

ЛИТЕРАТУРА

1. Хмара Л. А. Применение аккумуляторов потенциальной энергии в строительных машинах (на примере одноковшового экскаватора) / Л. А. Хмара / Строительство. Материаловедение. Машиностроение: Сб. науч. тр. Интенсификация рабочих процессов строительных и дорожных машин. – Днепропетровск: ПГАСА, – 2005. – Вып. 33. – С.17-33.
2. Хмара Л.А. Повышение эффективности бульдозеров путем использования гидроаккумулирующей системы / Л.А. Хмара, А.П. Холодов // Строительные и дорожные машины – 2012 – № 3 – С. 33-37.
3. Хмара Л. А. Испытания бульдозера с системой аккумуляирования энергии / Л.А. Хмара, А.П. Холодов // Сб. науч. тр.: Строительство. Материаловедение. Машиностроение. – 2011 – № 63 – Днепропетровск: ВГУЗ ПГАСА. – С. 61-69.
4. Гулиа Н. В. Инерционные двигатели для автомобилей. / Н.В. Гулиа – М.: Транспорт, 1974. – 64 с.
5. Волоцкий В.М. Гидроприводы машин и их оборудование. Учебный курс. / В.М. Волоцкий. – Х.: Гидроэлекс, 1995. – 156 с.
6. Использование принципа аккумуляирования энергии в системе управления землеройно-транспортной машины / Т.В. Алексеева, Ю.В. Ремизович, В.Г. Шерман // Исследования и испытания дорожных и строительных машин: Сб. науч. работ СибАДИ. – 1969. – Вып. 1. – С. 70-75.
7. Щербаков В.Ф. Рекуперативная система привода гидроподъемных машин / В.Ф Щербаков // Строительные и дорожные машины.– 2008.– № 9.– С. 49-51
8. Щербаков В.Ф. Энергосберегающие гидроприводы строительных и дорожных машин / В.Ф. Щербаков // Строительные и дорожные машины.– 2011.– № 10.– С. 1-2.

УДК 621.878.25

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

ДВНЗ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури»

ТЕЛЕСКОПІЧНЕ РОБОЧЕ ОБЛАДНАННЯ ГІДРАВЛІЧНОГО ЕКСКАВАТОРА, ОЦІНКА ЙОГО ЕФЕКТИВНОСТІ ТА ВИЗНАЧЕННЯ ОБ'ЄМУ КОПАННЯ ҐРУНТУ

Актуальність питання. В теперішній час, у зв'язку з підвищенням об'ємів земляних робіт, збільшились і об'єми виробництва машин та різноманітного робочого обладнання для 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, 2, 3].

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

В традиційних конструкціях робочого обладнання змінення лінійних параметрів екскаватора досягається за рахунок застосування змінного робочого обладнання (наприклад, змінної рукоятки більшої довжини), але це має деякі недоліки: трудомісткість заміни одного робочого органу іншим, ступінчаста зміна геометричних параметрів при заміні робочого обладнання [2, 3, 4, 5, 6].

Мета статті. Розробка удосконаленої конструкції робочого обладнання гідравлічного екскаватора, в якому для зміни геометричних параметрів використовуються телескопічні елементи, а саме телескопічна рукоять, оцінка його ефективності, та визначення об'єму копання ґрунту.

Основний матеріал. Застосування телескопічних механізмів в 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 робоче обладнання цього типу розвивається в наступних напрямках: зменшення маси, підвищення надійності телескопічних вузлів, збільшення ходу рухомих секцій, підвищення зусиль на ріжучій кромці, а також вдосконалення систем гідроприводу.

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, 2). 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. В середині 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 розробки ґрунту на відповідній глибині. Копання ґрунту здійснюється поворотом ковша 12 від гідроциліндру 9 приводу ковша чи поворотом телескопічної рукояті 7 від гідроциліндру 6 приводу рукояті.

При 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 оцінку ефективності запропонованого робочого обладнання по системі показників [2, 3, 4, 5, 6, 7, 8].

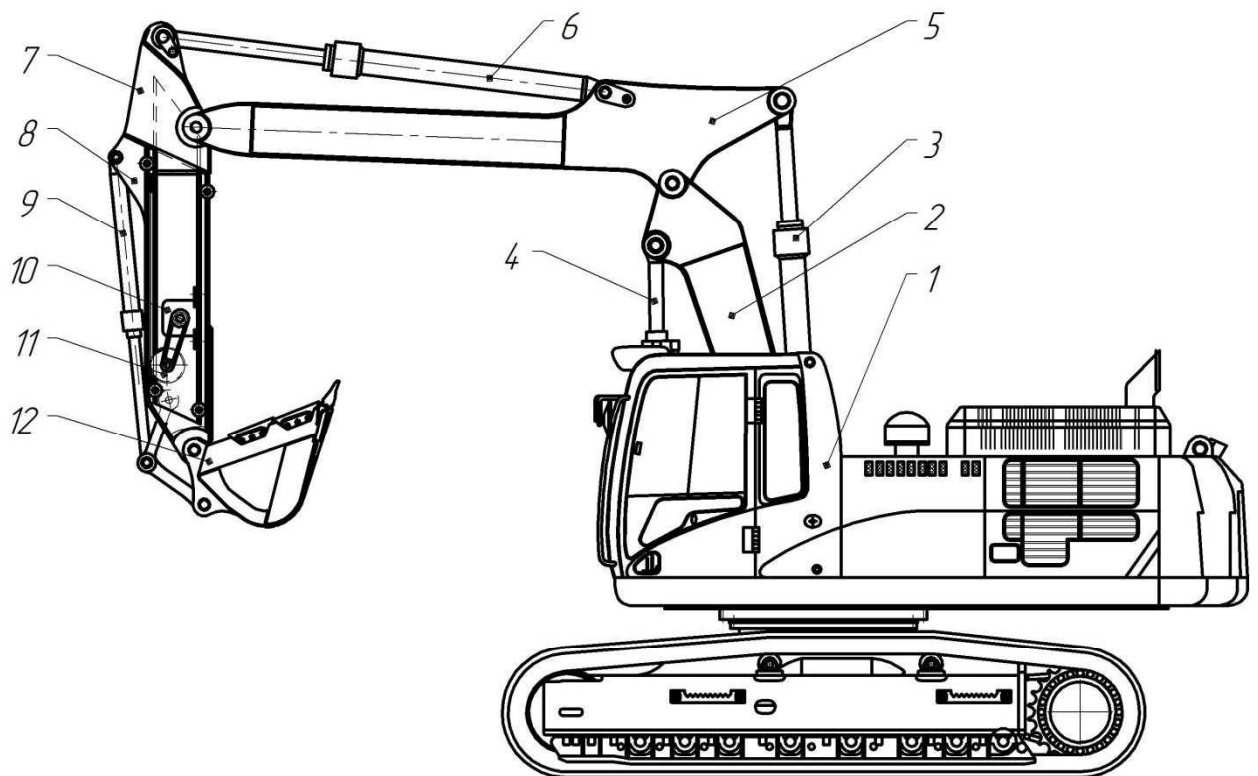
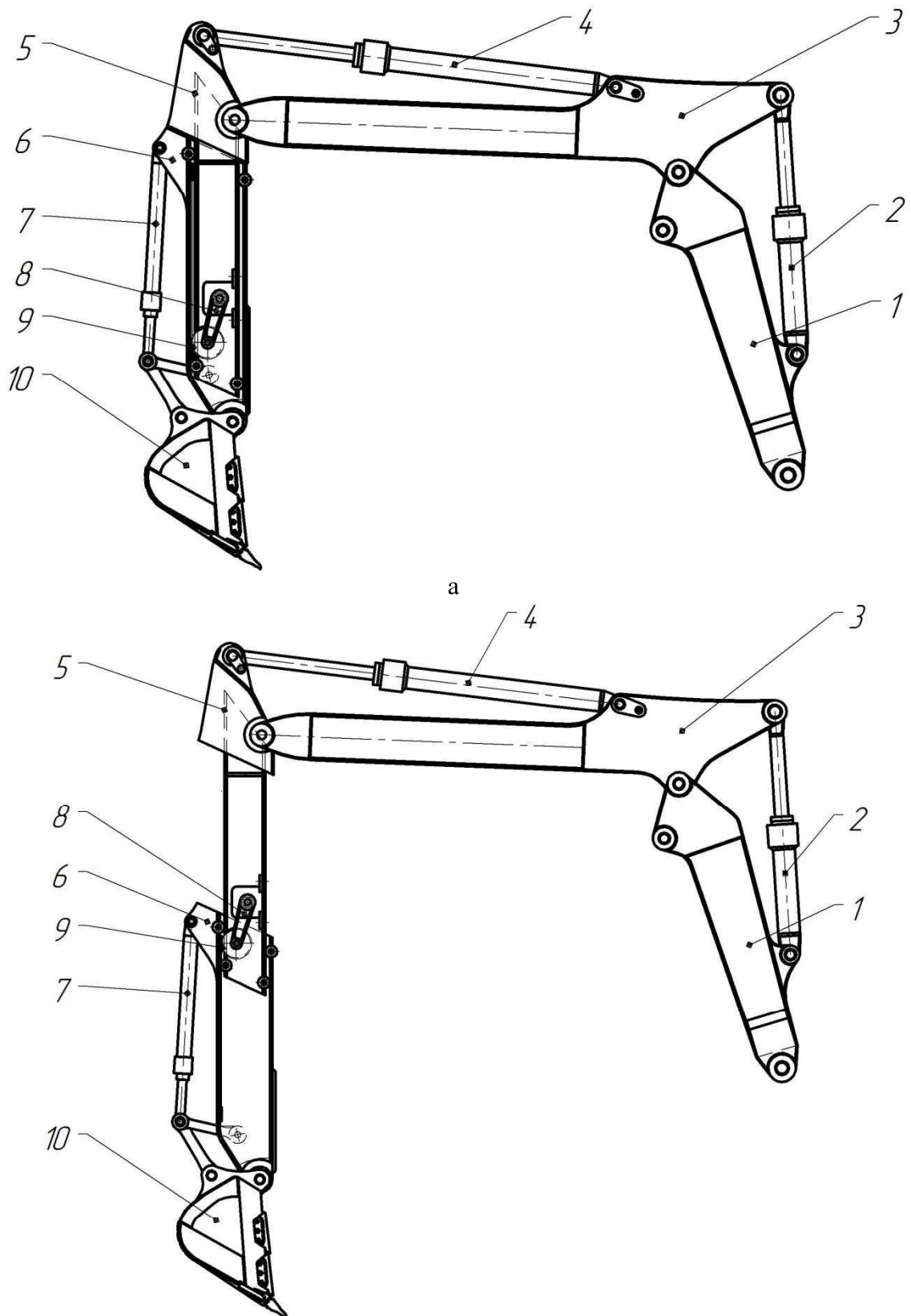


Рис. 1. Загальний вигляд одноківшевого екскаватора з телескопічною рукояттю: 1 – базовий трактор; 2 – нижня частина стріли; 3, 4, 6, 9 – гідроциліндри; 5 – верхня частина стріли; 7 – рукоять; 8 – висувна секція рукояті; 10 – гідромотор; 11 – зубчасто-рейковий механізм; 12 – ківш.



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 – зубчато-рейковий механізм; 10 – ківш .

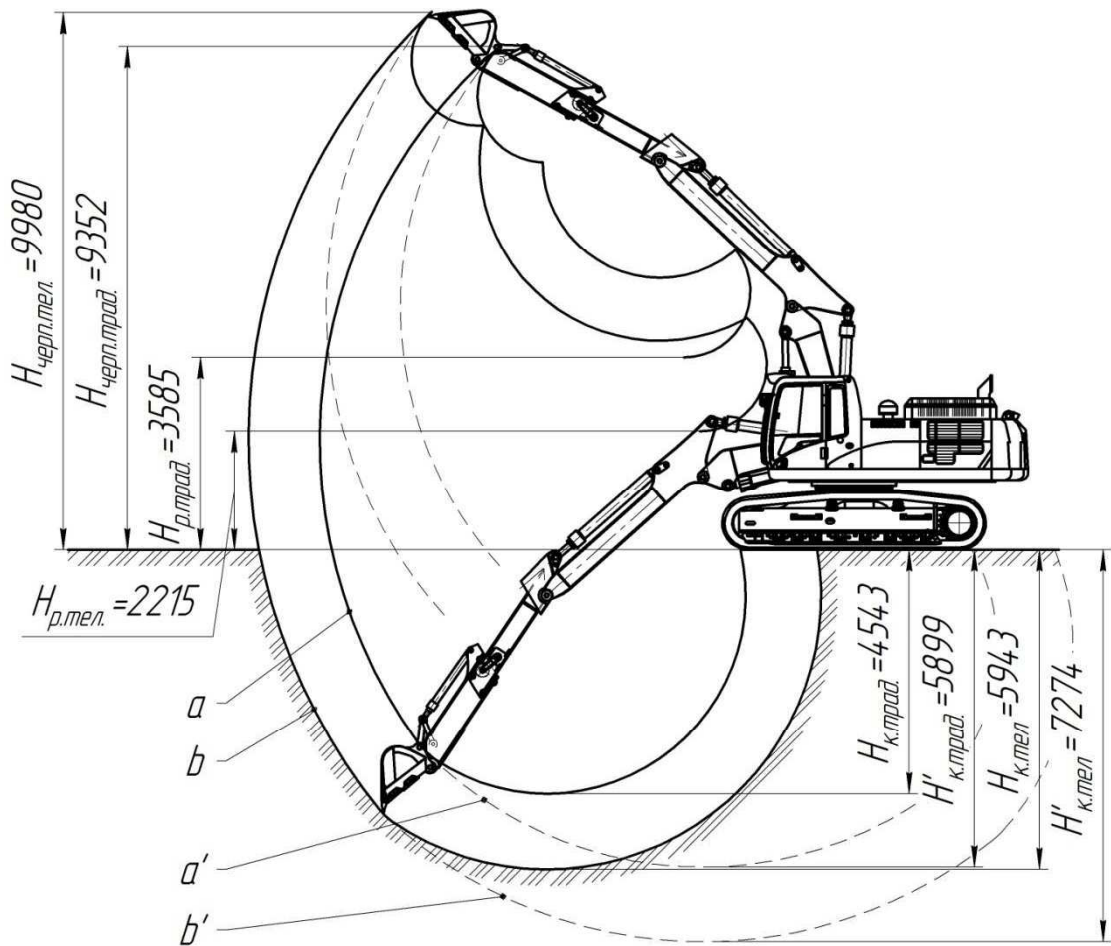


Рис. 3. Траєкторії копання телескопічним робочим обладнанням: а – при втягнутому телескопі стріли (традиційна конструкція робочого обладнання); б – при висунутому телескопі стріли; а' – при втягнутому телескопі рукояті, при копанні гідроциліндром керування верхньою частиною стріли; б' – при висунутому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

Ефективність одноковшевого екскаватора з телескопічним робочим обладнанням слід виконувати за наступною методикою:

- показник оцінки матеріалоемності глибини копання $H_{Gуд}$:

$$H_{Gуд} = \frac{G}{H_K} \rightarrow \min, \quad (1)$$

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

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

$$H_{Nуд} = \frac{N}{H_K} \rightarrow \min, \quad (2)$$

де N - потужність двигуна екскаватора.

- узагальнений показник економії енергоємності та матеріалоємності глибини копання Π_{NGH_k} :

$$\Pi_{NGH_k} = \frac{GN}{H_k^2} \rightarrow \min. \quad (3)$$

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

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

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 розробка ґрунту ведеться по безтранспортній схемі, до екскаваторного забою відноситься також майданчик з відвалом ґрунту, укладеного з даної стоянки екскаватора.

Таблиця 1.

Результати оцінки ефективності сформованого робочого обладнання

№ п/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	$H_{k,тр.}=4.54$	26650	125	5870	27.5	4504	161620	$30.98 \cdot 10^3$
2	$H'_{k,тр.}=5.90$			4517	21.2		95698	
3	$H_{k,тел.}=5.94$			4486	21.0		94413	
4	$H'_{k,тел.}=7.27$			3665	17.2		63028	

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 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 – 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.

Таблиця 2.

Результати розрахунків по визначенню теоретичного об'єму та маси розроблюваного ґрунту на початковій стадії копання (піонерний прохід)

Телескоп рукояті втягнуто (традиційна конструкція робочого обладнання)				
β , град	90°	180°	270°	360°
$H_{\text{коп.}}$, мм	4543			
V , м ³	244.7	489	734	979
m , т	443	886	1329	1772
Телескоп рукояті висунуто				
β , град	90°	180°	270°	360°
$H_{\text{коп.}}$, мм	5899			
V , м ³	432	863	1295	1727
m , т	781	1562	2344	3125

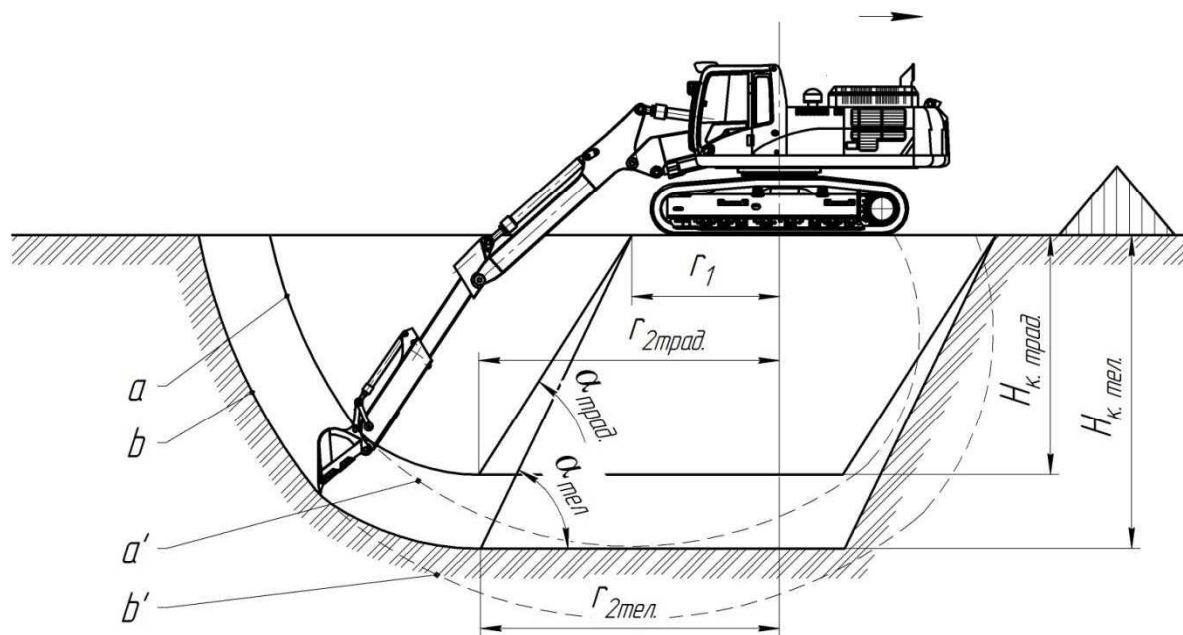


Рис. 4. Параметрична схема для визначення об'єму копання ґрунту: а – при втягнутому телескопі стріли (традиційна конструкція робочого обладнання); б – при висунутому телескопі стріли; а' – при втягнутому телескопі рукояті, при копанні гідроциліндром керування верхньою частиною стріли; б' – при висунутому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

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

$$V_{\text{теор}}^{360^\circ} = \frac{1}{3} \pi H_{\text{к}} (r_1^2 + r_1 \cdot r_2 + r_2^2), \quad (4)$$

де $H_{\text{к}}$ – глибина копання, м; r_1 – мінімальний радіус роботи робочого обладнання на площині стоянки екскаватора; r_2 – мінімальний радіус роботи робочого обладнання на площині дна котловану.

$$r_1 = h_{ш} \cdot \tan(90^\circ - \alpha), \quad (5)$$

де $h_{ш}$ – висота кріплення шарніру п'яти стріли; α – допустима крутизна виїмки.

$$r_2 = (h_{ш} + H_k) \cdot \tan(90^\circ - \alpha), \quad (6)$$

де H_k – максимальна глибина копання.

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

$$V_{техн}^\beta = \frac{V_{техн}}{360^\circ} \cdot \beta, \quad (7)$$

де β – кут обертання робочого обладнання.

Тоді об'єм розроблюваного ґрунту в забої дорівнюватиме:

$$V_{заб} = V_1 + V_2 + V_3 + V_i. \quad (8)$$

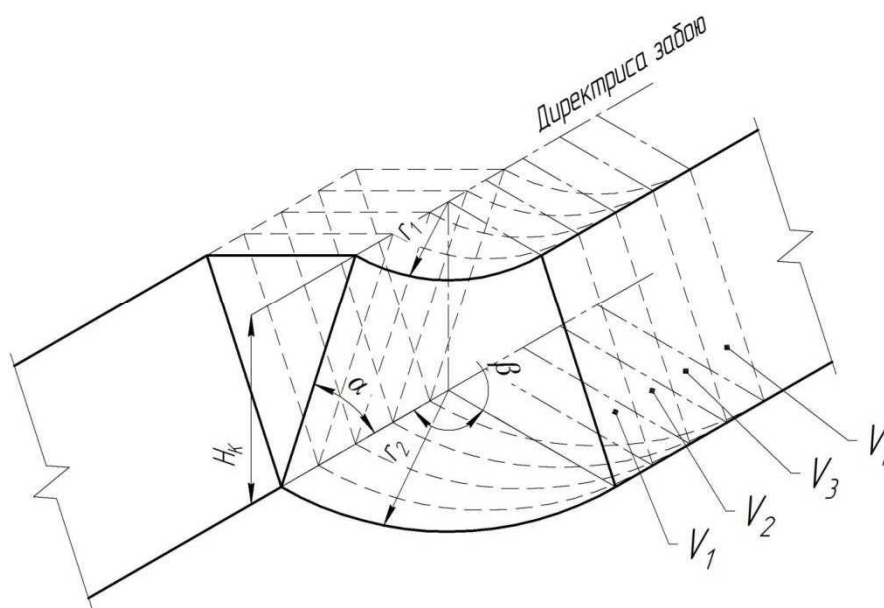


Рис. 5. Параметрична схема для визначення об'єму копання ґрунту: H_k – глибина копання; α – кут забою; β – кут роботи екскаватора; r_1 – радіус роботи робочого обладнання на рівні стоянки екскаватора; r_2 – радіус роботи робочого обладнання на дні забою; V_1, V_2, V_3, V_i – елементарні об'єми ґрунту, розроблювані екскаватором.

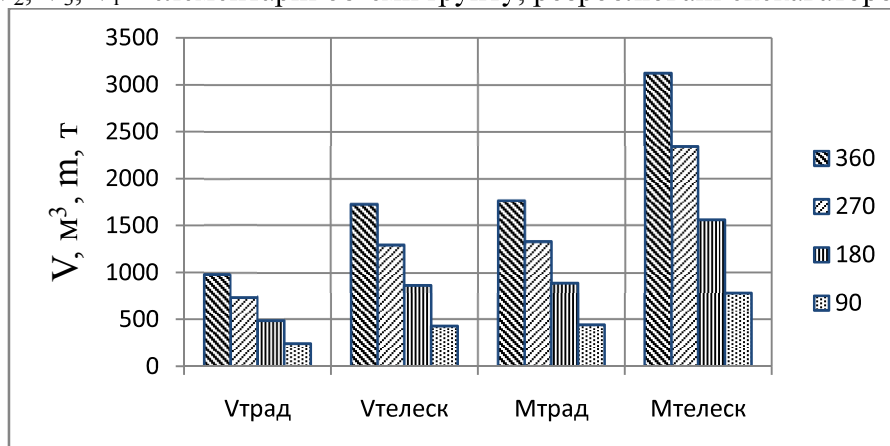


Рис. 6. Порівняльна гістограма показників об'єму та маси розроблюваного ґрунту для традиційного та телескопічного робочого обладнання при роботі робочого обладнання на $90^\circ, 180^\circ, 270^\circ, 360^\circ$.

Висновок. Застосування робочого обладнання з телескопічною рукояттю дозволяє збільшити глибину копання на 16% порівняно з традиційним робочим обладнанням: при цьому об'єм ґрунту, що виривається 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. Сборник научных трудов / Ответственный редактор д.т.н., проф Л.А. Хмара// Формування та оцінка ефективності телескопічного робочого обладнання одноковшового гідравлічного екскаватора. Выпуск 63.1998 г. 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. Підзагальною редакцією проф. Хмари Л.А. та проф. Кравця С.В. Рівне – Дніпропетровськ – Харків. – 2010. – 557с.
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 ґрунта 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. – 152с.
7. Баловнев В.И., Хмара Л.А. Интенсификация разработки ґрунтов в дорожном строительстве. – М.: Транспорт. 1993. – 383 с.
8. Машины для земляных работ /Под ред. Гаркави Н.Г. – М.: Высш. шк. 1982. – 335с.
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. Дервянчук, И.А. Кулик. – Днепропетровск: ДИСИ, 1989. – 64 с.