

ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ РОЗРАХУНКУ БУЛЬДОЗЕРА ЗІ ШНЕКОВИМ ІНТЕНСИФІКАТОРОМ

**Л.А. Хмара, професор, д.т.н., Р.М. Кроль, асистент,
Придніпровська державна академія будівництва та архітектури**

Анотація. Представлені методики визначення абсолютної швидкості частки ґрунту, що транспортується шнековим інтенсифікатором, з визначенням критичної частоти останнього та методика визначення абсолютної швидкості частки ґрунту з урахуванням швидкості базового трактора.

Ключові слова: шнековий інтенсифікатор, частка ґрунту, абсолютна швидкість, критична частота, режими роботи.

Вступ

Зворотна засипка траншей при прокладці газо-, нафтопроводів та комунікацій являється однією із трудомістких операцій, що потребує використання комплексу машин. В технічній літературі обмежені методики визначення абсолютної швидкості частки ґрунту, що транспортується шнековими конвеєрами, визначення чисельного значення критичної частоти обертання, а стосовно шнекових інтенсифікаторів (ШІ) на робочому обладнанні бульдозера вони відсутні.

Мета та постановка задачі

Розробка методичних основ розрахунку бульдозера з ШІ, зокрема, це дозволить визначити чисельне значення абсолютної швидкості частки ґрунту, що транспортується ШІ при різних режимах роботи.

Рішення задачі

Бульдозер з ШІ (рис. 1) може бути використаний для пошарової розробки ґрунту, працюючи в якості шляхопрохідника та для зворотної засипки траншей. Головним фактором, що визначає високу продуктивність цієї машини – безперервність робочого процесу, що включає в себе різання, екскавацію ґрунту з забою та його транспортування.

Рухаючись вздовж траншеї, він переміщує в неї ґрунт, що не падає на трубопровід, а скочується по ньому.

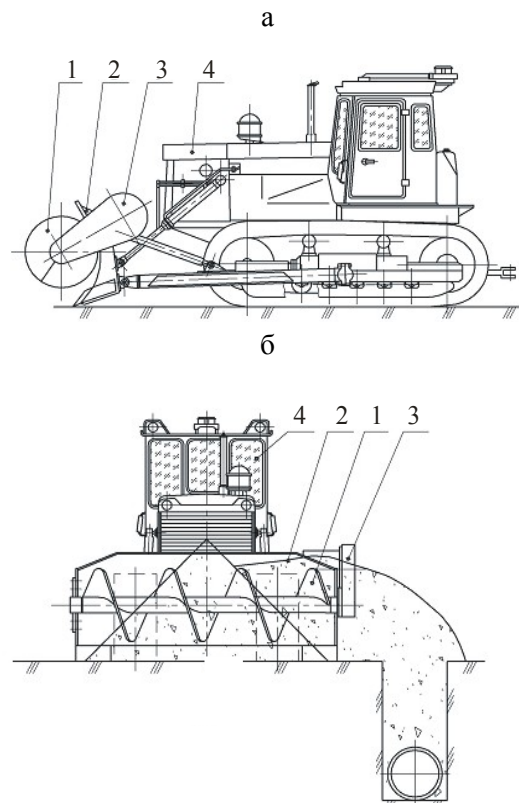


Рис. 1. Загальний вигляд бульдозера, оснащеного ШІ: а – вид збоку; б – вид спереду; 1 – шнековий інтенсифікатор; 2 – бульдозерне обладнання; 3 – привід шнекового інтенсифікатора; базова машина

Такий спосіб дозволяє проводити засипку траншеї в умовах обмеженої ділянки відчуження, забезпечуючи високу якість засипки (знижується ймовірність пошкодження трубопроводу та повне заповнення пустот між трубопроводом, дном і стінками траншеї). Всі режими роботи бульдозера з ШНІ характеризуються напрямком вектора абсолютної швидкості відносно лобової поверхні відвала (рис. 2).

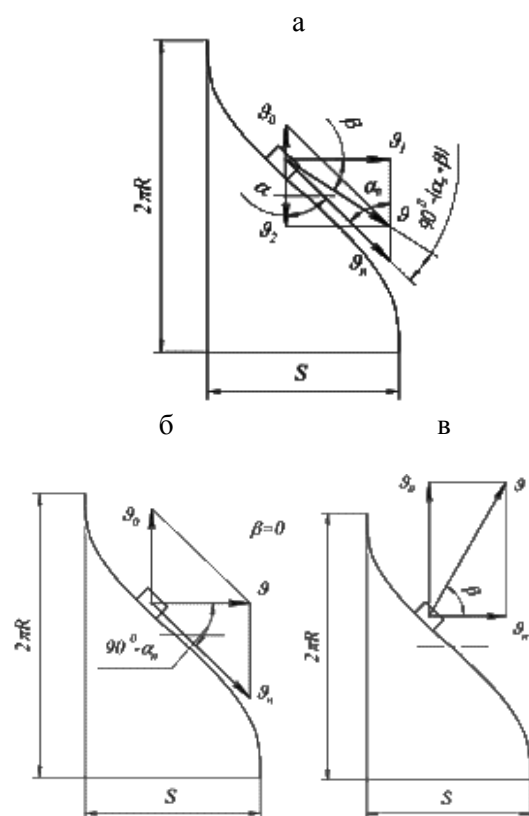


Рис. 2. Плани швидкостей для частки ґрунту, що знаходиться в діаметральній горизонтальній площині при різних режимах роботи ШНІ: а – докритичний; б – критичний; в – закритичний

Частка ґрунту, що транспортується ШНІ, бере участь в складному русі – обертається разом з гвинтовою поверхнею (колова швидкість) та водночас ковзає по ній (переносна швидкість). Абсолютна швидкість частки ґрунту дорівнює

$$\bar{v} = \bar{v}_0 + \bar{v}_n \quad (1)$$

або
$$\bar{v} = \bar{v}_1 + \bar{v}_2, \quad (2)$$

де $\bar{v}_0 = \omega_{\text{омн}} R$ – колова швидкість; $\bar{v}_n$ – переносна швидкість (швидкість ковзання по

гвинтовій поверхні); $\bar{v}_1$ – проекція абсолютної швидкості на горизонталь; $\bar{v}_2$ – проекція абсолютної швидкості на вертикаль; ω_0 – кутова швидкість привідного валу ШНІ;

$R_{\text{шн}}$ – радіус ШНІ.

З плану швидкостей (рис. 2) випливає рівність

$$\frac{v}{\sin \alpha_{\text{cp}}} = \frac{\omega_{\text{омн}} R}{\sin[90^\circ - (\alpha_{\text{cp}} + \beta)]}, \quad (3)$$

де α_{cp} – середнє значення кута нахилу гвинтової лінії ШНІ в залежності від кутової координати положення на ній частки ґрунту; β – кут між абсолютною швидкістю та її проекцією на горизонталь.

З рівності (3) знаходимо

$$v = \frac{\omega_{\text{омн}} R \sin \alpha_{\text{cp}}}{\cos(\alpha_{\text{cp}} + \beta)} \quad (4)$$

Проекцію абсолютної швидкості на горизонталь можна визначити як

$$v_1 = v \cos \beta \quad (5)$$

або з урахуванням виразу (4)

$$v_1 = \frac{\omega_{\text{омн}} R \sin \alpha_{\text{cp}} \cos \beta}{\cos(\alpha_{\text{cp}} + \beta)}. \quad (6)$$

Проекція абсолютної швидкості на вертикаль визначається залежністю

$$v_2 = v \sin \beta. \quad (7)$$

При критичному режимі ($\beta = 0$, рис. 2, б) абсолютна швидкість пов'язана з коловою швидкістю залежністю

$$v = v_0 \operatorname{tg} \alpha_{\text{cp}} = \omega_{\text{омн}} R \operatorname{tg} \alpha_{\text{cp}}. \quad (8)$$

При закритичному режимі частка об'єму ґрунту притискається відцентровою силою до лобової поверхні відвала та розганяється до колової швидкості гвинтової поверхні ШНІ. В подальших теоретичних дослідженнях прийняте припущення, що кожна частка об'єму ґрунту за один оберт привідного валу ШНІ, проходить шлях, що дорівнює кроку S ШНІ. Доцільність даного

допущення перевірено попередніми дослідженнями у галузі гвинтових конвеєрів, де транспортування відбувається без відриву від гвинтової поверхні [1, 2, 6] тому можна записати наступний вираз:

$$\vartheta_n = \frac{nS}{60} = \frac{S\omega_0}{2\pi}, \quad (9)$$

де $n = \frac{30\omega_0}{\pi}$ – частота обертання привідного вала ШІ.

Абсолютна швидкість для даного випадку дорівнює

$$\begin{aligned} \vartheta &= \sqrt{\vartheta_0^2 + \vartheta_n^2} = \sqrt{\frac{S^2 n^2}{3600} + \omega_{\text{шн}}^2 R^2} = \\ &= \frac{n}{30} \sqrt{\frac{S^2}{4} + \pi^2 R^2}. \end{aligned} \quad (10)$$

або

$$\begin{aligned} \vartheta &= \sqrt{\vartheta_{\text{он}}^2 + \vartheta^2} = \sqrt{\frac{S^2 \omega_0^2}{4\pi^2} + \omega_{\text{шн}}^2 R^2} = \\ &= \omega_{\text{он}} \sqrt{\frac{S^2}{4\pi^2} + R^2}. \end{aligned} \quad (11)$$

При докритичній частоті обертання ШІ грунт, що підіймається гвинтовою поверхнею на деяку висоту, повинен встигнути спуститись з цієї висоти на денну поверхню за час одного обороту ШІ.

Критична частота обертання ШІ може бути визначена із умови забезпечення часу спуску частки ґрунту рівного часу одного обороту ШІ.

Згідно розрахункової схеми (рис. 3, а) можна записати наступне рівняння руху частки ґрунту по гвинтовій поверхні

$$m\ddot{\tau} = mg \cos \varphi \cos \alpha - mg \cos \varphi \sin \alpha \operatorname{tg} \delta - m\omega_0^2 R \operatorname{tg} \rho. \quad (12)$$

$$\begin{aligned} \frac{d\tau}{dt} &= g \cos \varphi \cos \alpha - g \cos \varphi \sin \alpha \operatorname{tg} \delta - \\ &\quad r \operatorname{tg} \delta - \omega_0^2 R \operatorname{tg} \rho. \end{aligned} \quad (13)$$

$$\begin{aligned} \tau &= (g \cos \varphi \cos \alpha - g \cos \varphi \sin \alpha \operatorname{tg} \delta - \\ &\quad - \omega_0^2 R \operatorname{tg} \rho) t + C_1. \end{aligned} \quad (14)$$

Початкові умови $C_1 = 0$.

$$\begin{aligned} \frac{d\tau}{dt} &= \tau(g \cos \varphi \cos \alpha - g \cos \varphi \operatorname{tg} \delta - \\ &\quad r \sin \alpha \operatorname{tg} \delta - \omega_0^2 R \operatorname{tg} \rho) t; \end{aligned} \quad (15)$$

$$\begin{aligned} d\tau &= (g \cos \varphi \cos \alpha - g \cos \varphi \operatorname{tg} \delta - \\ &\quad r \sin \alpha \operatorname{tg} \delta - \omega_0^2 R \operatorname{tg} \rho) \tau dt; \end{aligned} \quad (16)$$

$$\begin{aligned} \tau &= (g \cos \varphi \cos \alpha - g \cos \varphi \operatorname{tg} \delta - \\ &\quad r \sin \alpha \operatorname{tg} \delta - \omega_0^2 R \operatorname{tg} \rho) \frac{t^2}{2}. \end{aligned} \quad (17)$$

$$\text{Час одного обороту ШІ } t = \frac{60}{n}.$$

$$\begin{aligned} \tau &= (g \cos \varphi \cos \alpha - g \cos \varphi \operatorname{tg} \delta - \\ &\quad r \sin \alpha \operatorname{tg} \delta - \omega_0^2 R \operatorname{tg} \rho) \frac{1800}{n^2}. \end{aligned} \quad (18)$$

З врахуванням того, що частка ґрунту проходить шлях рівний $\tau = \sqrt{S^2 + 4\pi^2 R^2}$ та $\omega_0 = \frac{\pi n}{30}$ критична частота обертання ШІ рівна

$$n = \sqrt{\frac{1800 g \cos \varphi (\cos \alpha - \sin \alpha \operatorname{tg} \delta)}{\sqrt{S^2 + 4\pi^2 R^2} + 2\pi^2 R \operatorname{tg} \rho}}. \quad (19)$$

Розрахункова схема до визначення сумарної швидкості польоту частки ґрунту з урахуванням швидкості базової машини представлена на рис. 3, б.

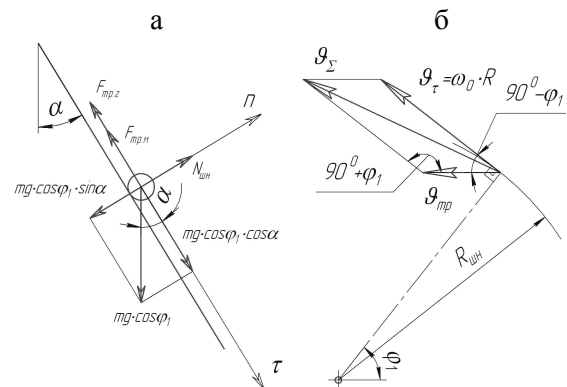


Рис. 3. Розрахункові схеми: а – до визначення критичної частоти обертання ШІ; б – до визначення сумарної швидкості польоту частки ґрунту з урахуванням швидкості базової машини

З плану швидкостей (рис. 3, б) сумарна швидкість рівна

$$\begin{aligned} \vartheta_{\Sigma} &= \sqrt{\vartheta_{\text{тр}}^2 + \omega_0^2 R_{\text{шн}}^2 - 2 \vartheta_{\text{тр}} \Gamma} \\ \Gamma \omega_{\text{шн}} R \cos(90^\circ + \varphi) &= \\ &= \sqrt{\vartheta_{\text{тр}}^2 + \omega_0^2 R_{\text{шн}}^2 + 2 \vartheta_{\text{тр}} \Gamma} \\ \Gamma \omega_{\text{шн}} R \sin \varphi. \end{aligned} \quad (20)$$

Абсолютна швидкість частки ґрунту для даного випадку рівна

$$\vartheta = \sqrt{\vartheta_{\Sigma}^2 + \vartheta_{\Pi}^2}. \quad (21)$$

З врахуванням виразу (20) отримаємо

$$\begin{aligned} \vartheta &= \sqrt{\vartheta_{\text{тр}}^2 + \omega_0^2 R_{\text{шн}}^2 + 2 \vartheta_{\text{тр}} \Gamma} \\ \Gamma \omega_{\text{шн}} R \sin \varphi + \frac{S^2 \omega_0^2}{4 \pi^2}. \end{aligned} \quad (22)$$

На основі виразів (19) та (22) отримані залежності критичної частоти ШНІ від радіуса останнього та середовища, що розроблюється (рис. 4), абсолютної швидкості частки ґрунту від швидкості базового трактора (рис. 5).

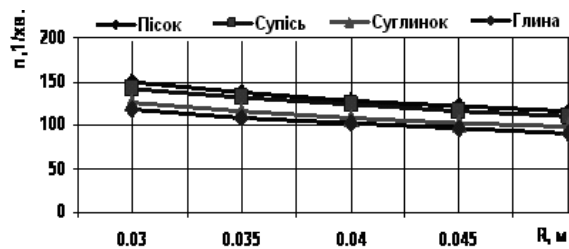


Рис. 4. Залежність критичної частоти ШНІ від радіуса останнього та середовища, що розроблюється

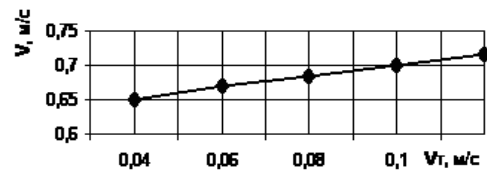


Рис. 5. Залежність абсолютної швидкості частки ґрунту від швидкості базового трактора

Висновки

Представлені методики дозволяють:

- визначити критичну частоту обертання ШНІ в залежності від геометричних параметрів останнього та фізико-механічних характеристик ґрунту;
- визначити сумарну швидкість польоту частки ґрунту з урахуванням швидкості базової машини, що дозволить визначити дальність польоту частки ґрунту.

Література

1. Иванченко Ф.К. и др. Расчеты грузоподъемных и транспортирующих машин. – Вища школа, 1975. – 520 с.
2. Григорьев А.М. Винтовые конвейеры. – М.: Машиностроение, 1972. – 184 с.
3. Севастьянов К.М. Исследование энергоёмкости процесса экскавации торфа из залежи горизонтальными шнеком – фрезами. / Автореф. дис. ... канд. техн. наук. – Калинин: КНИ, 1973. – 23 с.

Рецензент: Л.В. Назаров, професор, д.т.н., ХНАДУ.

Стаття надійшла до редакції 6 червня 2007 р.