

УДК 621.878.25

ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ТЕЛЕСКОПІЧНОГО РОБОЧОГО ОБЛАДНАННЯ ОДНОКІВШЕВОГО ЕКСКАВАТОРА ТА ВИЗНАЧЕННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ

Л.А. Хмара, проф., д.т.н., О.О. Дахно, асп., Державний вищий навчальний заклад «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», м. Дніпропетровськ

Анотація. Розглянуті питання, пов'язані з оцінкою ефективності та визначенням продуктивності одноківшевого экскаватора при роботі робочим обладнанням з телескопічною рукояттю й телескопічними стрілою та рукояттю, у порівнянні з традиційним РО. Сформовано методіку визначення об'єму розроблюваного ґрунту, оцінки ефективності та продуктивності экскаватора з телескопічним РО, на основі якої було проведено розрахунки та побудовано графіки.

Ключові слова: экскаватор з телескопічним РО, телескопічна стріла, телескопічна рукоять, оцінка ефективності, продуктивність, об'єм ґрунту.

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕЛЕСКОПИЧЕСКОГО РАБОЧЕГО ОБОРУДОВАНИЯ ОДНОКОВШОВОГО ЭКСКАВАТОРА И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ

Л.А. Хмара, проф., д.т.н., О.А. Дахно, асп., Государственное высшее учебное заведение «Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры», г. Днепропетровск

Аннотация. Рассмотрены вопросы, связанные с оценкой эффективности и определением производительности одноковшового экскаватора при работе рабочим оборудованием с телескопической рукоятью и телескопическими стрелой и рукоятью, в сравнении с традиционным РО. Сформирована методика определения объема разрабатываемого грунта, оценки эффективности и производительности экскаватора с телескопическим РО, на основании которой были проведены расчеты и построены графики.

Ключевые слова: экскаватор с телескопическим РО, телескопическая стрела, телескопическая рукоять, оценка эффективности, производительность, объем грунта.

EVALUATION OF THE EFFICIENCY OF THE TELESCOPIC WORKING EQUIPMENT OF EXCAVATOR AND DETERMINING OF PRODUCTIVITY

L. Khmara, Prof., Dr., Eng. Sc., O. Dakhno, postgraduate, Prydniprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture, Dnipropetrovsk

Abstract. The article discusses issues related to the evaluation of the effectiveness and determination of productivity during operation of the excavator working equipment with a telescopic handle and a telescopic boom and handle compared to the traditional working equipment. Formed a method of determining the volume of excavated soil, evaluation of the effectiveness and productivity with telescopic excavator working equipment, on the basis of which were calculated and graphs plotted.

Key words: excavator working equipment, telescopic handle, telescopic boom, evaluation of effectiveness, productivity, volume of excavated soil.

Вступ

На сьогодні, у зв'язку з підвищенням об'ємів земляних робіт, збільшились і об'єми виробництва машин та різноманітного робочого обладнання для проведення цих робіт. Одним із головних напрямів удосконалення будівельних гідравлічних екскаваторів є збільшення продуктивності, зниження енерговитрат на розробку ґрунту, підвищення надійності та довговічності, розширення технологічних можливостей за рахунок можливості змінювати лінійні розміри робочого обладнання тощо [1–3, 10–13].

Розширення технологічних можливостей також пов'язане зі збільшенням повороту стріли, рукояті і ковша, розширенням номенклатури змінних робочих органів і змінного робочого обладнання.

Аналіз публікацій

У традиційних конструкціях робочого обладнання змінення лінійних параметрів екскаватора досягається за рахунок застосування змінного робочого обладнання (наприклад, змінної рукоятки більшої довжини), але вказане має деякі недоліки: трудомісткість заміни одного робочого органа іншим, ступінчаста зміна геометричних параметрів при заміні робочого обладнання [2–6].

Мета і постановка задачі

Метою роботи є формування методики оцінки ефективності одноківшового екскаватора з телескопічним робочим обладнанням, визначення об'єму копання ґрунту та його продуктивності на прикладі екскаваторів з телескопічною рукояттю й телескопічними стрілою і рукояттю, у порівнянні з екскаватором із традиційним робочим обладнанням (рис. 1).

Визначення продуктивності та оцінка ефективності роботи телескопічного РО екскаватора

Продуктивність – один з головних критеріїв ефективності однокішневих екскаваторів та одна з головних початкових величин загального розрахунку цих машин. Для оцінки ефективності й експлуатаційних властивостей землерийних машин та комплексів запропоновано ряд показників різноманітного призначення. Аналіз показника N/G (N – поту-

жність машини та G – маса машини) показує, що без чітких обмежень у методиці неможливо отримати однозначне розв'язання.

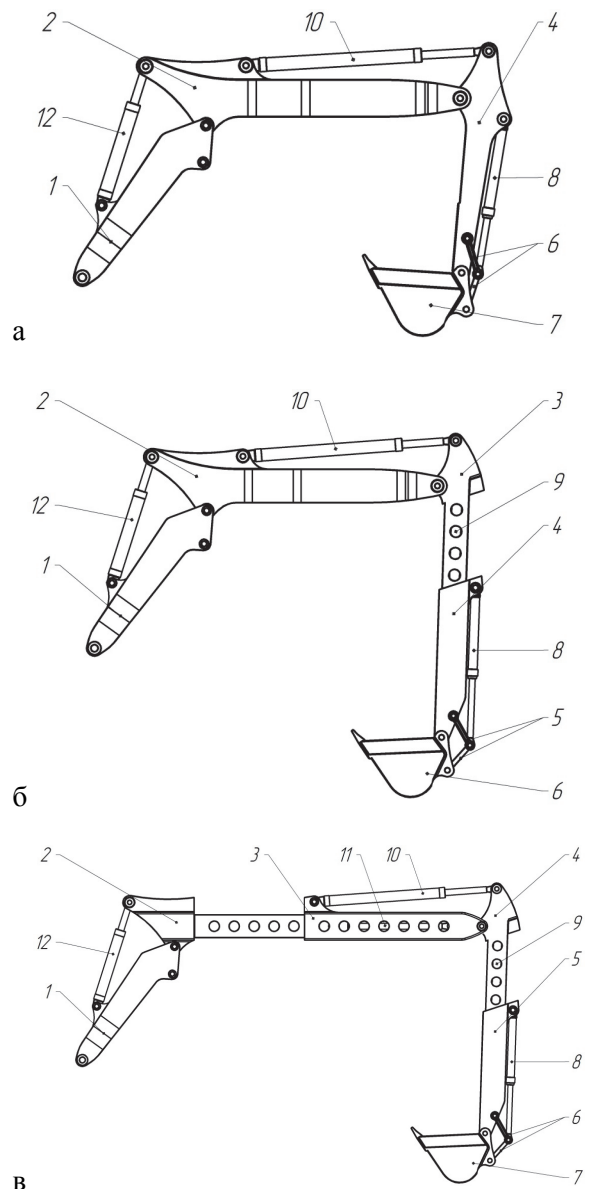


Рис. 1. Робоче обладнання екскаватора: а – традиційне робоче обладнання; б – робоче обладнання екскаватора з телескопічною рукояттю; в – робоче обладнання екскаватора з телескопічними стрілою та рукояттю; 1 – нижня частина стріли; 2 – верхня частина стріли; 3 – телескопічна секція стріли; 4 – рукоять; 5 – телескопічна секція рукояті; 6 – чотириланковий механізм; 7 – ківш; 8, 9, 10, 11, 12 – гідроциліндри

Аналіз питомих показників енергоємності та матеріалоємності $C_{уд} = G/\Pi$ (Π – продуктивність) дозволяє зробити більш визначений висновок. Для визначення ефективності ви-

користання машини за ступенем економії матеріальних, енергетичних і трудових затрат може бути використаний умовний узагальнений показник $\Pi_{NGw} = NGw / \Pi^3$, а показник $\Pi_{Gw} = NG / \Pi^2$ – для оцінки ефективності за ступенем економії матеріальних та енергетичних затрат.

За допомогою показника $w_{уд} = \Pi / w$ «виробіток на одного робітника» оцінюють економію трудових затрат, а показником Π – «продуктивність» – збільшення виробітку продукції за одиницю часу, де w – кількість робітників. Об'єктами для порівняння землерийних машин з багатоцільовими робочими

органами, такими як екскаватори з телескопічним РО, доцільно приймати вузькоспеціалізовані машини, кожна з яких призначена для виконання усього комплексу робіт, еквівалентного роботам, які виконуються земле-рийною машиною з робочим органом багатоцільового призначення.

Ефективність екскаваторів з телескопічним РО визначають на основі системи показників (табл. 1). Орієнтовна попередня оцінка ефективності конструкційних рішень машини з багатоцільовим робочим обладнанням може бути виконана на основі аналізу узагальненого показника Π_{NGw} .

Таблиця 1 Система показників для оцінки ефективності телескопічного робочого обладнання

Група оцінки	Показники	Загальна форма запису показників	Умови раціоналізації та оптимізації
1	Продуктивність	Π	$\Pi \rightarrow \max$
2	Виробіток на одного робітника	$w_{уд} = \frac{\Pi}{w}$	$w_{уд} \rightarrow \max$
3	Матеріалоємність	$G_{уд} = \frac{G}{\Pi}$	$G_{уд} \rightarrow \min$
4	Енергоємність	$N_{уд} = \frac{N}{\Pi}$	$N_{уд} \rightarrow \min$
5	Узагальнений показник енергоємності й матеріалоємності	$\Pi_{NG} = \frac{N_{уд}}{\Pi_{уд}};$ $\Pi_{NG} = \frac{NG}{\Pi^2}$	$\Pi_{NG} \rightarrow \min$
6	Узагальнений показник енергоємності, матеріалоємності й виробітку на одного робітника	$\Pi_{NGw} = \frac{N_{уд}}{\Pi_{уд} w_{уд}};$ $\Pi_{NGw} = \frac{NGn}{\Pi^3}$	$\Pi_{NGw} \rightarrow \min$
7	Час циклу, робочих та позациклових операцій	$t_{ц}, t_{пц.о}, t_{рi}$	$t_{ц} \rightarrow \min$ $t_{пц.о} \rightarrow \min$ $t_{рi} \rightarrow \min$
8	Глибина копання	$H_{к}$	$H_{к} \rightarrow \max$
9	Місткість ковша	q	$q \rightarrow \max$
10	Показник оцінки матеріалоємності глибини копання	$H_{G_{уд}} = \frac{G}{H_{к}}$	$H_{G_{уд}} \rightarrow \min$
11	Показник оцінки енергоємності глибини копання	$H_{N_{уд}} = \frac{N}{H_{к}}$	$H_{N_{уд}} \rightarrow \min$
12	Узагальнений показник економії енергоємності й матеріалоємності глибини копання	$\Pi_{NGH_{к}} = \frac{NG}{H_{к}^2}$	$\Pi_{NGH_{к}} \rightarrow \min$
13	Об'єм ґрунту, що розробляється з однієї стоянки екскаватора	$V_{тех.i}$	$V_{тех.i} \rightarrow \max$

Ефективність визначають порівнянням показників Π_{NGw_M} та Π_{NGw_K} – багатоцільової машини та комплекту машин одноцільового призначення, що виконують ті самі види робіт відповідно.

$$\Pi_{NGw_M} = \frac{\sum_1^{n'} N_i \left(\sum_1^k G_j + G_M \right) w_p p_{n_p}}{\sum_{1,1}^{k,Q} \left(\Pi_{jq} p_j p_q \right)^3},$$

де n' – кількість двигунів, встановлених на машині; k – кількість робочих органів, які забезпечують виконання відповідних видів робіт; Q – умови експлуатації (типи ґрунтів, вологість і т.д.); Π_{jq} – продуктивність на кожному виді робіт та умов експлуатації; p_j – вірогідність появи відповідних видів робіт; p_q – вірогідність появи відповідних умов експлуатації; G_j – маса (сила тяжіння) елементів робочого обладнання, які забезпечують виконання відповідних видів робіт; w_p – кількість робочих, які обслуговують машину; p_{w_p} – вірогідність одночасної появи робочих, які обслуговують машину.

Комплект машин, які виконують ті ж самі види робіт, що й машина з багатоцільовим робочим органом, оцінюється за показником, Π_{NGw_K} , який записується в такому вигляді

$$\Pi_{NGw_K} = \sum_{1,1}^{k,Q} \Pi_{NGw_{jq}},$$

де $\Pi_{NGw_{jq}}$ – узагальнений показник ефективності машини комплекту на k -му виді робіт та Q умов експлуатації.

Систему показників оцінки ефективності телескопічного робочого обладнання однокішневих екскаваторів доповнено визначенням значень додаткових показників [10, 11]

$$q, H_K, \frac{G}{q}, \frac{N}{q}, \frac{GN}{q^2}, \frac{G}{H_K}, \frac{N}{H_K}, \frac{GN}{H_K^2}, \frac{G^2 N^2}{q^2 H_K^2}.$$

Розрахунки продуктивності та встановлення робочих розмірів екскаваторів при їх проектуванні безпосередньо пов'язані з об'ємом розроблюваного ґрунту.

Окреслення поверхні ґрунтового масиву визначається робочими траєкторіями ковша. Вони змінюються у міру виїмки ґрунту, але для характеристики форми та розмірів забою достатньо зафіксувати кінцеві траєкторії, що обмежують об'єм ґрунту, розроблюваного з однієї стоянки екскаватора.

Оскільки екскаватори – поворотні машини, виїмка ґрунту відбувається у радіальних напрямках, а поверхня розробленого масиву має вигляд поверхні обертання. Загальна параметрична схема зображена на рис. 2.

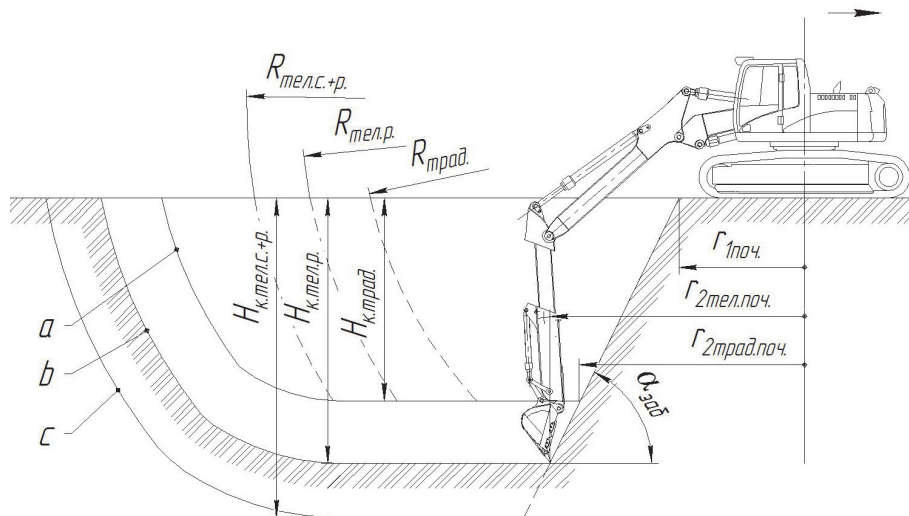


Рис. 2. Загальна параметрична схема для визначення об'єму копання ґрунту: a – траєкторія копання при традиційній конструкції робочого обладнання; b – те саме, при виштовхнутому телескопічній рукояті або стрілі; c – те саме, при виштовхнутих телескопах стріли та рукояті; $R_{тел}$, $R_{трад.р}$, $R_{трад.с+р}$ – максимальні радіуси копання традиційним РО та РО з телескопічною рукояттю або стрілою, стрілою та рукояттю відповідно; $\alpha_{заб}$ – кут ухилу забою

Таким чином, елемент забою являє собою оболонку усіченого конуса, товщина якої дорівнює відстані переміщення екскаватора $l_{пер}$, тоді формула для визначення теоретичного i -го об'єму розроблюваного ґрунту з однієї стоянки екскаватора має вигляд

$$V_{тех.i} = \beta \left[\frac{H_k}{6\pi} \left((r_1^2 + r_1 r_2 + r_2^2) - (r_{2поч}^2 + r_{1поч} r_{2поч} + r_{2поч}^2) \right) \right],$$

де β – кут повороту екскаватора від осі руху (рад), H_k – задана глибина копання, r_1, r_2 – радіуси роботи у площині стоянки екскаватора та на дні забою відповідно, $r_{1поч}, r_{2поч}$ – початкові радіуси роботи копання у площині стоянки екскаватора та на дні забою відповідно (рис. 3).

Кут β залежить від ширини проходки B , яку визначають залежності від найбільшого радіуса копання зворотної лопати R , та глибини виїмки H_k ; при розробці ґрунту з навантаженням у транспортний засіб її приймають: $B=(1,2-1,3)R$, а при відсипці у відвал –

$B=(0,5-0,8)R$. При односторонній подачі транспортних засобів вісь шляху екскаватора зміщують в їх сторону, а ширина лобової проходки становить $B=1,3R$, при двосторонній подачі – $B=(1,6-1,7)R$ [8].

Радіуси роботи робочого обладнання у площині стоянки екскаватора та на дні забою дорівнюють

$$r_{1поч} = h_{ш} \tan(90^\circ - \alpha_{заб}) + \left(\frac{1}{2} B + 1 \text{ м} \right);$$

$$r_{2поч} = (H_k + h_{ш}) \tan(90^\circ - \alpha_{заб}) + \left(\frac{1}{2} B + 1 \text{ м} \right);$$

$$r_2 = \sqrt{R^2 - (H_k + h_{ш})^2};$$

$$r_1 = r_2 - r_{2поч} + r_{1поч};$$

$$l_{пер} = r_2 - r_{1поч} \rightarrow \max,$$

де B – база екскаватора, 1 м – мінімальна відстань від опор екскаватора до верхньої бровки відкосу виїмки, за умови дотримання допустимого кута відкосу забою $\alpha_{заб} = 38-90^\circ$ залежно від типу ґрунту [8].

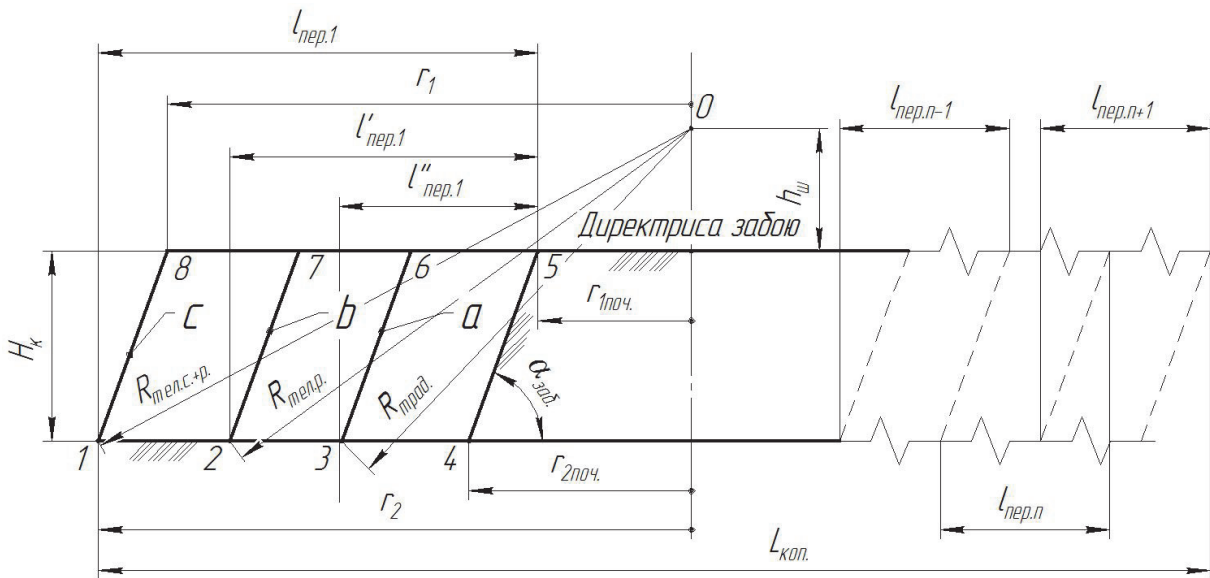


Рис. 3. Параметрична схема для визначення об'єму копання ґрунту телескопічним РО та традиційним РО за заданої глибини копання H_k : a, b, c – траєкторії копання традиційним робочим обладнанням та з телескопічними рукояттю, стрілою та рукояттю відповідно; $l_{пер.1}, l_{пер.n-1}, l_{пер.n}, l_{пер.n+1}$ – перша та наступні відстані переміщення екскаватора з телескопічним РО відповідно; $l'_{пер.1}$ – відстань переміщення екскаватора з телескопічною рукояттю; $l''_{пер.1}$ – відстань переміщення екскаватора з традиційним РО; $h_{ш}$ – відстань від площини стоянки екскаватора (директриси забою) до шарніру кріплення стріли

Зменшення кількості переміщень n екскаватора здійснюється за рахунок збільшення довжини одного переміщення $l_{\text{пер}}$, що досягається за рахунок збільшення лінійних розмірів робочого обладнання екскаватора та максимального радіуса копання; $R \rightarrow \max$, у традиційних конструкціях, наприклад, використовують змінні рукояті більшої довжини або телескопічне робоче обладнання.

На рис. 3 площу поперечного перерізу елемента забою традиційного РО позначено точками 2, 3, 4, 5, а площу поперечного перерізу елемента забою телескопічного РО – точками 1, 3, 4, 6.

Об'єм розроблюваного ґрунту в забої дорівнюватиме

$$V_{\text{заб}} = V_{\text{тех.1}} + V_{\text{тех.2}} + V_{\text{тех.3}} + \dots + V_{\text{тех.i-1}} + V_{\text{тех.i}} + V_{\text{тех.i+1}}$$

$$V_{\text{заб}} = \sum_1^n V_{\text{тех.i}}$$

Щоб розробити одноківшевим екскаватором порцію ґрунту, необхідно виконати у певній послідовності комплекс технологічних операцій: відділення від масиву та забирання ґрунту, переміщення ґрунту в межах дії ковша, навантаження ґрунту в транспортний засіб або укладання у відвал чи земляну споруду.

Зазвичай в розрахунках продуктивності одноківшевих екскаваторів час робочого циклу визначається чотирма інтервалами:

– підймання ковша з поворотом рукояті для відділення від масиву та забирання ґрунту (копання) – $t_{\text{коп}}$;

– поворот платформи при навантаженні ковша та установка її в напрямку розвантаження ковша – $t_{\text{п.в}}$;

– утримання ковша над місцем розвантаження – $t_{\text{роз}}$;

– зворотний поворот та встановлення платформи в напрямку наступного копання з одночасним опусканням ковша – $t_{\text{п.п}}$.

Тоді час робочого циклу визначається за формулою

$$t_{\text{ц}} = t_{\text{коп}} + t_{\text{п.в}} + t_{\text{роз}} + t_{\text{п.п}}$$

У реальних умовах проведення земляних робіт, крім названих технологічних операцій,

необхідно виконувати додаткові операції – позациклові операції, такі як власні переміщення екскаватора на нову стоянку після розробки забою в межах дії ковша (рис. 4).

Експлуатаційна продуктивність екскаватора для розробки ґрунту з однієї стоянки визначається за формулою при одній позацикловій операції (наприклад, переміщення екскаватора на нове місце стоянки)

$$\Pi_{\text{експ.1}} = \frac{V_{\text{тех.i}}}{T_1} = \frac{q_{\text{г}} m_1}{t_{\text{ц}} m_1 + t_{\text{пц.о}}} = \frac{q_{\text{г}}}{t_{\text{ц}} + \frac{t_{\text{пц.о.1}}}{m_1}},$$

де T_1 – період часу при одній позацикловій операції; $t_{\text{пц.о.1}}$ – час позациклової операції ($t_{\text{пц.о.1}} = t_{\text{пер}}$),

$$T_i = t_{\text{пц.о.i}} + \sum_1^{m_1} t_{\text{ц}}; \quad T' = \sum_1^n T_i,$$

де m_1 – кількість робочих циклів у періоді позациклової операції, $t_{\text{пер}}$ – час на переміщення екскаватора; T' – загальний час роботи екскаватора за n – періодів позациклової операції.

$$m_1 = \frac{V_{\text{тех.i}}}{q_{\text{г}}}; \quad q_{\text{г}} = q \frac{k_{\text{нап}}}{k_{\text{роз}}},$$

де $q_{\text{г}}$ – середній об'єм ґрунту в щільному тілі в ковші екскаватора; q – геометрична місткість ковша; $k_{\text{нап}}$, $k_{\text{роз}}$ – коефіцієнти наповнення та розпушення ґрунту відповідно.

Робочий процес відбувається з двома та більше різноманітними операціями, які характеризуються відповідними значеннями n , T та $t_{\text{пц.о.i}}$:

$$\Pi_{\text{експ.i}} = \frac{V_{\text{тех.i}}}{T_i} = \frac{q_{\text{г}}}{t_{\text{ц}} + \frac{t_{\text{пц.о.1}}}{m_1} + \frac{t_{\text{пц.о.2}} - t_{\text{пц.о.1}}}{m_2} + \dots + \frac{t_{\text{пц.о.i}} - t_{\text{пц.о.i-1}}}{m_i}}$$

$$\Pi_{\text{експ.i}} = \frac{V_{\text{тех.i}}}{T_i} = \frac{\sum_1^n V_{\text{тех.i}}}{\sum_1^n \left(\sum_1^{m_i} t_{\text{ц}} + t_{\text{пц.о}} \right)}$$

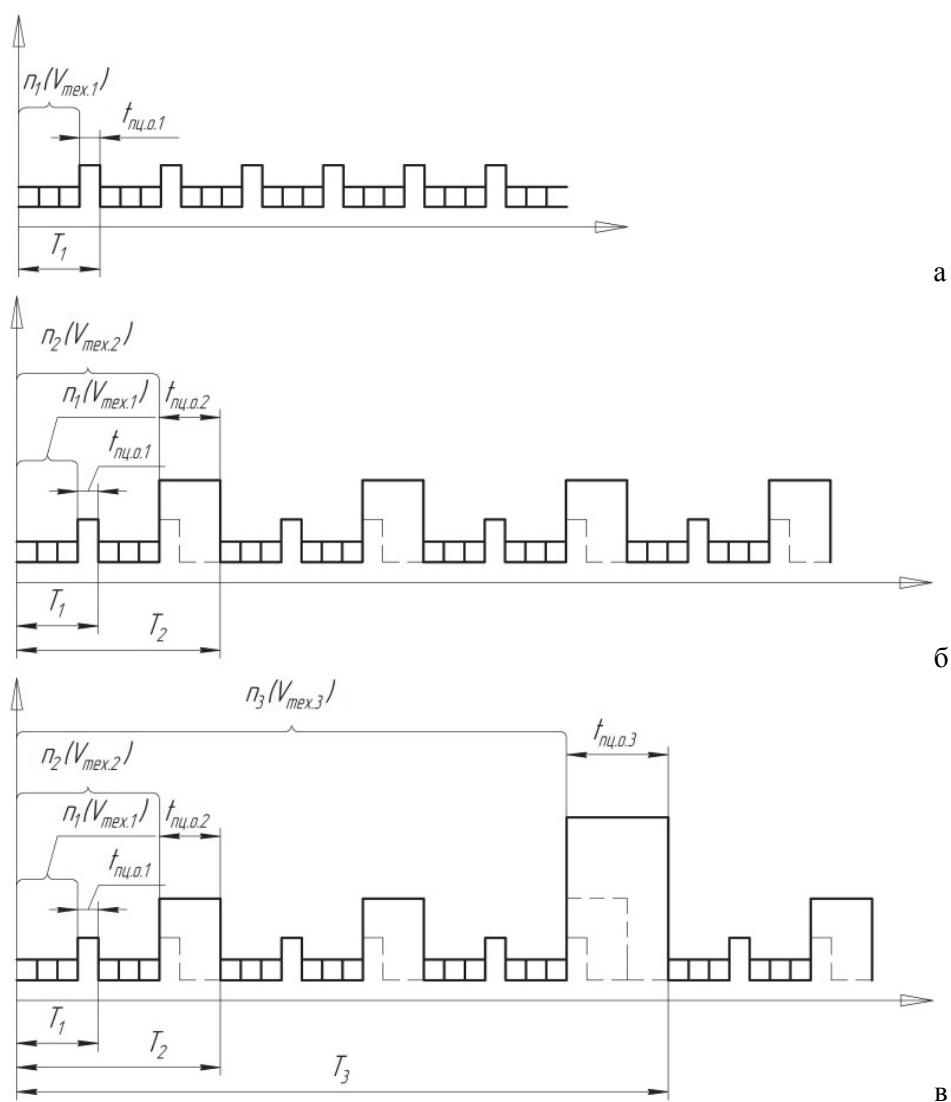


Рис. 4. Схема робочого процесу одноківшевого екскаватора при виконанні періодичних позациклових операцій: а – однієї; б – двох; в – трьох

Відповідно до запропонованої методики було проведено оцінку ефективності роботи одноківшевого екскаватора Cat 312D, оснащеного робочим обладнанням з телескопічною рукояттю, та того ж екскаватора, оснащеного робочим обладнанням з телескопічними стрілою та рукояттю, у порівнянні з традиційним робочим обладнанням, на прикладі каналу глибиною 3 м, шириною 10 м та довжиною 100 м.

У табл. 2 наведено технічну характеристику екскаватора Cat 312D та деякі результати оцінки ефективності.

Також побудовано графіки залежності експлуатаційної продуктивності $P_{\text{екс}}$, питомої енергоємності й питомої матеріалоемності від кількості пересувань n та довжини копання $L_{\text{коп}}$ (рис. 5, 6, 7).

Таблиця 2 Технічні характеристики екскаватора Cat 312D з різноманітним робочим обладнанням та результати оцінки ефективності

Марка екскаватора	Caterpillar 312D		
Потужність N , кВт	72		
Місткість ковша q , м ³	0,43		
Швидкість пересування, км/год	5,5		
Тип РО екскаватора	традиційне	телескопічна рукоять	телескопічні стріла та рукоять
Маса (сила тяжіння) екскаватора G , кН	138,321	141,215	151,27

Закінчення табл. 2

Максимальна глибина копання H_k , мм	5240	6350	7420
Максимальний радіус копання R , мм	8490	9654	11250
Розрахунковий час робочого циклу $t_{ц}$, с	15	15,1	15,13
Час на переміщення екскаватора $t_{пер}$, с	7,98	8,85	10,0
Кут повороту екскаватора від осі руху β , град.	90	90	90
Розрахункова ширина проходки B , м	11,85	13,515	15,790
Об'єм ґрунту, розроблюваного з однієї стоянки екскаватора $V_{тех.i}$, м ³	89,77	137,15	212,66
Показник оцінки матеріалоемності глибини копання $H_{G_{уд}}$, кН/м	26,39	22,24	20,389
Показник оцінки енергоємності глибини копання $H_{G_{уд}}$, кВт/м	13,74	11,34	9,7

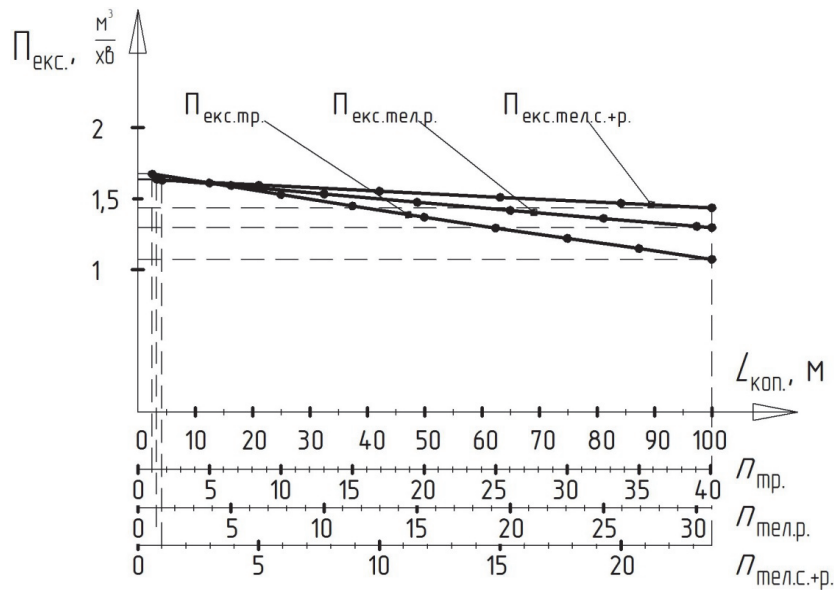


Рис. 5. Графіки залежності експлуатаційної продуктивності $\Pi_{екс}$ від кількості пересувань n та довжини копання $L_{коп}$: $\Pi_{екс.тр.}$, $\Pi_{екс.тел.р.}$, $\Pi_{екс.тел.с.+р.}$ – експлуатаційна продуктивність для машин із традиційним РО, РО з телескопічною рукояттю та телескопічними стрілою та рукояттю відповідно

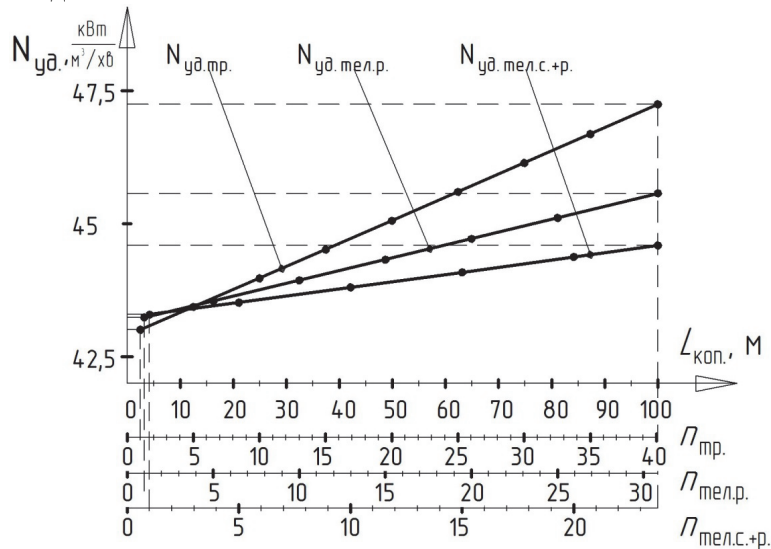


Рис. 6. Графіки залежності питомої енергоємності від кількості пересувань n та довжини копання $L_{коп}$: $N_{уд.тр.}$, $N_{уд.тел.р.}$, $N_{уд.тел.с.+р.}$ – питома енергоємність із традиційним РО, РО з телескопічною рукояттю та робочого обладнання з телескопічними стрілою та рукояттю відповідно

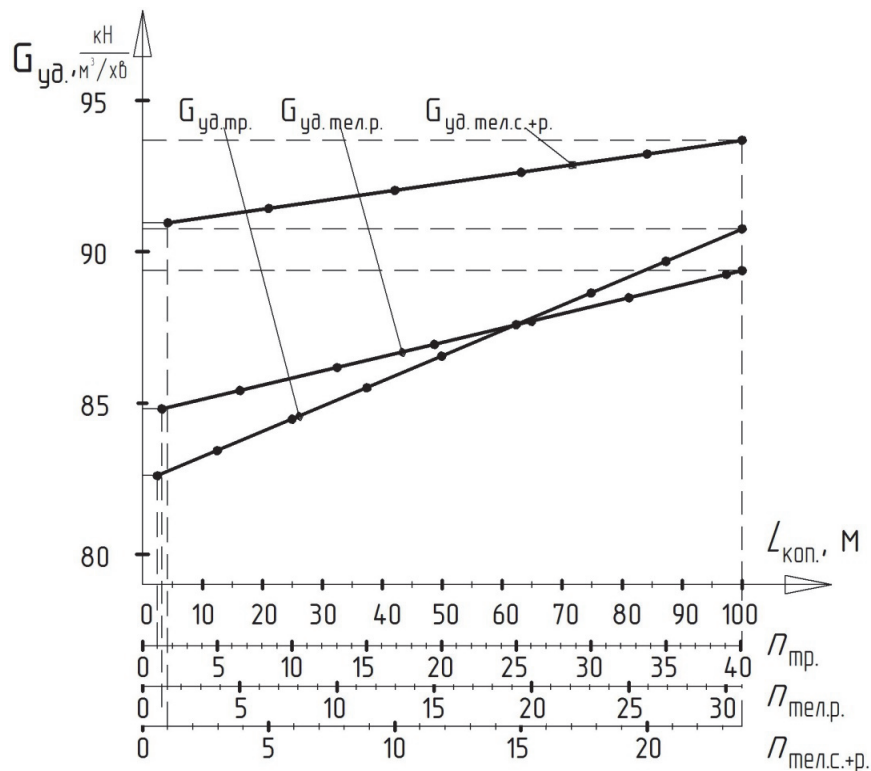


Рис. 7. Графік залежності питомої матеріалоемності від кількості пересувань n та довжини копання $L_{\text{коп.}}$: $G_{\text{уд.тр.}}$, $G_{\text{уд.тел.р.}}$, $G_{\text{уд.тел.с.р.}}$ – питома матеріалоемність для екскаватора з традиційним РО, РО з телескопічною рукояттю та робочого обладнання з телескопічними стрілою та рукояттю відповідно

Екскаватор, оснащений телескопічним робочим обладнанням (як телескопічною рукояттю, так і телескопічними стрілою та рукояттю), є найкращим вибором для застосування на спеціальних роботах, таких як чистове оформлення відкосів, очистка, обслуговування, а також видалення рослинності з берегів і дна річок та каналів, екскавація широких та глибоких котлованів. Після закінчення виконання спеціальних робіт оператор може за лічені секунди змінити лінійні параметри робочого обладнання до розмірів традиційного РО, в той час як заміна додаткових вставок та секцій для традиційного робочого обладнання займає декілька годин і потребує до п'яти робітників.

Кожен раз, коли необхідно копати глибоко вниз чи далеко вперед, телескопічне робоче обладнання дозволяє отримати необхідний виліт, який неможливо отримати з використанням традиційного РО. Телескопічне РО можна застосовувати у вузьких місцях та поблизу перешкод, наприклад, мостів чи повітряних кабелів, на тих роботах, де використання великого 35-тонного екскаватора є

неможливим, а традиційному РО не вистачає вильоту.

Висновки

Застосування робочого обладнання з телескопічною рукояттю та телескопічними стрілою та рукояттю дозволяє збільшити глибину копання на 21,2 % та 40,6 % відповідно, порівняно з традиційним робочим обладнанням; при цьому об'єм ґрунту, що розробляється з однієї стоянки екскаватора, збільшується на 52,7 % та 136,8 % відповідно (рис. 5). Використання подібного робочого обладнання дозволяє значно розширити функціональні можливості за рахунок збільшення геометричних параметрів, а також розширити 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. – К.: Вища школа. Головное изд-во, 1981. – 274 с.
2. Машины для земляных работ: навчальний посібник / Л.А. Хмара, С.В. Кравець,

- В.В. Нічке та ін.; за заг. ред. проф. Хмари Л.А. та проф. Кравця С.В. – Рівне–Дніпропетровськ–Харків, 2010. – 558 с.
3. Хмара Л.А. Оценка эффективности телескопического рабочего оборудования одноковшового гидравлического экскаватора / Л.А. Хмара // Строительство, материаловедение, машиностроение: сб. науч. тр. – 2002. – Вып. 4. – С. 143–150.
 4. Хмара Л.А. Тенденции совершенствования специализированного землеройного оборудования к тракторам и экскаваторам / Л.А. Хмара // Интенсификация рабочих процессов строительных и дорожных машин: сб. науч. тр. – 2002. – Вып. 15. – С. 4–27.
 5. Хмара Л.А. Исследование процесса копания грунта одноковшовым гидравлическим экскаватором с телескопическим рабочим оборудованием / Л.А. Хмара, Р.В. Коваленко // Вестник Приднепровской государственной академии строительства и архитектуры. – 2002. – №8. – С. 33–40.
 6. Хмара Л.А. Модернізація та підвищення продуктивності будівельних машин / Л.А. Хмара, М.П. Колісник, В.П. Станевський. – К.: Будівельник, 1992. – 152 с.
 7. Баловнев В.И. Интенсификация разработки грунтов в дорожном строительстве / В.И. Баловнев, Л.А. Хмара. – М.: Транспорт, 1993. – 384 с.
 8. Беляков Ю.И. Земляные работы / Ю.И. Беляков, А.Л. Левинзон, В.А. Галимуллин. – 2-е изд. перераб. и доп. – М.: Стройиздат, 1990. – 280 с.
 9. Машины для земляных работ / под ред. Гаркави Н.Г. – М.: Высш. шк., 1982. – 335 с.
 10. Хмара Л.А. Телескопічне робоче обладнання гідравлічного экскаватора, оцінка його ефективності та визначення об'єму копання ґрунту / Л.А. Хмара, О.О. Дахно // Строительство, материаловедение, машиностроение: сб. науч. тр. – 2012. – Вып. 66. – С. 29–37.
 11. Хмара Л.А. Визначення теоретичного об'єму копання ґрунту одноківшевим экскаватором з телескопічним робочим обладнанням / Л.А. Хмара, О.О. Дахно // Строительство, материаловедение, машиностроение: сб. науч. тр. – 2012. – Вып. 66. – С. 38–49.
 12. Хмара Л.А. Формування та оцінка ефективності телескопічного робочого обладнання одноківшевого гідравлічного экскаватора / Л.А. Хмара, О.О. Дахно // Строительство, материаловедение, машиностроение: сб. науч. тр. – 2011. – Вып. 63. – С. 142–154.
 13. Хмара Л.А. Телескопічне робоче обладнання одноківшевого гідравлічного экскаватора / Л.А.Хмара, О.О. Дахно, А.С. Ліснічук // Строительство, материаловедение, машиностроение: сб. науч. тр. – 2011. – Вып. 63. – С. 155–164.

Рецензент: Є.С. Венцель, професор, д.т.н., ХНАДУ.

Стаття надійшла до редакції 7 липня 2014 р.