

- співвідношення F_B до N_d від від ваги G_B котка до його амплітуди A_B . (рис. 2), на якому видно, що раціональним параметрам відповідає перетин кривих під номером 1, 2, 3, 5 і 1, 3, 5, 6, а оптимальні параметри визначаються перетином кривих 1, 3, 6.

- співвідношення F_B до N_d від співвідношення f до A (рис. 3), на якому видно, що раціональним параметрам відповідає перетин кривих під номером 1, 2, 5 і 1, 2, 3, а оптимальні параметри визначаються перетином кривих 3, 4, 5;

- співвідношення f до G_B від співвідношення G_B до A . (рис 4), на якому видно, що раціональним параметрам відповідає перетин кривих під номером 1, 2, 3 і 1, 2, 4, а оптимальні параметри визначаються перетином кривих 1, 2, 5.

ЛІТЕРАТУРА

1. Дорожная техника. Каталог-справочник Технологии строительства, реконструкции, ремонта и содержания автомобильных дорог. – М.: Транспорт, 2009. – 350 с.
2. Дорожная техника. Каталог-справочник Технологии строительства, реконструкции, ремонта и содержания автомобильных дорог. – М.: Транспорт, 2008 - 358с.
3. Дорожная техника. Каталог-справочник Технологии строительства, реконструкции, ремонта и содержания автомобильных дорог. – М.: Транспорт, 2007 - 365с.
4. Дорожная техника. Каталог-справочник Технологии строительства, реконструкции, ремонта и содержания автомобильных дорог. – М.: Транспорт, 2006 - 360с.

УДК 621.878.23.001.4

Л. А. ХМАРА, д. т. н., М. І. ДЕРЕВ'ЯНЧУК, ст. викладач,

К. А. КРЕКНІН, інженер.

ДВНЗ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури»

АНАЛІТИЧНЕ ВИЗНАЧЕННЯ ОБ'ЄМУ ПРИЗМИ ВОЛОЧІННЯ ТРИСЕКЦІЙНИХ БУЛЬДОЗЕРНИХ ВІДВАЛІВ З НАХИЛЕНИМИ ОСЯМИ ШАРНІРІВ В НАКОПИЧУВАЛЬНОМУ РЕЖИМІ РОБОТИ

Актуальність проблеми. Масове використання бульдозерних агрегатів в різних галузях будівництва потребує постійного удосконалення їх конструкції та технологічних показників. Найбільш важливим елементом цих машин є робоче обладнання, досконалість якого визначає ефективність цих агрегатів. Одним із перспективних напрямів удосконалення робочого обладнання бульдозерів є

застосування трисекційних шарнірно – з’єднаних відвалів. Особливо це відноситься до трисекційних відвалів з нахиленими в поперечній площині осями шарнірів, що потребує більш детального аналізу форми та об’єму ґрунту в накопичувальному режимі роботи.

Метою даної роботи є розробка теоретичної моделі для визначення об’єму ґрунта, що накоплюється перед трисекційним відвалом з нахиленими осями шарнірів працюючи в накопичувальному режимі.

Основний матеріал. Трисекційний відвал з нахиленими осями бокових секцій, конструкція якого показана на рис. 1, є спеціалізованим бульдозерним обладнанням, що дозволяє ефективно здійснювати деякі профілювальні операції при виконанні земляних робіт, зберігаючи можливість реалізації традиційного, накопичувального, шляхопрокладального та грейдерного режимів роботи.

При проектуванні таких відвалів необхідно враховувати конструктивні та кінематичні особливості складових частин, які визначають форму лобової (внутрішньої) частини та максимальну кількість ґрунту, що може накопичуватись перед ними. Особливість кінематики шарнірно – з’єднаних відвалів з нахиленими осями полягає в тому, що при повороті бокових секцій вперед леза їхніх ножів нахиляються відносно леза середньої секції вниз під кутом δ , як показано на рис. 2, а лобові частини нахиляються вперед, суттєво впливаючи на фронтальну проекцію робочого органа. Для визначення геометричних параметрів фронтальної проекції трисекційного відвала з нахиленими осями бокових секцій, що повернуті вперед на кут α , була розглянута розрахункова схема, яка показана на рисунку 3.

На схемі видно, що поворот бокової секції відносно осі O_0O_1 з початкового положення ($\alpha = 0$), коли нижній A і верхній A_1 кути секції знаходяться в площині середньої секції, на кут $\alpha \neq 0$, вказані кутові точки переміщуються в нахилених під кутом β площинах, перпендикулярних фронтальній проекції. Колові траєкторії кутів A і A_1 в даних площинах представляють направляючі прямі відповідно $m - n$ і $m_1 - n_1$. Видно, що зі збільшенням кута повороту α зростають вертикальні координати h і h_1 , які обумовлюють зміну форми фронтальної проекції відвала. Величина цих координат, як видно із рисунка, залежить від кута нахилу осей шарнірів O_0O_1 і кута повороту бокових секцій:

$$\delta h = b \cdot \sin \beta (1 - \cos \alpha); \quad (1)$$

$$\delta h_1 = b_1 \cdot \sin \beta (1 - \cos \alpha). \quad (2)$$

Вильоти точок A і A_1 в поперечному напрямку визначаються за формулами:

$$l = b[1 - \cos \beta(1 - \cos \alpha)]; \quad (3)$$

$$l_1 = b_1[1 - \cos \beta(1 - \cos \alpha)]. \quad (4)$$

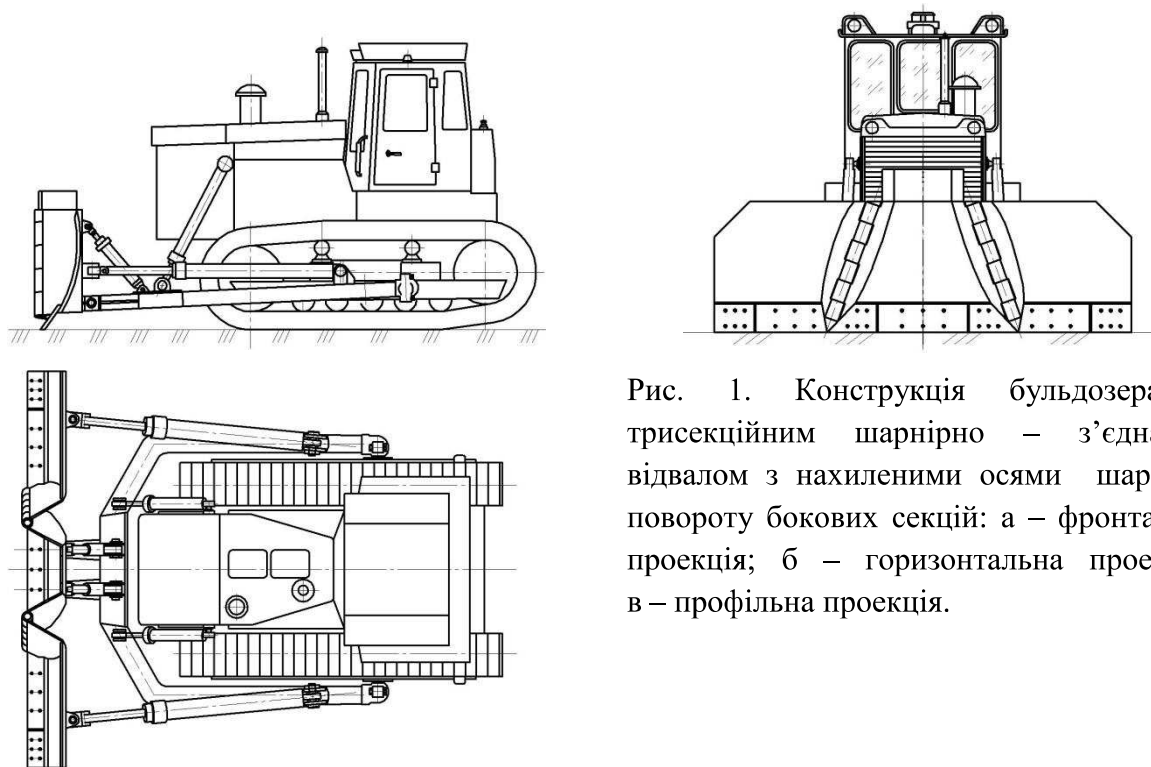


Рис. 1. Конструкція бульдозера з трисекційним шарнірно – з'єднаним відвалом з нахиленими осями шарнірів повороту бокових секцій: а – фронтальна проекція; б – горизонтальна проекція; в – профільна проекція.

Приведені залежності (1 – 4) дозволяють на основі конструктивних параметрів складових частин відвала визначати його фактичну довжину та форму поперечного перетину ґрунтової стружки, що вирізається.

Зокрема, довжина відвала при повернутих вперед бокових секцій на кут α по ножовій системі дорівнює:

$$B = a + 2l = a + 2b[1 - \cos \beta(1 - \cos \alpha)], \quad (5)$$

а по верхньому зрізу –

$$B_1 = a_1 + 2l_1 = a_1 + 2b_1[1 - \cos \beta(1 - \cos \alpha)]. \quad (6)$$

Внаслідок нахилу лез бокових секцій при повороті їх на кут α площа поперечного перетину ґрунтової стружки зростає на величину трикутника $0 A' M$ з кожної сторони. Геометричні параметри кожного трикутника визначаються сторонами l' і h , які забезпечують технологічні вимоги до утворюваного профіля земляної споруди.

Для визначення об'єму призми волочіння при роботі таких відвалів в накопичувальному режимі формалізуємо задачу в вигляді елементної фігури, що приведемо на рисунку 3.

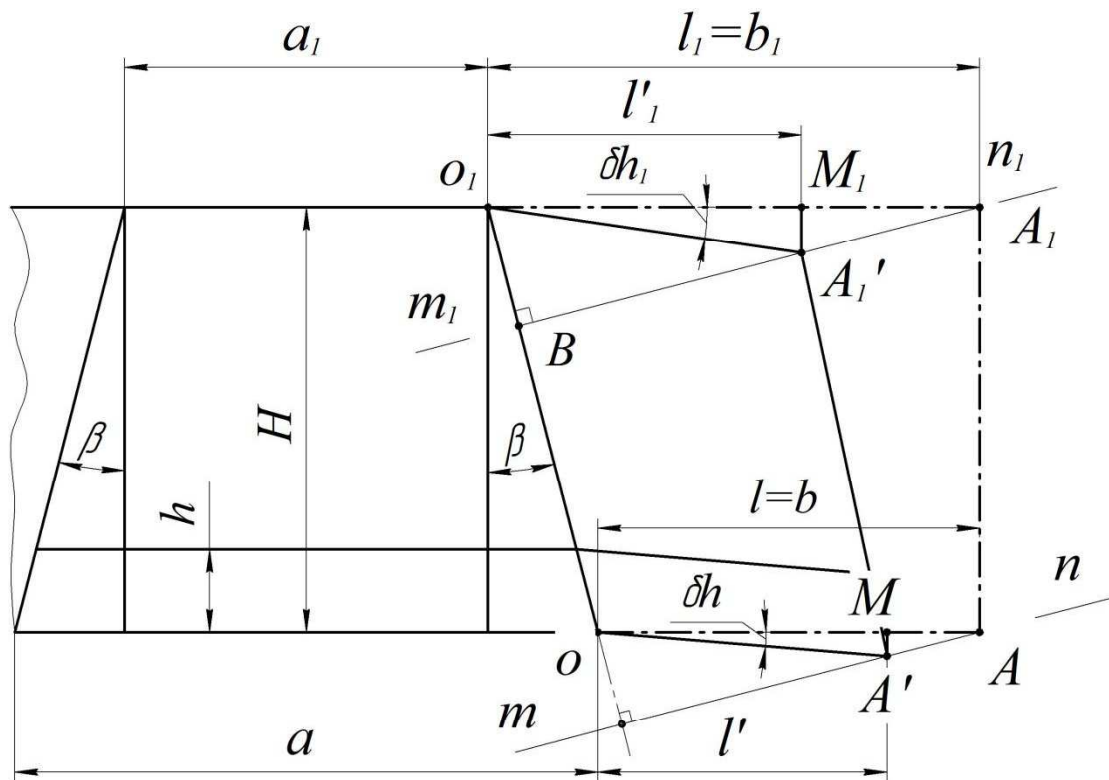


Рис. 2. Схема фронтальної проєкції три-секційного відвала з нахиленими осями шарнірів бокових секцій.

Використовуючи методичні підходи, що викладені в роботі [1] об'єм призми волочіння, що утворюється на прикінцевій стадії копання, можна представити як суму елементарних об'ємів V_1 , V_2 , V_3 і V_4 (рис 3).

Тобто:

$$V = V_1 + 2V_2 + V_3 + 2V_4, \quad (7)$$

де V_1 – об'єм паралелепіпеда, що утворений середньою секцією відвала, м^3 ; V_2 – об'єм тригранної призми, що утворена боковою секцією відвала, м^3 ; V_3 – об'єм тригранної призми, що утворюється перед елементарними об'ємами V_1 і V_2 ; V_4 – об'єм бокової урізаної піраміди, що утворена в результаті зсуву ґрунту із активної зони відвала в бокові валки.

Враховуючи ускладнення лобової поверхні даного відвала, пов'язаного з нахилом осей шарнірів повороту бокових секцій в поперечній вертикальній площині, об'єм частини призми волочіння, що безпосередньо примикає до складових частин відвала, визначаєм за спрощеною схемою, характерного для шарнірно – з'єднаних відвалів з вертикальними осями шарнірів поворота бокових секцій. [1].

При цьому фронтальна проєкція робочого органа набуде вигляду, який представлено на рисунку 4.

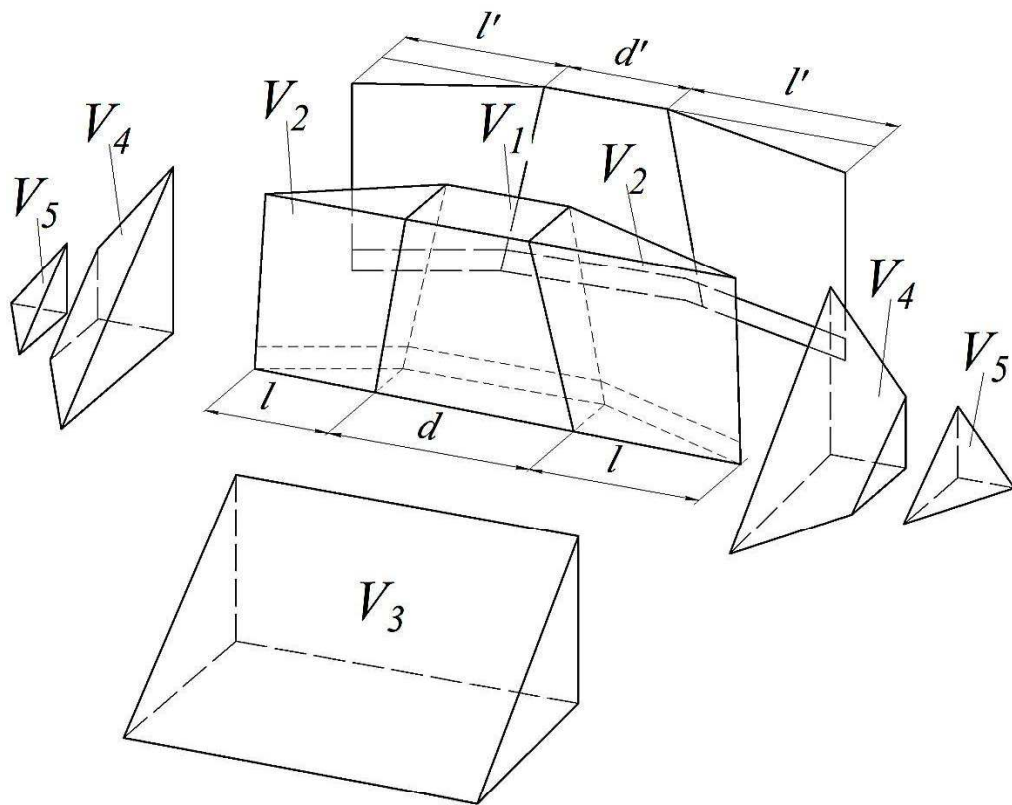


Рис. 3. Схема елементного складу призми волочіння.

Як показано на схемі, вертикальні осі шарнірів повороту бокових секцій проведені через середини нахилених осей, збалансовуючи площі фронтальних проєкцій елементів відвала. Дане спрощення не суттєво впливає на, так званий, внутрішній об'єм відвала і значно спрощує математичні залежності по визначенню об'ємів вказаних елементів. При визначенні площі поперечного перетину ґрунтової стружки, що вирізається, враховується форма фронтальної проєкції ножової системи даного відвала.

З урахуванням даного положення і в відповідності до схеми (рис. 4), для аналізу форми і об'єму призми волочіння прийняті наступні конструктивні і розрахункові параметри трисекційного шарнірно – з'єднаного відвала з нахиленими осями повороту бокових секцій:

довжина відвала по лезах ножів середньої та повернутих на кут α бокові секцій, V_H ; довжина відвала по верхньому зрізу секцій, V_B ; розрахункова довжина відвала, V_p ; довжина леза ножа середньої секції відвала, d ; довжина верхнього зрізу середньої секції, d_1 ; розрахункова довжина проєкції бокової секції відвала, l_c ; фронтальна проєкція леза ножа бокової секції, b_n ; конструктивний виліт ножа бокової секції, l ; конструктивний виліт верхньої частини бокової секції відвала, l_1 ; вертикальна координата краю леза ножа, Δh ; вертикальна координата краю верхнього зрізу бокової секції, Δh_1 ; висота відвала, H .

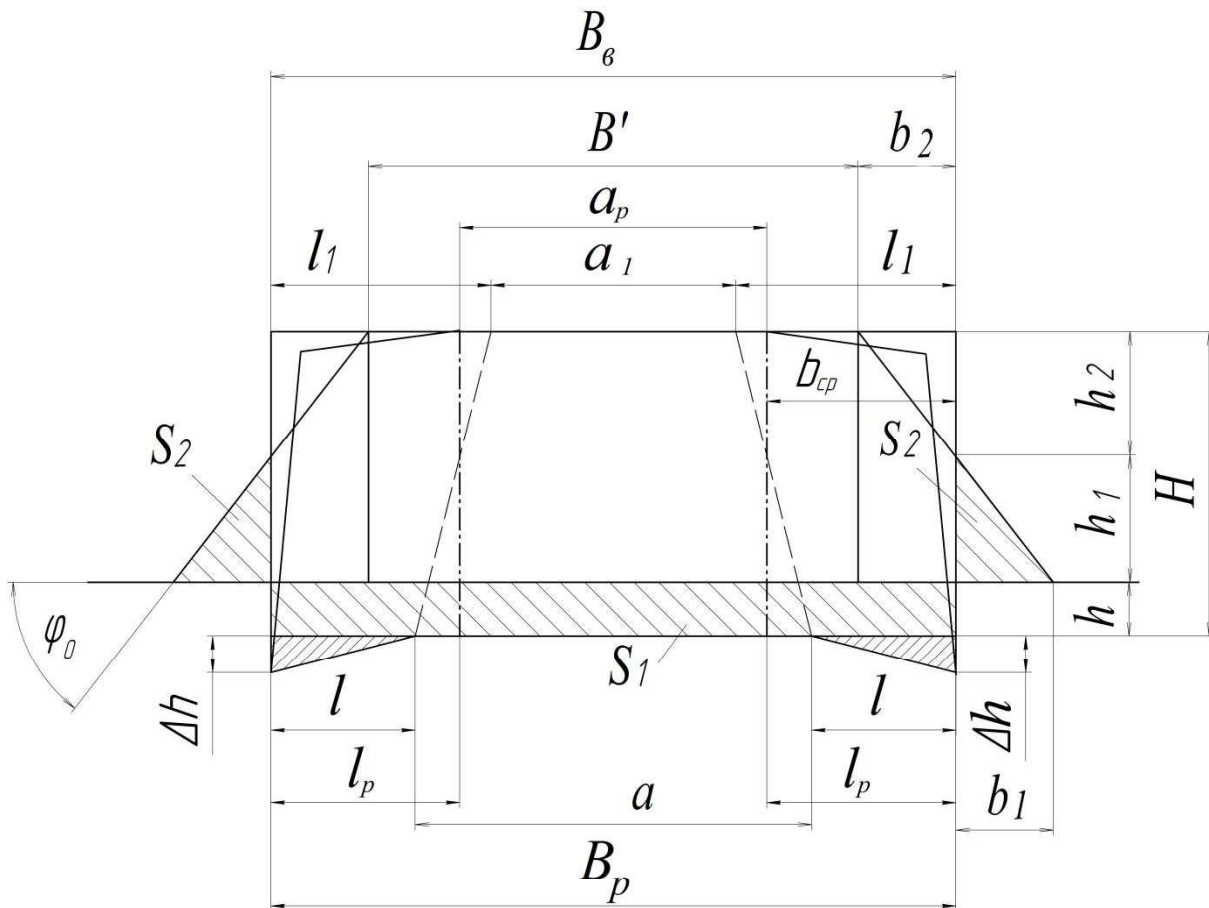


Рис.4. Схема до визначення довжини B^1 (вид спереду).

Розрахункова довжина відвала B_p в відповідності до схеми (рис. 4) і з урахуванням прийнятих допущень дорівнює:

$$B_p = a_p + 2l_p, \quad (8)$$

де a_p - розрахункова довжина леза середньої секції:

$$a_p = \frac{a + a_1}{2}; \quad (9)$$

l_p - розрахунковий виліт бокових секцій:

$$l_p = \frac{l + l_1}{2}. \quad (10)$$

Вертикальна координата краю леза ножа Δh визначається за формулою (1), а повздовжня за формулою (3).

Таким чином замінивши конструктивні параметри відвала розрахунковими, отримуємо можливість визначати максимальний об'єм ґрунту, що може

накопичуватись перед відвалом на прикінцевій стадії копання за раніше розробленою методикою, що викладена в роботі [1].

В відповідності до розрахункових схем, (рис. 3,4) об'єм ґрунту V_1 , що накоплюється в середній частині відвала визначається за формулою:

$$V_1 = \frac{a_p \cdot l_p \cdot (H - h)}{\operatorname{ctg} \alpha}, \quad (11)$$

де a_p – розрахункова довжина середньої секції, м; l_p – розрахунковий виліт бокової секції, м; H – загальна висота відвала, м; h – товщина стружки, що вирізається, м; α – кут повороту бокових секцій, град;

Об'єм тригранних призм перед боковими секціями: без урахування зміни фронтальної проекції ножової системи відвала визначається за формулою:

$$2V_2 = l_p^2 \cdot (H - h) \cdot \operatorname{tg} \alpha. \quad (12)$$

Об'єм призми V_3 дорівнює:

$$V_3 = \frac{(H - h)^2 B'}{2 \operatorname{tg} \varphi_0}, \quad (13)$$

де B' - довжина ребер призми, яка визначається із схеми (рис. 4) за формулою:

$$B' = B_p - 2b_2, \quad (14)$$

де b_2 - довжина бокової частини відвала, що залежить від кута природнього відкосу ґрунту φ_0 та площі поперечного перетину бокового валка на прикінцевій стадії копання ґрунту.

Площа поперечного перетину бокових валків визначається із умови рівності її площі поперечного перетину стружки, що вирізається на прикінцевій стадії копання.

Тобто:

$$K_p \cdot S = 2S_\sigma, \quad (15)$$

де K_p - коефіцієнт розпушення ґрунту; S – площа поперечного перетину стружки; S_σ - площа поперечного перетину бокового валка.

В відповідності до схеми (рис. 4) можна записати:

$$K_p (B_p \cdot h + \Delta h \cdot l) = \frac{h_1^2}{\operatorname{tg} \varphi_0}. \quad (16)$$

Звідси:

$$h_1 = \sqrt{K_p (B_p \cdot h + \Delta h \cdot l) \operatorname{tg} \varphi_0}, \quad (17)$$

де h_1 – висота вершини трикутника поперечного перетину бокового валка.

Довжина його основи b_1 визначимо за виразом:

$$b_1 = \frac{h_1}{\operatorname{tg} \varphi_0} = \frac{\sqrt{K_p (B_p \cdot h + \Delta h \cdot l) \operatorname{tg} \varphi_0}}{\operatorname{tg} \varphi_0}. \quad (18)$$

Параметри прямокутників в верхній частині відвала h_2 і b_2 визначаються за формулами:

$$h_2 = (H - h) - h_1 = (H - h) - \sqrt{K_p (B_p \cdot h + \Delta h \cdot l) \operatorname{tg} \varphi_0}; \quad (19)$$

$$b_2 = \frac{h_2}{\operatorname{tg} \varphi_0} = \frac{(H - h) - \sqrt{K_p (B_p \cdot h + \Delta h \cdot l) \operatorname{tg} \varphi_0}}{\operatorname{tg} \varphi_0}. \quad (20)$$

Підставивши розгорнуте значення b_2 в формулу (14) отримаємо:

$$B' = B_p - \frac{2 \left[(H - h) - \sqrt{K_p (B_p \cdot h + \Delta h \cdot l) \operatorname{tg} \varphi_0} \right]}{\operatorname{tg} \varphi_0}, \quad (21)$$

Тоді:

$$V_3 = \frac{(H - h)^2}{2 \operatorname{tg} \varphi_0} \cdot \left\{ B_p - \frac{2 \left[(H - h) - \sqrt{K_p (B_p \cdot h + \Delta h \cdot l) \operatorname{tg} \varphi_0} \right]}{\operatorname{tg} \varphi_0} \right\}. \quad (22)$$

Бокові частини призми волочіння V_4 являють собою урізану призму, об'єм яких визначається за формулою:

$$V_4 = \frac{(H - h)^2 \cdot (b_2 - b_1) - h_1^2 \cdot b_1}{6 \operatorname{tg} \varphi_0}; \quad (23)$$

$$2V_4 = \frac{(H - h)^2 \cdot (b_2 - b_1) - h_1^2 \cdot b_1}{3 \operatorname{tg} \varphi_0}. \quad (24)$$

Підставивши розгорнуті значення об'ємів V_1 ; $2V_2$; V_3 ; і $2V_4$ в формулу (7) отримаємо залежність, що пов'язує максимальний об'єм ґрунту перед відвалом на заключній стадії копання з його геометричними параметрами.

Із формули (25) видно, що максимальний об'єм призми волочіння перед трисекційним відвалом з нахиленими осями шарнірів повороту бокових секцій залежить від багатьох факторів, серед яких найбільш значимими є геометричні

параметри: висота відвала H , довжина відвала B_p та кут повороту бокових секцій α . Суттєвий вплив на величину призми волочіння мають також і фізико – механічні властивості ґрунтів, що виражаються через кут природнього відкосу φ_0 і коефіцієнт розпушення K_p .

$$V = \frac{a_p \cdot l_p \cdot (H - h)}{\operatorname{ctg} \alpha} + l_p^2 \cdot (H - h) \cdot \operatorname{tg} \alpha + \frac{(H - h)^2}{2 \operatorname{tg} \varphi_0} \cdot \left\{ B_p - \frac{2 \left[(H - h) - \sqrt{K_p (B_p \cdot h + \Delta h \cdot l) \operatorname{tg} \varphi_0} \right]}{\operatorname{tg} \varphi_0} \right\} + \frac{(H - h)^2 \cdot (b_2 - b_1) - h_1^2 \cdot b_1}{3 \operatorname{tg} \varphi_0}. \quad (25)$$

Висновки. Виконаний аналіз форми та об'єму ґрунту, що накопичується перед відвалом на заключній фазі копання дозволяє, на стадії проектування, прогнозувати ефективність технічних рішень в залежності від зміни тих чи інших параметрів.

ЛИТЕРАТУРА

1. Хмара Л. А. Теоретичні дослідження форми і об'єму призми волочіння трисекційних відвалів в накопичувальному режимі роботи / Л. А. Хмара, М. І. Деревянчук, М. В. Кульчицький // Строительство. Материаловедение. Машиностроение. Дн–вск.: ПГАСА, 2008. – Вып. 46. – С. 39 – 49.
2. Баловнев В. И. Интенсификация земляных работ в дорожном строительстве / В. И. Баловнев, Л. А. Хмара – М.: Транспорт, 1983. – 183 с.
3. Баловнев В. И. Повышение производительности машин для земляных работ / В. И. Баловнев, Л. А. Хмара. – К.: Будівельник, 1992. – 152 с.
4. Зеленин А. Н. Машины для земляных работ / А. Н. Зеленин, В. И. Баловнев, И. П. Керов. – М.: Высшая школа, 1975. – 424 с.
5. Повышение эффективности землеройных машин: материалы респ. конф.. Исследование процесса копания и повышение эффективности рабочих процессов отвалов бульдозеров / Л. А. Хмара, В. Б. Коротких. – Воронеж, 1992. – С. 11.
6. Хмара Л. А. Определение производительности бульдозеров с учетом времени на операцию заглабления отвала / Л. А. Хмара, В. Б. Коротких // Научные основы строительства. – К.: Будівельник, 1993 – С. 207.
7. Хмара Л. А. Научные основы формирования многокомпонентных рабочих органов землеройных машин / Л. А. Хмара // Интенсификация рабочих процессов строительных машин. – Дн–вск. : ПГАСА, 1998. – Вып. 4. – С. 14 – 21.