

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

## ТЕЛЕСКОПІЧНЕ РОБОЧЕ ОБЛАДНАННЯ ОДНОКІВШЕВОГО ЕКСКАВАТОРА ТА ОЦІНКА ЙОГО ЕФЕКТИВНОСТІ

*У статті розглядаються питання конструкцій телескопічного робочого обладнання одноківшевого гідравлічного екскаватора, а саме телескопічні рукояті, а також порушуються питання оцінювання ефективності. Запропоновано методику, за якою слід оцінювати ефективність екскаватора з телескопічним робочим обладнанням, на основі котрої встановлено значення основних показників, та методику визначення теоретичного об'єму розроблюваного ґрунту й побудовані гістограми.*

**Ключові слова:** телескопічна рукоять, оцінювання ефективності, об'єм ґрунту.

**Постановка проблеми в загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими та практичними завданнями.** В теперішній час, у зв'язку з підвищенням об'ємів земляних робіт, збільшилися і обсяги виробництва машин та різноманітного робочого обладнання для цих робіт. Одним із головних напрямів удосконалення будівельних гідравлічних екскаваторів є збільшення продуктивності, зниження енерговитрат на розроблення ґрунту, підвищення надійності та довговічності, розширення технологічних можливостей за рахунок можливості змінювати лінійні розміри робочого обладнання тощо [1, 2, 3].

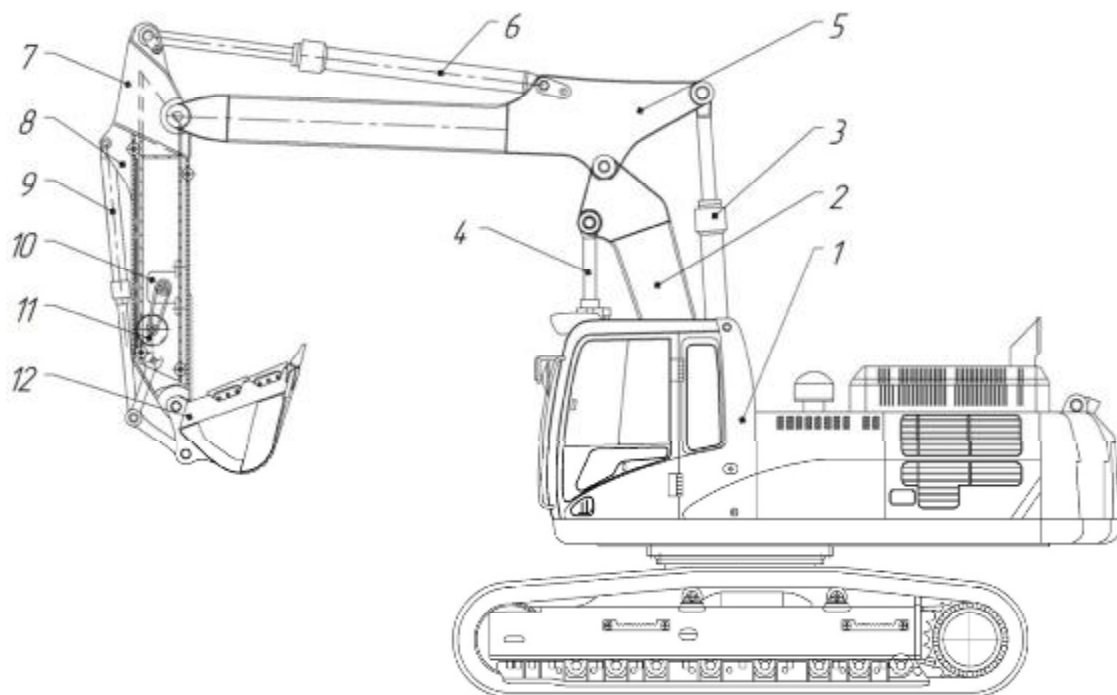
Розширення технологічних можливостей також пов'язане зі збільшенням повороту стріли, рукояті і ковша, розширенням номенклатури змінних робочих органів і змінного робочого обладнання.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій, у яких започатковано розв'язання даної проблеми й на які спирається автор.** В традиційних конструкціях робочого обладнання зміна лінійних параметрів екскаватора досягається за рахунок застосування змінного робочого обладнання (наприклад, змінної рукоятки більшої довжини), але це має деякі недоліки: трудомісткість заміни одного робочого органа іншим, ступінчаста зміна геометричних параметрів при заміні робочого обладнання [2, 3, 4, 5, 6].

**Формулювання цілей статті (постановка завдання).** Розроблення вдосконаленої конструкції робочого обладнання гідравлічного екскаватора, в якому для зміни геометричних параметрів використовують телескопічні елементи, а саме телескопічну рукоять, а також оцінювання його ефективності.

**Виклад основного матеріалу дослідження з повним обґрунтуванням отриманих наукових результатів.** Використання телескопічних механізмів у робочому обладнанні екскаватора усуває недоліки, які виникають при застосуванні традиційного робочого обладнання. Робоче обладнання з телескопічною рукояттю дозволяє плавно і безступінчасто змінювати параметри робочого обладнання [1, 4, 5, 6, 7, 8].

Удосконалення робочого обладнання цього типу відбувається в таких напрямках: зменшення маси, підвищення надійності телескопічних вузлів, збільшення ходу рухомих секцій, підвищення зусиль на ріжучій кромці, а також удосконалення систем гідропривода.

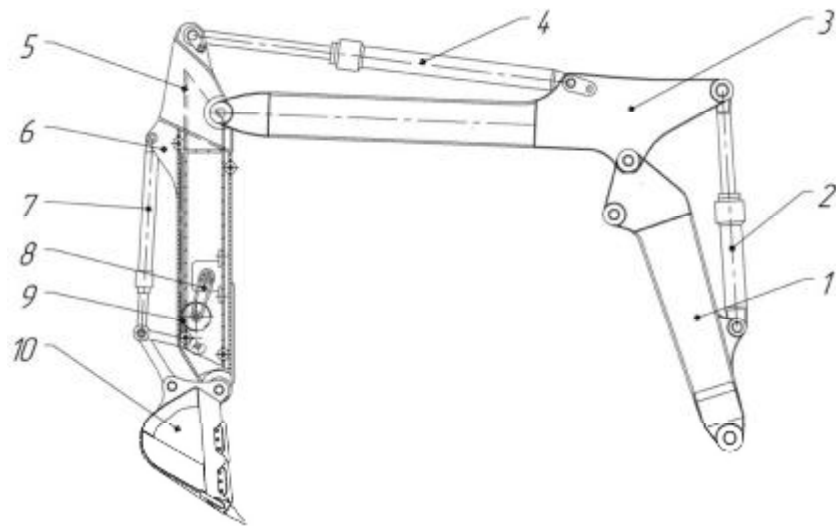


**Рис. 1.** Загальний вигляд одноківшевого екскаватора з телескопічною рукояттю: 1 – базовий трактор; 2 – нижня частина стріли; 3, 4, 6, 9 – гідроциліндри; 5 – верхня частина стріли; 7 – рукоять; 8 – висувна секція рукояті; 10 – гідромотор; 11 – зубчасто-рейковий механізм; 12 – ківш

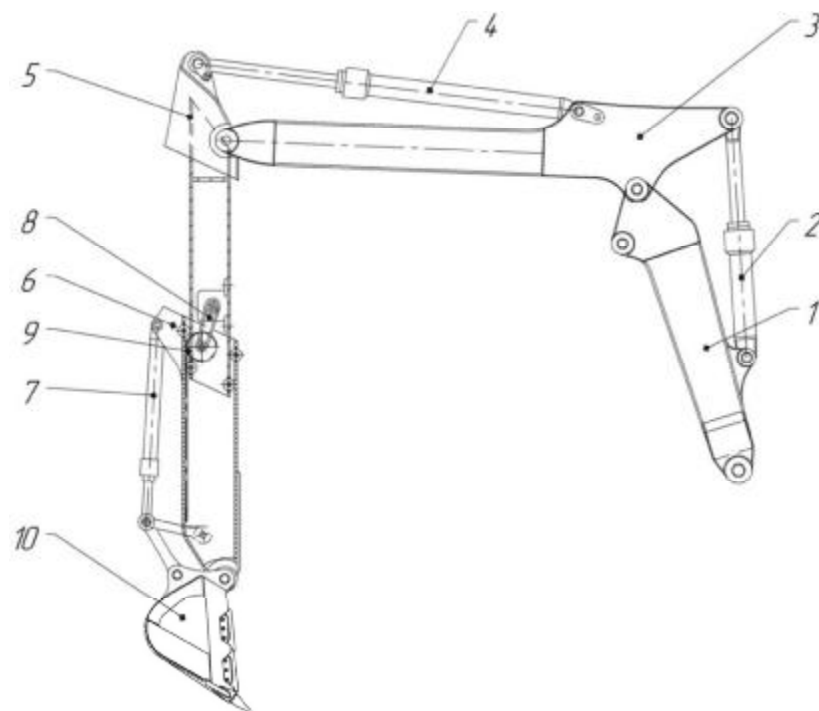
Авторами статті запропоновано нову конструкцію робочого обладнання з телескопічною рукояттю, яку можна змонтувати як зі звичайною моноблочною стрілою, так і з шарнірно-зчепленою (рис. 1). Робочі параметри запропонованого обладнання показані на рисунку 3. Запропонована конструкція дозволяє значно розширити геометричні параметри роботи екскаватора та збільшити об'єм розроблюваного ґрунту.

Робоче обладнання гідравлічного екскаватора (рис. 1) змонтовано на базовому тракторі 1 і складається з шарнірно-зчепленої стріли, з механізмом її приводу, який являє собою гідроциліндри 4. Шарнірно-зчеплена стріла складається з двох частин – нижньої 2 та верхньої 5, кут між якими регулюється гідроциліндром 3. На верхній частині стріли

шарнірно змонтовано телескопічну рукоять 7 та гідроциліндр 6 керування рукояттю. Телескопічна рукоять складається з двох частин – основної 7 та висувної 8.



а)



б)

**Рис. 2. Телескопічне робоче обладнання в зборі: а) – телескоп рукояті втягнуто; б) – телескоп рукояті витягнуто; 1 – нижня частина стріли; 2 – гідроциліндр керування верхньою частиною стріли; 3 – верхня частина стріли; 4 – гідроциліндр керування рукояттю; 5 – рукоять; 6 – висувна секція рукояті; 7 – гідроциліндр керування ковшем; 8 – гідромотор; 9 – зубчасторейковий механізм; 10 – ківш**

Усередині основної частини рукояті розташовано механізм керування висувною секцією, який являє собою гідромотор 10 з клиноремінною передачею та зубчасто-рейковий механізм 11. На висувній секції рукояті шарнірно закріплено гідроциліндр 9 керування ковшем 12. Телескопічна рукоять 7 та висувна частина 8 мають опорні елементи у вигляді роликів. Робоче обладнання гідравлічного екскаватора працює таким чином (рис. 3, 5). Стріла 1, яка змонтована на базовому тракторі, за допомогою гідроциліндрів встановлюється для розроблення ґрунту на відповідній глибині. Копання ґрунту здійснюється поворотом ковша 12 від гідроциліндра 9 привода ковша чи поворотом телескопічної рукояті 7 від гідроциліндра 6 привода рукояті.

За необхідності виконання робіт із збільшеним розміром робочого обладнання висовують висувну секцію 8 рукояті 7 за допомогою гідромотора та зубчасто-рейкового механізму.

При цьому роботи можна виконувати при різноманітній довжині висування телескопічної частини.

Виконання робіт робочим обладнанням гідравлічного екскаватора з телескопічною рукояттю дозволяє значно розширити функціональні можливості за рахунок збільшення геометричних параметрів, а також розширити діапазон виконуваних робіт.

Проведено оцінювання ефективності запропонованого робочого обладнання за системою показників [2, 3, 4, 5, 6, 7, 8].

Ефективність одноківшевого екскаватора з телескопічним робочим обладнанням слід виконувати за такою методикою:

- показник оцінювання матеріалоємності глибини копання  $H_{Гуд}$ :

$$\frac{G}{H_K} \textcircled{R} \min,$$

де  $G$  – маса екскаватора;  $H_K$  – максимальна глибина копання;

- показник оцінювання енергоємності глибини копання  $H_{Nуд}$ :

$$\frac{N}{H_K} \textcircled{R} \min,$$

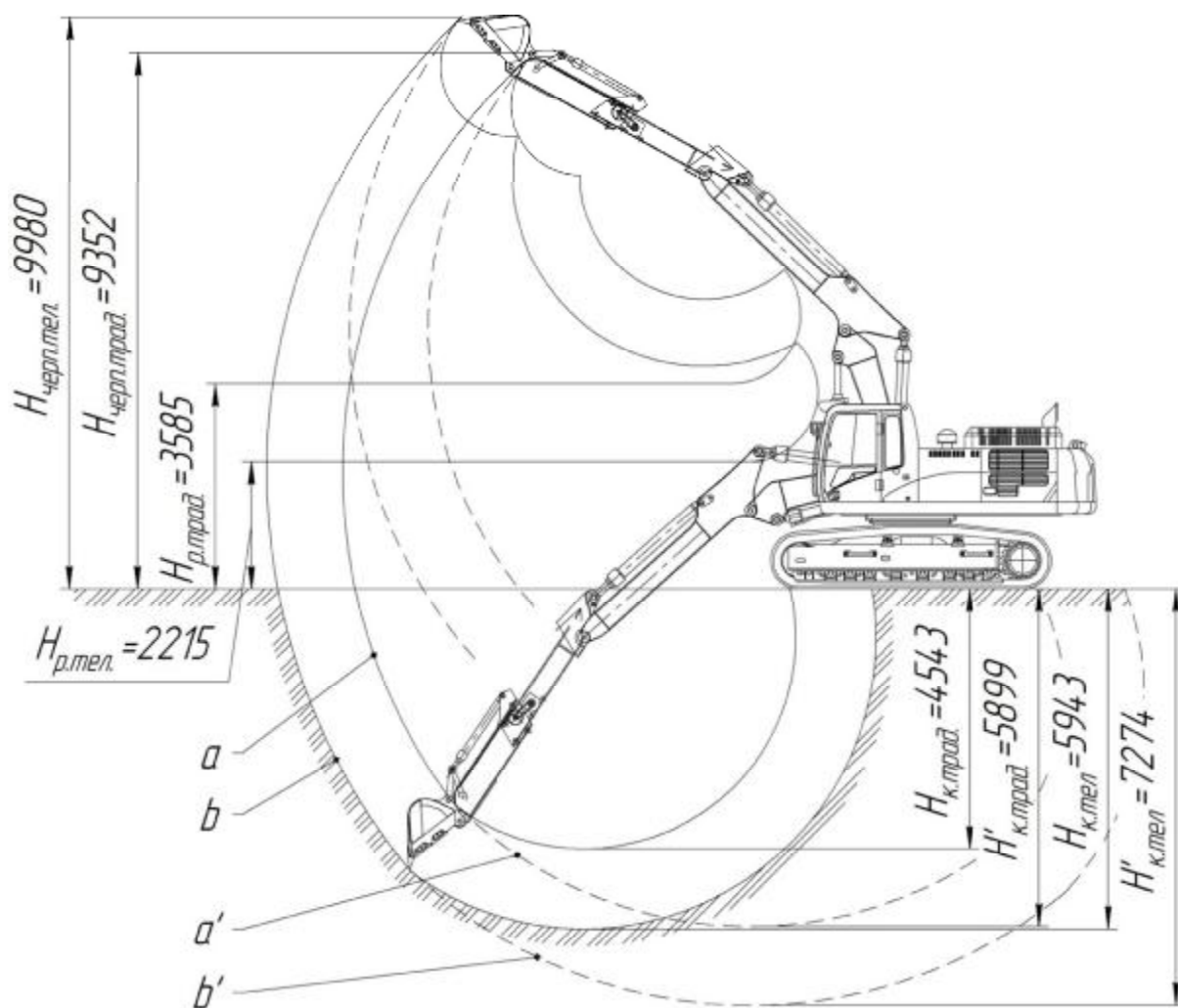
де  $N$  – потужність двигуна екскаватора;

- узагальнений показник економії енергоємності та матеріалоємності глибини копання  $\Pi_{NGHK}$ :

$$\Pi_{NGHK} = \frac{GN}{H_K^2} \rightarrow \min.$$

Систему показників оцінювання ефективності телескопічного робочого обладнання одноківшевих екскаваторів доповнено визначенням значень додаткових показників:

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



**Рис. 3. Траєкторії копання телескопічним робочим обладнанням:**  
**а** – при втягнутому телескопі стріли (традиційна конструкція робочого обладнання);  
**б** – при висунутому телескопі стріли; **а'** – при втягнутому телескопі рукояті, при копанні гідроциліндром керування верхньою частиною стріли; **б'** – при висунутому телескопі рукояті, при копанні гідроциліндром керування верхньою частиною стріли;  $H_{к.трад.}$ ,  $H_{к.тел.}$  – максимальна глибина копання при втягнутому телескопі рукояті (традиційна конструкція РО) та при висунутому телескопі рукояті відповідно;  $H'_{к.трад.}$ ,  $H'_{к.тел.}$  – максимальна глибина копання при втягнутому телескопі рукояті (традиційна конструкція РО) та при висунутому телескопі рукояті, при копанні гідроциліндром керування верхньою частиною стріли відповідно;  $H_{черп.трад.}$ ,  $H_{черп.тел.}$  – максимальна висота черпання при втягнутому телескопі рукояті (традиційна конструкція РО) та при висунутому телескопі рукояті відповідно;  $H_{р.трад.}$ ,  $H_{р.тел.}$  – максимальна висота розвантаження при втягнутому телескопі рукояті (традиційна конструкція РО) та при висунутому телескопі рукояті відповідно

**Таблиця 1. Результати оцінювання ефективності сформованого робочого обладнання**

№ з/п	Глибина копання $H_k$ , м	G, кг	N, кВт	G/ $H_k$ , кг/м	N/ $H_k$ , кВт/м	GN/ $q^2$	GN/ $H_k^2$	G/q
1	$H_{к.тр.}=4.54$	26650	125	5870	27.5	4504	161620	$30.98 \cdot 10^3$
2	$H'_{к.тр.}=5.90$			4517	21.2		95698	
3	$H_{к.тел.}=5.94$			4486	21.0		94413	
4	$H'_{к.тел.}=7.27$			3665	17.2		63028	

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

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 розроблення ґрунту ведуть за безтранспортною схемою, до екскаваторного забою належить також майданчик з відвалом ґрунту, вкладеного з даної стоянки екскаватора.

Розміри та форма забою залежать від типу та робочих розмірів екскаватора й 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 розмірів забою достатньо зафіксувати кінцеві траєкторії, обмежуючі об'єм ґрунту, розроблюваного з однієї стоянки екскаватора.

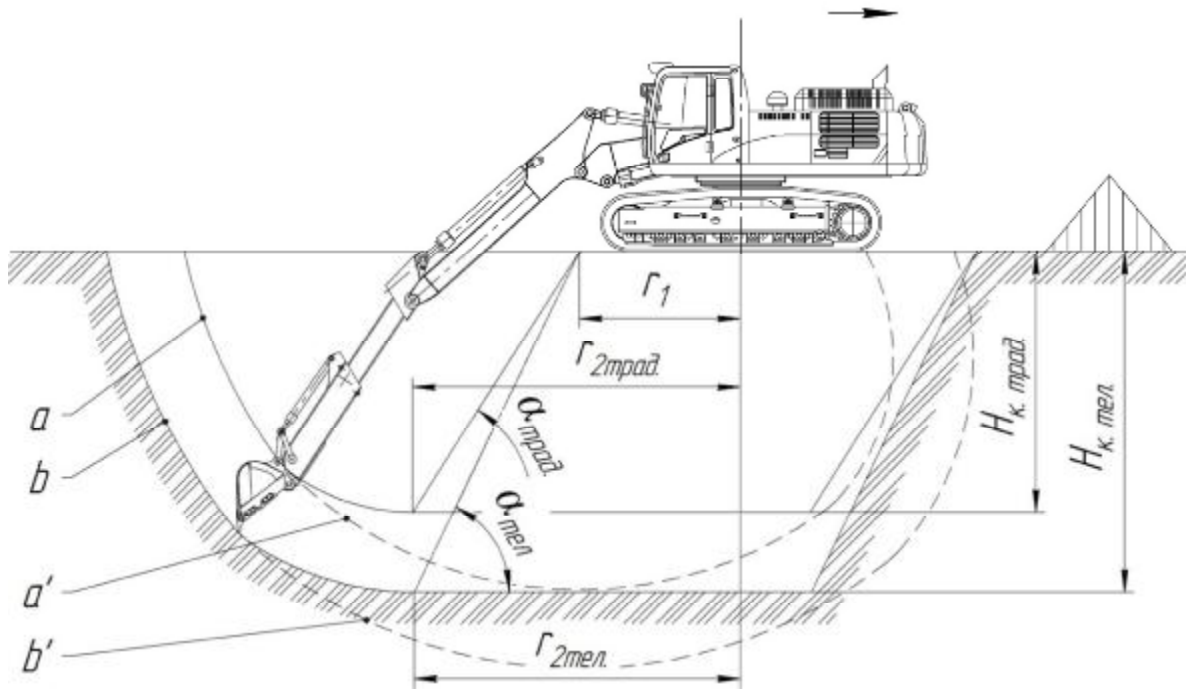
Оскільки екскаватори – поворотні машини, виїмка ґрунту відбувається по радіальним напрямках, а поверхня розробленого масиву має вигляд поверхні обертання – сектора усіченого конуса. Загальна параметрична схема зображена на рисунку 4.

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.

Загальна формула для визначення об'єму розроблюваного ґрунту. Елемент забою розглянуто як сектор усіченого конуса

$$V_{\text{теор}}^{360^\circ} = \frac{1}{3} \pi H_k (r_1^2 + r_1 \cdot r_2 + r_2^2),$$

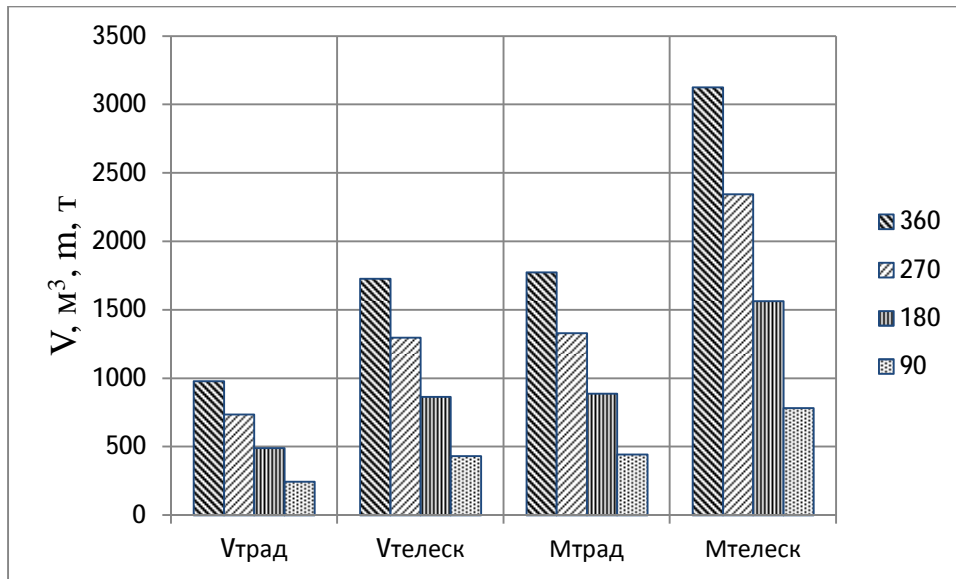
де  $H_k$  – глибина копання, м;  $r_1$  – мінімальний радіус роботи робочого обладнання на площині стоянки екскаватора;  $r_2$  – мінімальний радіус роботи робочого обладнання на площині днища котловану.



**Рис. 4. Параметрична схема для визначення об'єму копання ґрунту:**  
**а** – при втягнутому телескопі стріли  
 (традиційна конструкція робочого обладнання);  
**б** – при висунутому телескопі стріли; **а'** – при втягнутому телескопі рукояті, при  
 копанні гідроциліндром керування верхньою частиною стріли; **б'** – при  
 висунутому телескопі рукояті, при копанні гідроциліндром керування верхньою  
 частиною стріли

**Таблиця 2. Результати розрахунків з визначення теоретичного об'єму та маси розроблюваного ґрунту на початковій стадії копання (піонерний прохід)**

<b>Телескоп рукояті втягнуто (традиційна конструкція робочого обладнання)</b>				
β, град	90°	180°	270°	360°
H <sub>коп.</sub> , мм	4543			
V, м <sup>3</sup>	244.7	489	734	979
m, т	443	886	1329	1772
<b>Телескоп рукояті висунуто</b>				
β, град	90°	180°	270°	360°
H <sub>коп.</sub> , мм	5899			
V, м <sup>3</sup>	432	863	1295	1727
m, т	781	1562	2344	3125



**Рис. 5. Порівняльна гістограма показників об'єму та маси розроблюваного ґрунту для традиційного та телескопічного робочого обладнання при роботі робочого обладнання на 90°, 180°, 270°, 360°**

$$r_1 = h_{ш} \cdot \tan(90^\circ - \alpha),$$

де  $h_{ш}$  – висота кріплення шарніра п'яти стріли;  $\alpha$  – допустима крутизна виїмки.

$$r_2 = (h_{ш} + H_k) \cdot \tan(90^\circ - \alpha),$$

де  $H_k$  – максимальна глибина копання.

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

$$V_{теор}^\beta = \frac{V_{теор}}{360^\circ} \cdot \beta,$$

де  $\beta$  – кут обертання робочого обладнання.

**Висновки з даного дослідження і перспективи подальших розвідок у цьому напрямку.**

Застосування робочого обладнання з телескопічною рукояттю дає змогу збільшити глибину копання на 16% порівняно з традиційним робочим обладнанням: при цьому об'єм ґрунту, що виривають з однієї стоянки екскаватора, збільшується на 24% (рис. 5). Використання подібного робочого обладнання дозволяє значно розширити функціональні можливості за рахунок збільшення геометричних параметрів, а також розширити діапазон робіт, які виконуються.



## Література

1. *Формування та оцінка ефективності телескопічного робочого обладнання однокішшового гідравлічного екскаватора. Сборник научных трудов/Ответственный редактор д.т.н., проф Л.А. Хмара Выпуск 63.– 1998. – С.142-154.*
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. – 557с.*
3. *Хмара Л.А. Оценка эффективности телескопического рабочего оборудования однокюшвового гидравлического экскаватора: сб. научных трудов: Строительство, материаловедение, машиностроение. ПГАСиА. Днепропетровск. 2002. Вып.15. 4. 2. –С. 143-150.*
4. *Хмара Л.А. Тенденции совершенствования специализированного землеройного оборудования к тракторам и экскаватора: 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 однокюшвовым 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 «Однокюшвовые 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.*

Надійшла до редакції 20.11.2012

© Л. А. Хмара, О. О. Дахно

**УДК 621.878.25**

*Л. А. Хмара, д. т. н., проф.,  
О. А. Дахно, ассистент*

*Государственное высшее учебное заведение  
«Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры»*

## **ТЕЛЕСКОПИЧЕСКОЕ РАБОЧЕЕ ОБОРУДОВАНИЕ ОДНОКОВШОВОГО ЭКСКАВАТОРА И ОЦЕНКА ЕГО ЭФФЕКТИВНОСТИ**

*В статье рассматриваются вопросы конструкций телескопического рабочего оборудования одноковшового гидравлического экскаватора, а именно – телескопические рукояти, также поднимаются вопросы оценивания эффективности. Предложена методика, по которой следует оценивать эффективность экскаватора с телескопическим рабочим оборудованием, на основе которой установлены значения основных показателей, и приведена методика для определения теоретического объема разрабатываемого грунта, построены гистограммы.*

**Ключевые слова:** *телескопическая рукоять, оценка эффективности, объем грунта.*

**UDC 621.878.25**

*L. A. Khmara, Doctor of Technical Sciences, Professor,  
O.A. Dakhno, Assistant*

*State Higher Education Institution on  
“Dniper State Academy of Construction and Architecture”*

## **TELESCOPE EQUIPMENT EXCAVATOR AND EVALUTION OF EFFECTIVENESS**

*The article examines the construction of work equipment telescopic single-bucket hydraulic excavator, namely, telescopic handle, also addresses the performance evaluation. The technique by which to assess the effectiveness of a telescopic excavator working equipment on which are set of key indicators and describes a method for determining the theoretical amount of soil developed and constructed a histogram.*

**Keywords:** *telescopic handle, performance evaluation, the amount soil.*