

Л.А. ХМАРА, докт. техн. наук, О.О. ДАХНО, інж.

ДВНЗ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури»

ВИЗНАЧЕННЯ ТЕОРЕТИЧНОГО ОБ'ЄМУ КОПАННЯ ҐРУНТУ ОДНОКІВШЕВИМ ЕКСКАВАТОРОМ З ТЕЛЕСКОПІЧНИМ РОБОЧИМ ОБЛАДНАННЯМ

Актуальність питання. Виробництво земляних робіт зазвичай складається з трьох основних операцій: відділення від масиву та захват ґрунту, його переміщення і потім укладення в споруду або відвал [1].

Розрахунки продуктивності та встановлення робочих розмірів екскаваторів при їх проектуванні безпосередньо пов'язані з поняттям екскаваторного забою та об'ємом розроблюваного ґрунту. Методика визначення об'єму розроблюваного ґрунту та розрахунок забою відомі та широко застосовуються при проектуванні традиційного робочого обладнання [1, 2].

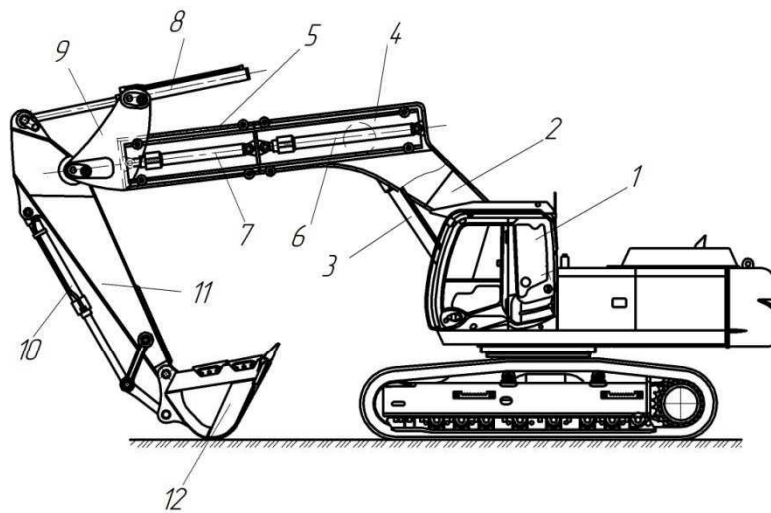
В теперішній час, у зв'язку з підвищенням об'ємів земляних робіт, збільшилися і об'єми виробництва машин та різноманітного робочого обладнання для цих робіт. Особливої уваги заслуговують екскаватори, наприклад, оснащені телескопічним робочим обладнанням, а саме телескопічної стрілою та рукояттю [2]. При використанні такого робочого обладнання досягається значне змінення лінійних параметрів екскаватора [2, 3, 4, 5], при цьому, методика розрахунку робочого обладнання зі змінними лінійними параметрами та об'єму розроблюваного їм ґрунту відсутня.

Мета статті. Формування методики визначення теоретичного об'єму копання ґрунту одноківшевим екскаватором з телескопічним робочим обладнанням та його продуктивності (рис. 1).

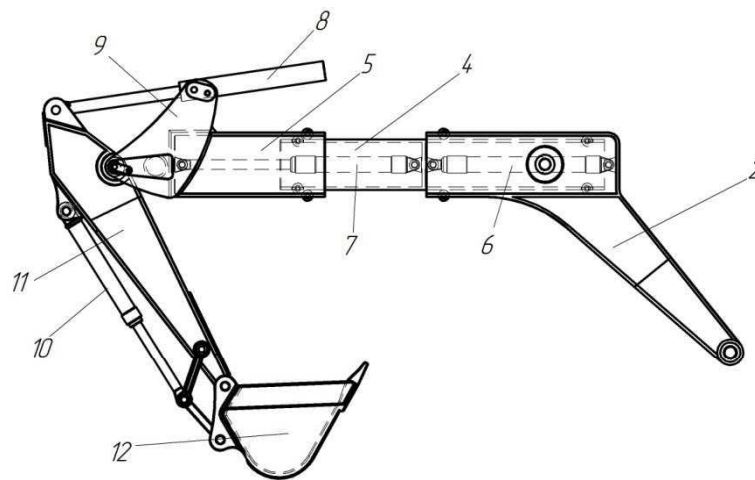
Основний матеріал. Під екскаваторним забоем розуміють робочу зону екскаватора, яка включає в себе частину ґрунтового масиву, розроблюваного з даної стоянки екскаватора, та майданчик для встановлення екскаватора та транспортних машин. Якщо розробка ґрунту ведеться по безтранспортній схемі, до екскаваторного забою відноситься також майданчик з відвалом ґрунту, укладеного з даної стоянки екскаватора.

Розміри та форма забою залежать від типу та робочих розмірів екскаватора та транспортних машин, а також від розмірів земляної споруди.

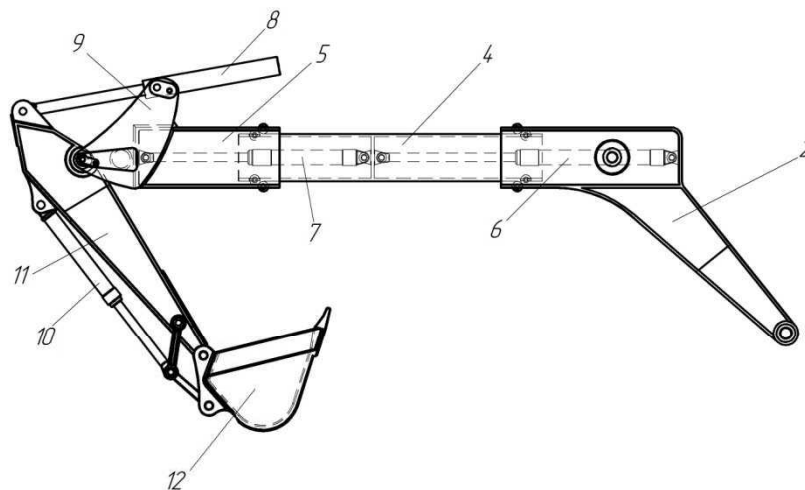
Окреслення поверхні ґрунтового масиву визначається робочими траєкторіями ковша. Вони змінюються по мірі виїмки ґрунту, але для характеристики форми та



а



б



в

Рис. 1. Одноківшевий гідравлічний екскаватор з трьохсекційною телескопічною стрілою: а) – загальний вигляд; б) – одну телескопічну частину висунуто; в) – обидві телескопічні частини висунуто; 1 – базова машина; 2 – основна секція стріли; 3, 6, 7, 8, 10, 14 – гідроциліндри; 4 – внутрішня висувна секція стріли; 5 – кінцева висувна секція стріли; 9 – кронштейн для кріплення рукояті та гідроциліндра рукояті; 11 – рукоять; 12 – ківш; 13 – висувна секція рукояті.

розмірів забою достатньо зафіксувати кінцеві траєкторії, обмежуючі об'єм ґрунту, розроблюваного з однієї стоянки екскаватора.

Так як екскаватори – поворотні машини, виїмка ґрунту відбувається по радіальним напрямках, а поверхня розробленого масиву має вигляд поверхні обертання. Розрахунки здійснювались для конструкції екскаватора з телескопічним робочим обладнанням, запропонованим авторами (рис. 1).

Для загальних розрахунків екскаваторів користуються поняттям елемента забою. Під ним розуміють геометричне тіло, в межах якого може бути розроблено ґрунт з однієї стоянки екскаватора. Окреслення елемента забою визначається кінцевими робочими траєкторіями ковша, шириною заходу, положенням екскаватора в забої.

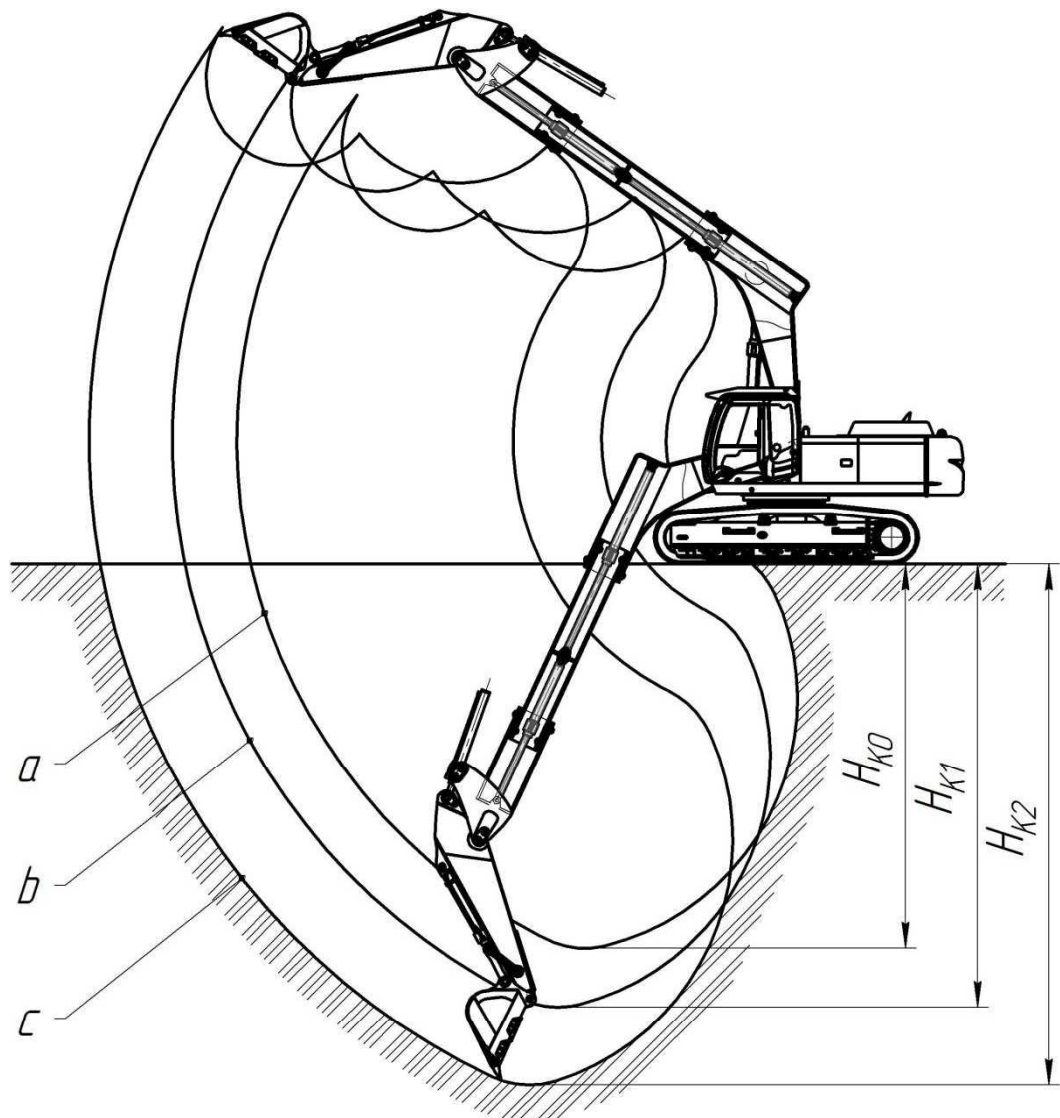


Рис. 2. Траєкторії копання ґрунту телескопічним робочим обладнанням: а – при традиційній конструкції робочого обладнання (обидва телескопа втягнуті); б – при одній висунутій телескопічній частині; с – обидві телескопічні частини висунуто.

На рисунку 2 зображено траєкторії копання одноківшевим гідравлічним екскаватором з трьохсекційною телескопічною стрілою на початку копання.

Розглянемо геометричне тіло, яке окреслюється робочими траєкторіями ковша і б–традиційного робочого обладнання та телескопічного, відповідно, параметричну схему якого зображено на рисунку 3.

Для визначення об'єму копання ґрунту V_1 телескопічним робочим обладнанням необхідно визначити площу елемента забою, позначену точками 1, 2, 3, 0, для цього використовуємо метод інтегральних обчислень (рис. 4).

$$R_1^2 = x_1^2 + y_1^2; \quad (1)$$

$$R_{1c+p+k}^2 = x_1^2 + (y_1 - H_{cm})^2, \quad (2)$$

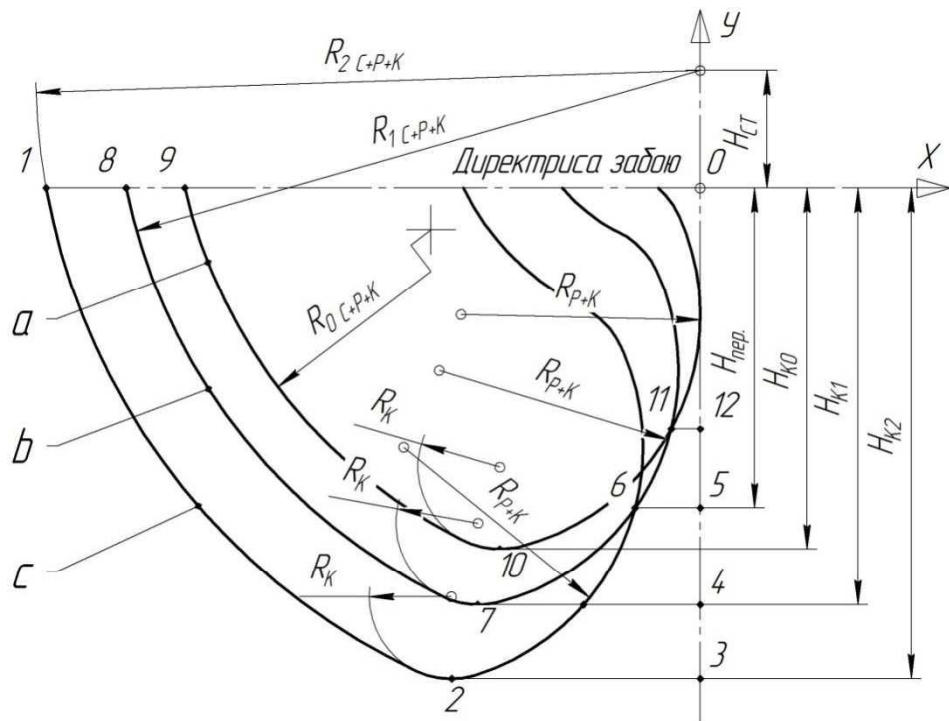


Рис. 3. Параметрична схема копання ґрунту телескопічним робочим обладнанням, стріла, рукоять та ківш знаходяться в крайніх положеннях: а, б, с – траєкторії копання ґрунту традиційним РО, РО з телескопічною стрілою при одному та двох висунутих телескопах стріли, відповідно; R_{0c+p+k} – радіус копання традиційним РО (телескопи стріли втягнуто), R_{1c+p+k} – радіус копання РО з телескопічною стрілою при одному висунутому телескопі, R_{2c+p+k} – радіус копання РО з телескопічною стрілою при обох висунутих телескопах стріли, R_k – радіус копання ковша, R_{p+k} – радіус копання рукояті з ковшем; H_{CT} – відстань від площини стоянки (директриси забою) до шарніру кріплення стріли, $H_{пер.}$ – відстань від площини стоянки (директриси забою) до точки перетину траєкторій копання традиційним РО та РО з телескопічною стрілою при висунутому телескопі, H_{K0} – глибина копання традиційним РО (телескоп стріли втягнуто), H_{K1} , H_{K2} – глибини копання РО з телескопічною стрілою при одному та обох висунутих телескопах.

звідси

$$\begin{cases} x_1^2 + (y_1 - H_{cm})^2 = R_{2c+p+\kappa}^2, \\ y_1 = H_{\kappa 2} \end{cases}, \quad (3)$$

де $R_{2c+p+\kappa}$ – максимальний радіус копанняковша телескопічним робочим обладнанням;
 H_{cm} – відстань від рівня стоянки екскаватора до вісі повороту стріли; x_1, y_1 – координати центру дуги, описаної радіусом $R_{2c+p+\kappa}$.

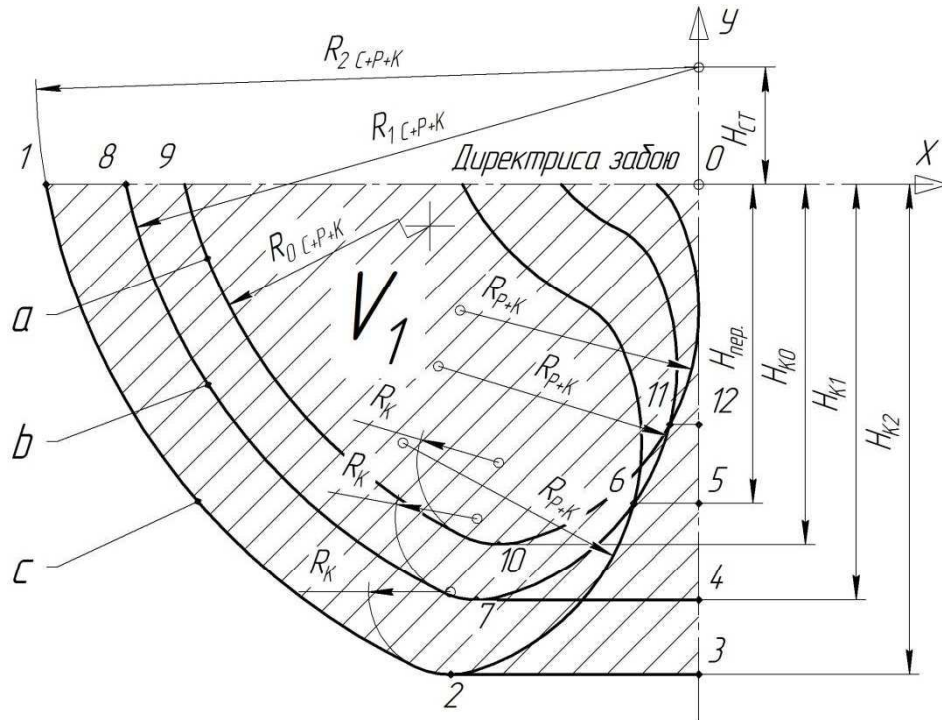


Рис. 4. Схема для визначення теоретичного об'єму копання ґрунту V_1 .

Таким чином об'єм елемента забою V_1 (рис. 4) дорівнюватиме:

$$V_1 = \pi \int_0^{H_{\kappa 2}} x_1^2 dy = \pi \int_0^{H_{\kappa 2}} [R_{2c+p+\kappa}^2 - (y_1 - H_{cm})^2] dy, \quad (4)$$

де $H_{\kappa 2}$ – максимальна глибина копання телескопічним робочим обладнанням.

Об'єм ґрунту копання телескопічним робочим обладнанням при одному витягнутому телескопі стріли V_2 (рис. 5), площа поперечного перетину позначена точками 0, 4, 7, 8, дорівнюватиме:

$$V_2 = \pi \int_0^{H_{\kappa 1}} [R_{1c+p+\kappa}^2 - (y_1 - H_{cm})^2] dy, \quad (5)$$

де $H_{\kappa 1}$ – максимальна глибина копання телескопічним робочим обладнанням при одному висунутому телескопі стріли; $R_{1c+p+\kappa}$ – максимальний радіус копання телескопічним робочим обладнанням, при одному висунутому телескопі стріли.

Визначаємо об'єм залишкового ґрунту V_3 (рис. 6), площа поперечного перетину якого позначена точками 2, 3, 5, 6:

$$(x_1 - x_m)^2 = R_{p+\kappa}^2 - (y_1 - y_m)^2; \quad (6)$$

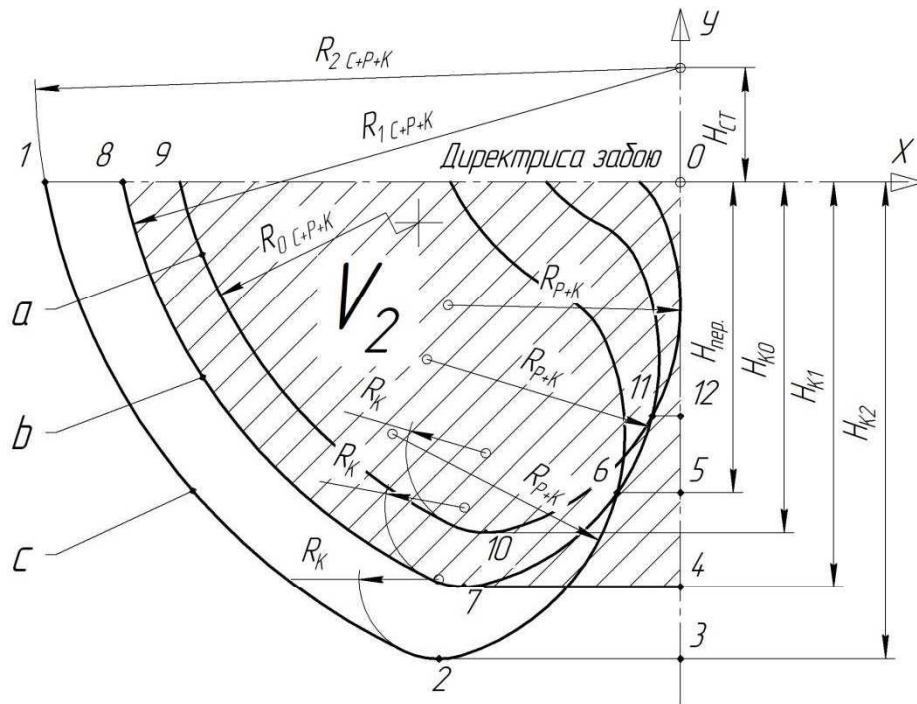


Рис. 5. Схема для визначення теоретичного об'єму копання ґрунту V_2 .

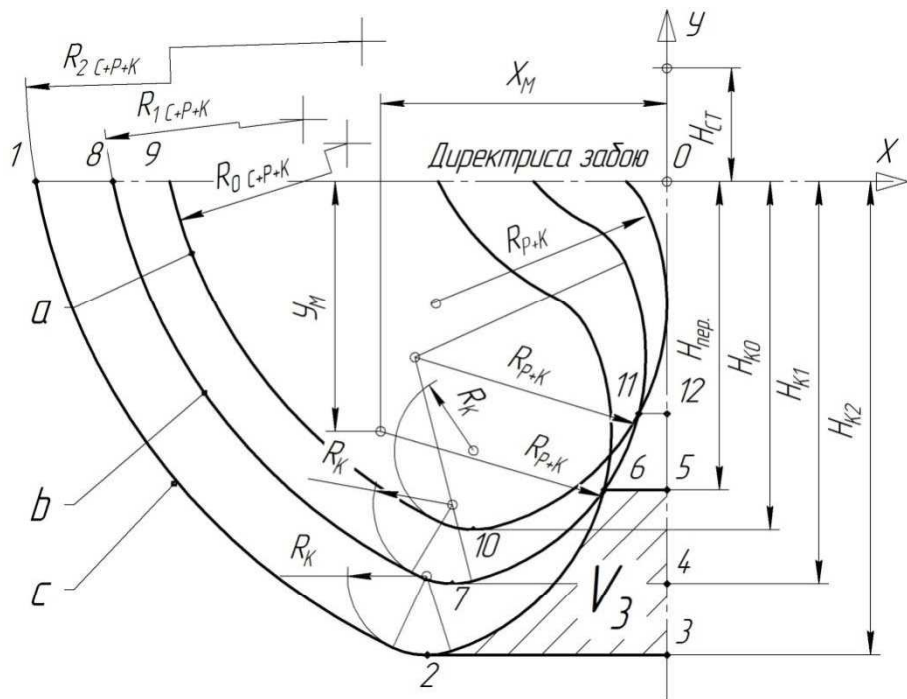


Рис. 6. Схема для визначення теоретичного об'єму копання ґрунту V_3 .

$$x_1 - x_m = -\sqrt{R_{p+k}^2 - (y_1 - y_m)^2}; \quad (7)$$

$$x_1 = x_m - \sqrt{R_{p+k}^2 - (y_1 - y_m)^2}; \quad (8)$$

$$V_3 = \pi \int_{H_{пер}}^{H_{к2}} \left[x_m - \sqrt{R_{p+k}^2 - (y_1 - y_m)^2} \right]^2 dy, \quad (9)$$

де R_{p+k} – радіус рукояті з ковшем (ківш у крайньому положенні); x_m, y_m – координати центра радіуса рукояті з ковшем; $H_{пер}$ – глибина перетину траєкторій копання, окреслених традиційним робочим обладнанням та телескопічним робочим обладнанням.

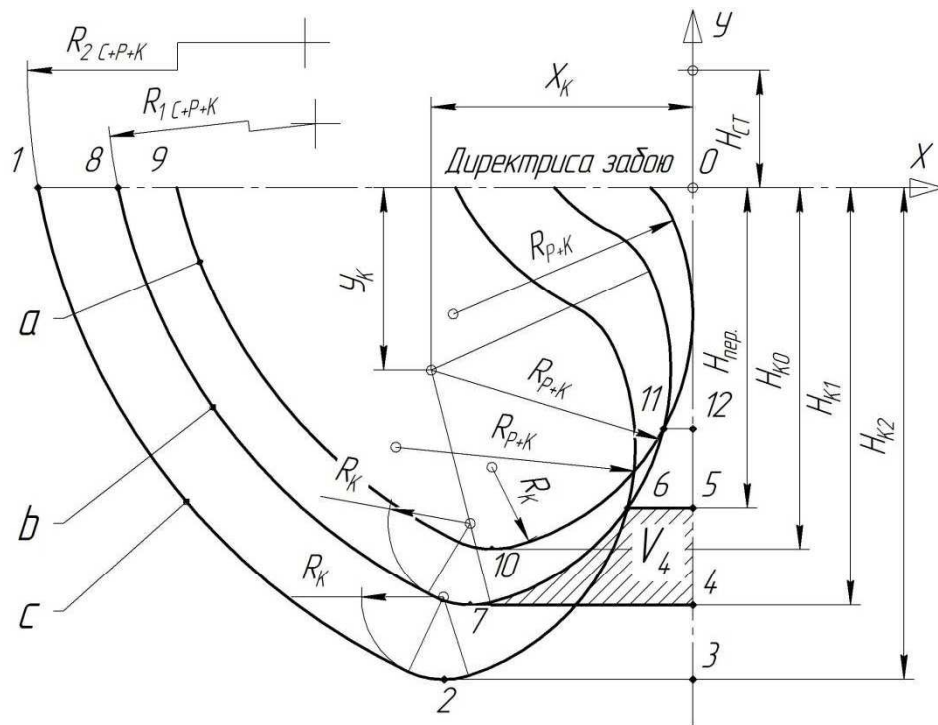


Рис. 7. Схема для визначення теоретичного об'єму копання ґрунту V_4 .

Визначаємо об'єм ґрунту V_4 (рис. 7), площа поперечного перетину якого позначена точками 4, 5, 6, 7:

$$V_4 = \pi \int_{H_{пер}}^{H_{к1}} \left[x_k - \sqrt{R_{p+k}^2 - (y_1 - y_k)^2} \right]^2 dy, \quad (10)$$

Таким чином теоретичний об'єм копання ґрунту телескопічним робочим обладнанням (рис. 8) дорівнюватиме:

$$V_{теор} = V_1 - V_2 + V_4 - V_3, \quad (11)$$

при цьому умовно приймаємо, що екскаватора розроблює ґрунт на 360° .

Технічний об'єм ґрунту, розроблюваний екскаватором на початку копання:

$$V_{теор}^\beta = \frac{V_{теор}}{360^\circ} \cdot \beta, \quad (12)$$

де β – кут обертання екскаватора від вісі руху.

Наприклад, технічний об'єм ґрунту, розроблюваний екскаватором на початку копання (кут обертання екскаватора від вісі руху $45^\circ + 45^\circ$) дорівнюватиме:

$$V_{теор}^{90^\circ} = \frac{V_{теор}}{360^\circ} \cdot 90^\circ. \quad (13)$$

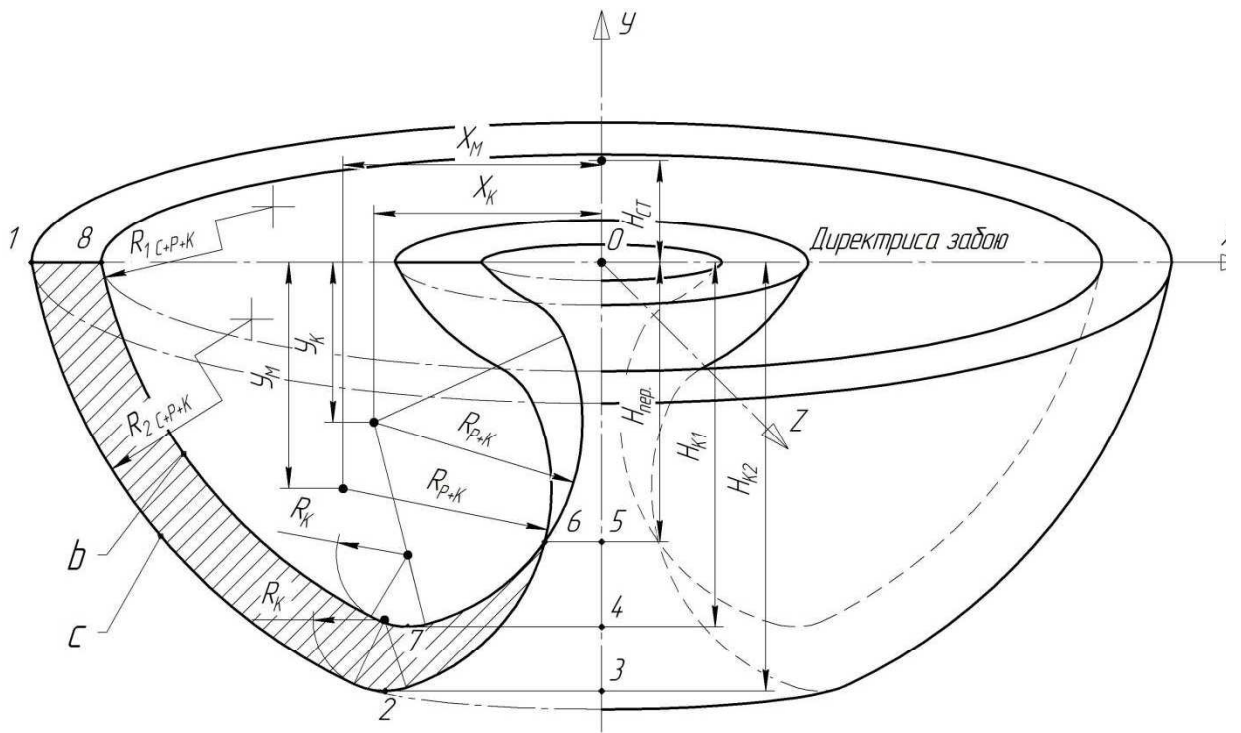


Рис. 8. Просторова схема для визначення теоретичного об'єму копання ґрунту (приймаємо, що РО розробляє ґрунт на 360°).

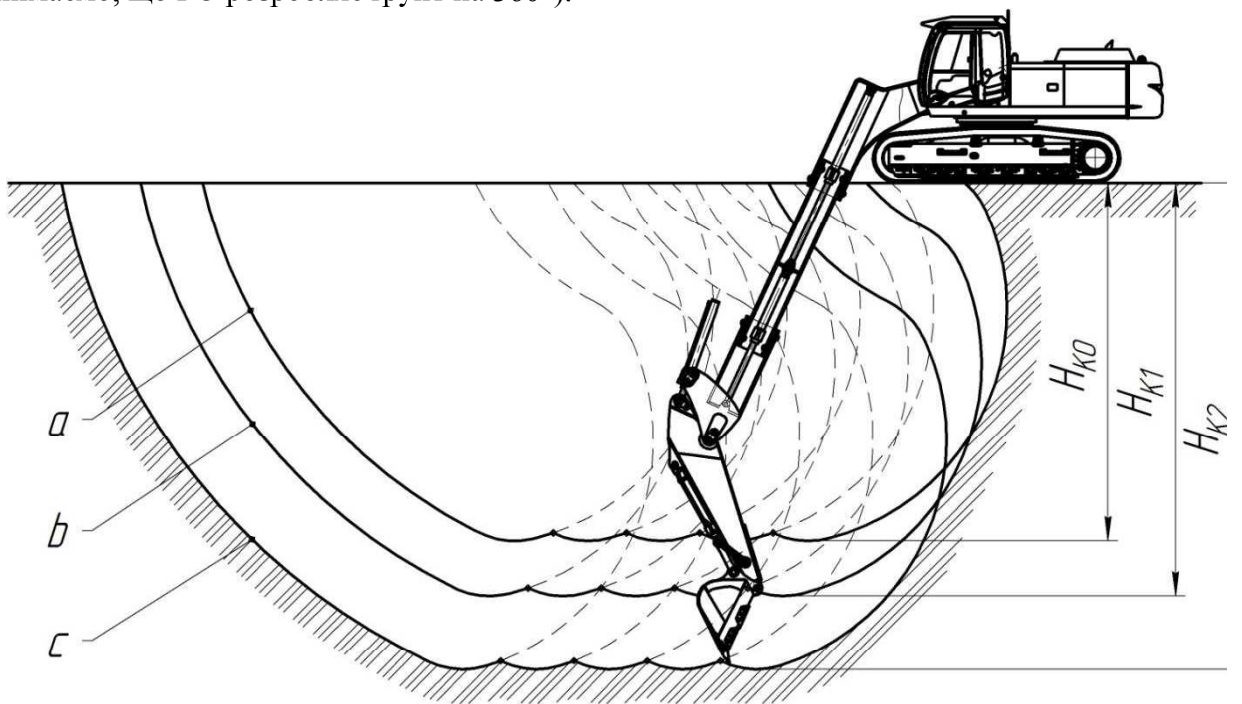


Рис. 9. Траєкторії копання ґрунту телескопічним робочим обладнанням: а – при традиційній конструкції робочого обладнання (обидва телескопа втягнуті); б – одна телескопічна частина стріли висунута; с – обидві телескопічні частини стріли висунуто.

При подальшій роботі екскаватора слід розглядати фігури, зображені на рисунках 9 та 10, де траєкторія копання традиційним робочим обладнанням (обидва телескопи втягнуто) позначена літерою *a*, а при обох висунутих телескопічних частинах – літерою *b*.

Тоді об'єм розроблюваного ґрунту слід визначати за наступними формулами:

- при традиційній конструкції робочого обладнання (обидва телескопа стріли втягнуто), (рис 10, а)

$$V_{mp} = V_{mp1} + V_{mp2} + V_{mp3} + V_{mpi} \quad (14)$$

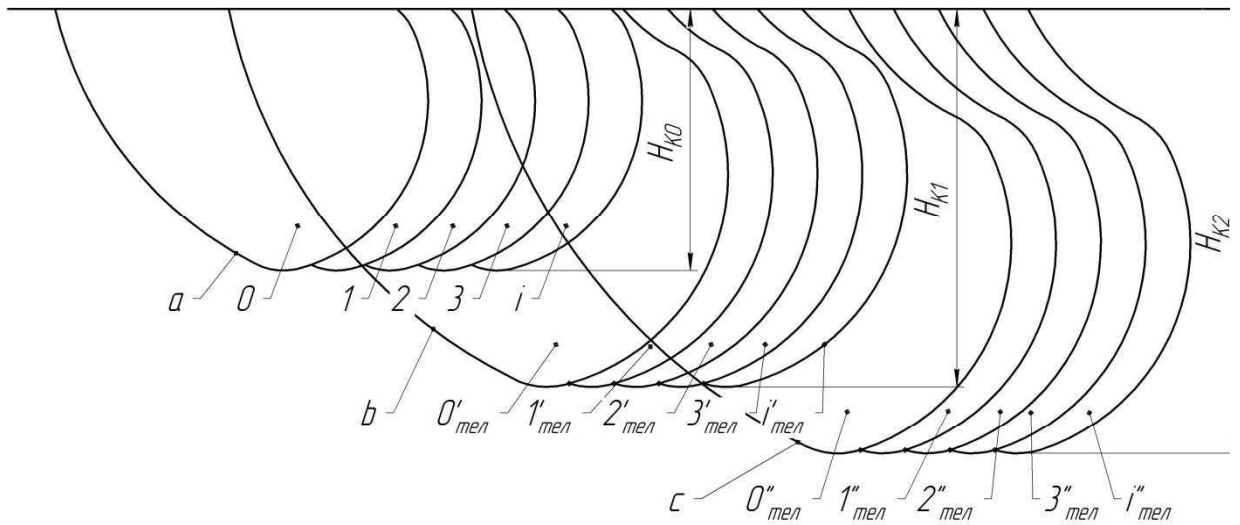


Рис. 10. Траекторії копання ґрунту телескопічним робочим обладнанням: а – при традиційній конструкції робочого обладнання (обидва телескопа втягнуті); б – одна телескопічна частина висунута; с – обидві телескопічні частини висунуто; 0, 0'_{тел}, 0''_{тел} – піонерний елемент забою (початкова стадія копання) при роботі традиційним робочим обладнанням (обидва телескопи втягнуто), з однією та двома висунутими телескопічними частинами стріли, відповідно; 1, 2, 3, i, 1'_{тел}, 2'_{тел}, 3'_{тел}, i'_{тел}, 1''_{тел}, 2''_{тел}, 3''_{тел}, i''_{тел} – елементи забою при подальшій розробці забою при роботі традиційним робочим обладнанням (обидва телескопи втягнуто) з однією та двома висунутими телескопічними частинами стріли, відповідно.

- при телескопічній конструкції робочого обладнання (один телескоп стріли висунуто), (рис 10, б)

$$V'_{тел} = V'_{тел1} + V'_{тел2} + V'_{тел3} + V'_{телi} \quad (15)$$

- при телескопічній конструкції робочого обладнання (обидва телескопи стріли висунуто), (рис 10, с)

$$V''_{тел} = V''_{тел1} + V''_{тел2} + V''_{тел3} + V''_{телi} \quad (16)$$

На основі запропонованої методики були проведені розрахунки по визначенню об'єму та маси розроблюваного ґрунту для традиційної (обидва телескопа втягнуто) та телескопічної конструкції робочого обладнання (рис. 2), результати яких наведено в таблицях 1 та 2 та побудовані гістограми. Були розглянуті зони роботи робочого обладнання, при куті роботи β° робочого обладнання на 90° , 180° , 270° , 360° та при копанні на ширину ковша. Для розрахунків при копанні на ширину ковша було взято параметричний ряд ковшів фірми Caterpillar, для робочого обладнання екскаватора 336D збільшеної довжини.

Таблиця 1.

Результати розрахунків по визначенню об'єму та маси розроблюваного ґрунту

| Традиційна конструкція робочого обладнання (обидва телескопи стріли втягнуто) | | | | |
|--|---------|---------|---------|---------|
| β , град | 90° | 180° | 270° | 360° |
| $H_{\text{коп.}}$, мм | 7324 | 7324 | 7324 | 7324 |
| V , м ³ | 422,13 | 844,3 | 1266,6 | 1688,2 |
| m , т | 764,1 | 1528,5 | 2292,21 | 3056,3 |
| Телескопічній конструкції робочого обладнання (один телескоп стріли висунуто) | | | | |
| β , град | 90° | 180° | 270° | 360° |
| $H_{\text{коп.}}$, мм | 8463 | 8463 | 8463 | 8463 |
| V , м ³ | 592,2 | 1184,4 | 1776,6 | 2368,8 |
| m , т | 1071,9 | 2143,77 | 3215,65 | 4287,54 |
| Телескопічній конструкції робочого обладнання (обидва телескопа стріли висунуто) | | | | |
| β , град | 90° | 180° | 270° | 360° |
| $H_{\text{коп.}}$, мм | 9965 | 9965 | 9965 | 9965 |
| V , м ³ | 878,6 | 1754,2 | 2635,8 | 3514,4 |
| m , т | 1590,27 | 3180,5 | 4770,8 | 6361 |

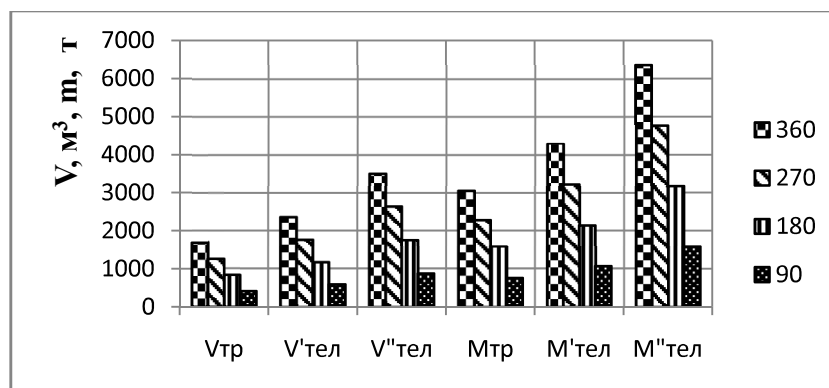


Рис. 11. Порівняльна гістограма показників об'єму та маси розроблюваного ґрунту для традиційного та телескопічного робочого обладнання при роботі робочого обладнання на 90°, 180°, 270°, 360°.

Таблиця 2.

Результати розрахунків по визначенню об'єму розроблюваного ґрунту при традиційній конструкції $POV_{\text{тр}}$ (обидва телескопи стріли втягнуто) та телескопічній конструкції $PO V_{\text{тел}}$ (обидва телескопи стріли висунуто)

| Об'єм ковша, м ³ | | Ширина ковша b , м | | Об'єм розроблюваного ґрунту, м ³ | | |
|-----------------------------|------|----------------------|------|---|-------------------|--------------------|
| | | | | $V_{\text{тр}}$ | $V'_{\text{тел}}$ | $V''_{\text{тел}}$ |
| v_1 | 0,44 | b_1 | 600 | 33,83 | 41,1 | 49,89 |
| v_2 | 0,59 | b_2 | 750 | 42,3 | 51,37 | 62,37 |
| v_3 | 0,86 | b_3 | 1000 | 56,4 | 68,5 | 83,66 |
| v_4 | 1,08 | b_4 | 1200 | 67,7 | 82,2 | 99,8 |
| v_5 | 1,13 | b_5 | 1250 | 70,5 | 85,62 | 103,95 |
| v_6 | 1,19 | b_6 | 1300 | 73,3 | 89,04 | 108,1 |
| v_7 | 1,30 | b_7 | 1400 | 78,95 | 95,9 | 116,42 |
| v_8 | 1,41 | b_8 | 1500 | 84,6 | 102,75 | 124,75 |

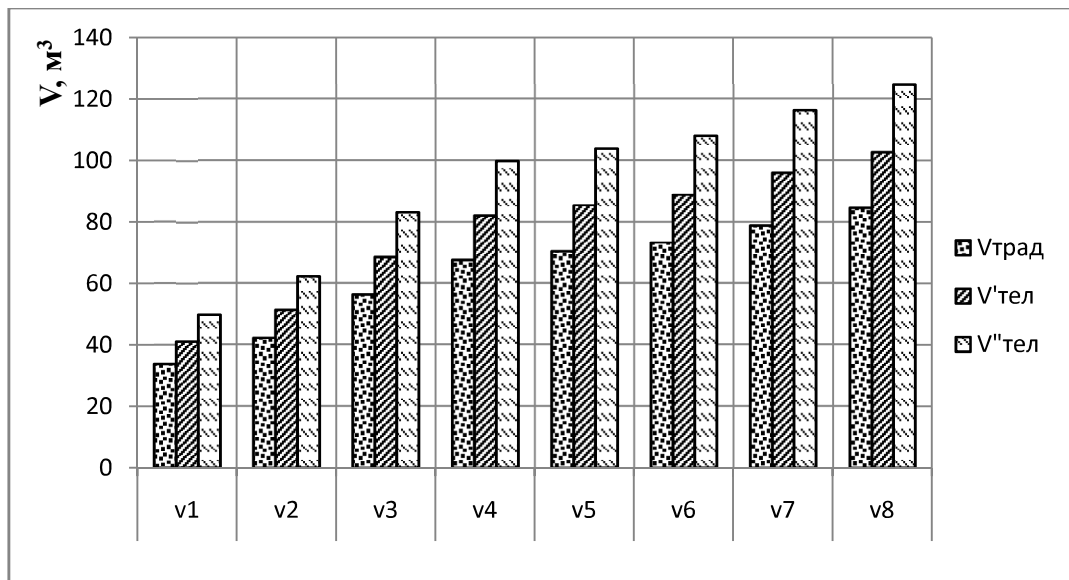


Рис. 12. Гістограма показників об'єму при копанні традиційним та телескопічним робочим обладнанням при одній та двох висунутих телескопічних частинах, на ширину ковша ($\beta=0^\circ$).

Висновки. 1. Застосування робочого обладнання з двосекційною телескопічною стрілою і традиційною рукояттю дозволяє збільшити глибину копання на 17.7% при висуванні одного телескопу стріли та на 36% при висуванні обох телескопів стріли, при цьому досягається збільшення об'єму ґрунту на 29% та 51%, відповідно (табл. 1, 2, рис. 11 - 12) при копанні з однієї стоянки екскаватора. 2. Проведені розрахунки за запропонованою методикою інтегральних обчислень підтверджують ефективність конструкції. Використання запропонованого робочого обладнання дозволяє збільшити об'єм розроблюваного ґрунту з однієї стоянки екскаватора, а також розширити функціональні можливості та діапазон виконуваних робіт.

ЛІТЕРАТУРА

1. Машины для земляных работ. Под общ. ред. чл.-кор. АН УССР проф. Ю.А. Ветрова. – 2-е изд., дораб. и доп. – Киев: Вища школа. Головное изд-во, 1981. – 275 с.
2. Машины для земляных работ: Навчальний посібник /Хмара Л.А., Кравець С.В., Нічке В.В., Назаров Л.В., Скоблюк М.П., Нікітін В.Г. Під загальною редакцією проф. Хмари Л.А. та проф. Кравця С.В. Рівне – Дніпропетровськ – Харків. – 2010. – 557 с.
3. Хмара Л.А. Оценка эффективности телескопического рабочего оборудования одноковшового гидравлического экскаватора. Сб. научных трудов: Строительство, материаловедение, машиностроение. ПГАСиА. Днепропетровск. 2002. Вып.15. С. 143-150.

4. Хмара Л.А. Тенденции совершенствования специализированного землеройного оборудования к тракторам и экскаваторам. Сб. научных трудов: Интенсификация рабочих процессов строительных и дорожных машин. Вып. 15. Дн-ск: ПГАСиА, 2002 - С. 4-27.

5. Хмара Л.А., Коваленко Р.В. Исследование процесса копания грунта одноковшовым гидравлическим экскаватором с телескопическим рабочим оборудованием. Вестник приднепровской государственной академии строительства и архитектуры. Днепропетровск: Gaudeamus. 2002. №8. – С.33-40.

6. Модернізація та підвищення продуктивності будівельних машин /Хмара Л.А., Колісник М.П., Станевський В.П. – К.: Будівельник, 1992. – 152 с.

7. Баловнев В.И., Хмара Л.А. Интенсификация разработки грунтов в дорожном строительстве. – М.: Транспорт. 1993. – 383 с.

8. Машины для земляных работ /Под ред. Гаркави Н.Г. – М.: Высш. шк. 1982. – 335 с.

9. Методические указания к выполнению курсового проекта «Одноковшовые гидравлические экскаваторы» к дисциплине «Машины для земляных работ» для студентов механических специальностей /Сост. В.К. Тимошенко, Л.А. Хмара, М.И. Деревянчук, И.А. Кулик. – Днепропетровск: ДИСИ, 1989. – 64 с.

УДК 621.878.25

Л.А. ХМАРА, докт. техн. наук., М.И. ДЕРЕВЯНЧУК, ст. преп.,

М.А. СПИЛЬНИК, асп., О.А. ПОТОЦКИЙ, магистр.

ГВУЗ «Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры»

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССА КОПАНИЯ ГРУНТА СКРЕПЕРОМ С ПОЛУКРУГЛЫМ ДНИЩЕМ И ЗАДНЕЙ СТЕНКОЙ МАЯТНИКОВОГО ТИПА

Введение. Скрепер является землеройно-транспортной машиной циклического действия, предназначенной для послойной разработки грунта и его транспортировки с последующей отсыпкой, частичным уплотнением и планировкой [1].

Самоходный скрепер с тяговой загрузкой наиболее простая и надежная в работе землеройно-транспортная машина. Однако в традиционной конструкции ковша скрепера существует ряд недостатков. Существуют технические решения, которые частично решают проблемы по загрузке, но не рассматривалась проблема по выгрузке. Поэтому