp} \cdot \phi_{\phi} \cdot R_{c.cp} \cdot \vartheta_{\phi} \cdot tg \delta}{1000 \cdot \cos \alpha_{c.cp}} \times \left(R_{c.cp} \times \omega_0^2 + g \times \cos \frac{j_{в}}{2} \right). \quad (24)$$

Крутящий момент на приводном валу шнекового интенсификатора

$$M_{кр} = \frac{1000 \times \sum N}{\omega_0}. \quad (25)$$

Энергоемность рабочего процесса бичного транспортування ґрунту при копанні

$$E = \frac{\sum N}{\Pi_m}. \quad (26)$$

ВИСНОВКИ

1. З умови безперервності потоку отримані залежності значення критичної кутової швидкості обертання шнекового интенсификатора від швидкості руху базової машини при копанні ґрунту.

2. Отримано вираз для визначення середнього значення осьового зміщення ґрунту.

3. Розроблено баланс потужності шнекового интенсификатора при бичному транспортуванні ґрунту.

ЛІТЕРАТУРА

1. **Севастьянов К.М.** Исследование энергоемкости процесса экскавации торфа из залежи горизонтальными шнек-фрезами. / Автореф. дис. ...канд. техн. наук. – Калинин: КПИ, 1973. – 23 с.
2. **Зенков Р.Л.** Машины непрерывного транспорта / Зенков Р.Л. – М.: Машиностроение, 1980. – 303 с.
3. **Григорьев А.М.** Винтовые конвейеры / А.М. Григорьев. – М.: Машиностроение, 1972. – 182 с.
4. **Баловнев В.И.** Исследование работы отвалов с механической интенсификацией / Баловнев В.И., Шкрыль В.Н. // Журнал «Строительные и дорожные машины», №4, 1978. – С. 24-26.

5. **Спиваковский А.О.** Специальные транспортирующие устройства в горнодобывающей промышленности / Спиваковский А.О., Гончаревич И.П. – М.: Недра, 1985. – 129 с.
6. **Сухоруков В.С.** Снижение энергоемкости транспортирования ґрунта горизонтальным шнеком / Сухоруков В.С., Долгих А.И. / В кн.: «Проблемы сельскохозяйственной мелиорации в Поволжье». – Саратов, 1984. – С. 167-170.
7. **Кроль Р.М.** Теоретичне дослідження зворотної засипки траншеї бульдозером, що обладнано шнековим интенсификатором / Кроль Р.М. // Вісник придніпровської державної академії будівництва та архітектури № 4. – Д.: ПДАБА, 2001. – С. 51 – 58.
8. **Хмара Л.А.** Методика расчета винтошнекового интенсификатора на рабочем оборудовании бульдозера / Л.А. Хмара, Р.Н. Кроль, И.А. Соколов, Е.И. Урих // 36. наук. пр.: Галузеве машинобудування, будівництво. Вип. 6. Ч. 1. – Полт. держ. техн. Ун-т ім. Юрія Кондратюка, 2000. – С. 75 – 77.
9. **Хмара Л.А.** Робочий орган бульдозера із шнековим интенсификатором / Л.А. Хмара, Р.М. Кроль // Вісник придніпровської державної академії будівництва та архітектури №12. – Дніпропетровськ: ПДАБА, 2001. – С. 51 – 57.
10. **Хмара Л.А.** Теоретичні та експериментальні дослідження шнекового интенсификатора на робочому обладнанні бульдозера / Хмара Л.А., Кроль Р.М., Соколов І.А. // 36. наук. пр.: Вісник УДУВГП, Вип. 5(18), Ч. 6. – Рівне, 2002. – С. 84 – 94.
11. **Хмара Л.А.** Призначення режимів роботи шнекового интенсификатора / Л.А. Хмара, Р.М. Кроль // Сб. науч. тр.: Строительство. Материаловедение. Машиностроение. Серия: Стародубовские чтения. – Дн-ск: ПГАСА, 2003. – С. 230 – 231.

REFERENCES

1. **Sevastjanov K.M., 1973.** Issledovanie jenergoemkosti processa ekskavacii torfa iz zalezhi gorizontalnymi shnek-frezami [The study energy consumption process of excavation peat horizontal screw-cutters with deposits. Candidate tech. science dis.]. Kalinin: KPI, 23.
2. **Zenkov R.L., 1980.** Mashiny nepreryvnogo transporta [The continuous transport machines]. Moscow, Mashinostroenie Publ., 303.

3. **Grigor'ev A.M.**, 1972. Vintovye konvejery [The screw conveyors]. Moscow, Mashinostroenie Publ., 182.
4. **Balovnev V.I., Shkryl V.N.**, 1978. Issledovanie raboty otvalov s mehanicheskoy intensifikaciej [The study of work waste dumps with mechanical intensification], Stroitelnye i dorozhnye mashiny [Construction and road building machinery], no.4, 24-26.
5. **Spivakovskij A.O., Goncharevich I.P.**, 1985. Specialnye transportirujushhie ustrojstva v gornodobyvajushhej promyshlennosti [Special transporting devices in the mining industry]. Moscow, Nedra Publ., 129.
6. **Suhorukov V.S., Dolgih A.I.**, 1984. Snizhenie energoemkosti transportirovanija grunta gorizontal'nym shnekom [Reduction of energy transportation ground horizontal screw], Problemy sel'skoho-zajstvennoj melioracii v Povolzhe [The problems of agricultural land reclamation in the Volga region]. Saratov, 167-170.
7. **Krol R.M.**, 2001. Teoretichne doslidzhennja zvorotnoi zasipki transhej buldozerom, shho obladnano shnekovim intensifikatorom [Theoretical study of back filling trenches bulldozer, which features a screw intensifiers], Visnik pridniprovskoi derzhavnoi akademii budivnictva ta arhitekturi [Bulletin of the Transdnistriian State Academy of Construction and Architecture], no. 4, 51-58.
8. **Khmara L.A., Krol R.N., Sokolov I.A., Urih E.I.**, 2000. Metodika rascheta vintoshnekovogo intensifikatora na rabochem oborudovanii buldozera [Method of calculation of the screw auger intensifier equipment bulldozer at work], Zbi. nauk. pr.: Galuzeve mashinobuduvannja, budivnictvo [Sector-specific engineering, construction.], no.6, vol.1, 75-77.
9. **Khmara L.A., Krol R.M.**, 2001. Robochij organ buldozera iz shnekovim intensifikatorom [The working body of the bulldozer screw intensifiers], Visnik pridniprovskoi derzhavnoi akademii budivnictva ta arhitekturi [Bulletin of the Transdnistriian State Academy of Construction and Architecture], no.12, 51-57.
10. **Khmara L.A., Krol R.M., Sokolov I.A.**, 2002. Teoretichni ta eksperimentalni doslidzhennja shnekovogo intensifikatora na robochomu obladnanni buldozera [Theoretical and experimental study of screw intensifiers on your equipment bulldozer], Visnik UDUVGP [Journal UDUVHP], no.5(18), vol.6, 84-94.
11. **Khmara L.A., Krol R.M.**, 2003. Priznachenija rezhimiv roboti shnekovogo intensifikatora [Appointment operation modes screw intensifiers], Stroitelstvo. Materialovedenie. Mashinostroenie. Serija: Starodubovskie chtenija [Building. Materials science. Mechanical engineering. Series: Starodubovskie reading.], 230-231.