

3. Хмара Л. А. Испытания бульдозера с системой аккумулирования энергии / Л. А. Хмара, А. П. Холодов // Строительство. Материаловедение. Машиностроение. – Дн–вск. : ПГАСА, 2011. – Вып. 63. – 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 аккумулирования энергии в системе управления землеройно-транспортной машины / Т. В. Алексеева, Ю. В. Ремизович, В. Г. Шерман // Исследования и испытания дорожных и строительных машин. – СибАДИ, 1969. – Вып. 1. – С. 70 – 75.
7. Щербаков В. Ф. Рекуперативная система привода гидроподъёмных машин / В.Ф Щербаков // Строительные и дорожные машины. – М. : ООО «СДМ-Пресс», 2008. – №9. – С. 49 – 51.
8. Щербаков В. Ф. Энергосберегающие гидроприводы строительных и дорожных машин / В. Ф Щербаков // Строительные и дорожные машины. – М. : ООО «СДМ-Пресс», 2011. – №10. – С. 1 – 2.

**УДК 621.878.6**

**Л. А. ХМАРА, д. т. н., М. А. СПІЛЬНИК, асистент,  
А. Ю. ТИМОШПОЛЬСЬКИЙ, студент**

*ДВНЗ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури»*

## **ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ НАПІВКРУГЛОГО ДНИЩА У КОВШАХ СКРЕПЕРІВ**

**Постановка проблеми.** Згідно з державною програмою активізації розвитку економіки на 2013-2014 роки, були запропоновані напрямки розвитку машинобудування за рахунок впровадження політики імпортозаміщення. Розвиток внутрішнього ринку держави визначає стан економічного розвитку країни та значною мірою залежить від повноцінного функціонування промисловості. Володіючи потужним інтелектуальним і технологічним потенціалом, промисловість є тим фундаментом, основою розвитку не тільки внутрішнього ринку України, але й розширенням зовнішнього. Саме тому, відповідно до Програми економічних реформ на

2010-2014 рр. «Заможне суспільство, конкурентоспроможна економіка, ефективна держава» від 02.06.2010 р. [1] сформовано принципи та етапи довгострокового економічного зростання на основі реформування та модернізації економічної політики у державі та розвитку функціонування її системи. Одним з основних організаційно-економічних заходів проведення цих реформ повинна стати модернізація та технологічне оновлення машинобудівельної галузі України, що сприятиме пожвавленню в економіці.

**Аналіз публікацій.** Особливу актуальність набуває розробка високоефективних, надійних та конкурентоспроможних машин [2]. Аналізуючи конструкційні особливості вдосконалення ковша скрепера, слід відзначити тенденцію, спрямовану на підвищення ефективності заповнення ковша [3, 4, 5, 6]. Підвищення ефективності процесу розвантаження може бути досягнуто за рахунок вдосконалення форми елементів ковша, конструкції [7, 8, 9, 10].

**Мета статті.** Провести порівняльний аналіз ефективності використання напівкруглого днища у ковшах скреперів (рис.1).

**Основний матеріал.** Для оцінки ефективності та експлуатаційних властивостей землерийних машин запропонований ряд різних показників [11, 12, 13]. Економічна ефективність визначається згідно СН 509-78 «Інструкція з визначення економічної ефективності використання в будівництві нової техніки, винахідів і раціоналізаторських пропозицій»:

$$E_r = (\bar{Z}_y^{\delta} - \bar{Z}_y^{нов}) \Pi_y^{нов} \quad (1)$$

де  $\bar{Z}_y^{\delta}$ ,  $\bar{Z}_y^{нов}$  – приведені витрати на одиницю роботи для старої та нової техніки, грн.,  $m^3/рік$ ;  $\Pi_y^{нов}$  - річна продуктивність нової техніки,  $m^3/рік$ .

Розрахунок питомих приведених витрат, на одиницю виконаних робіт визначається за формулою:

$$\bar{Z}_y = (C_i + E_n \cdot K_i) / \Pi_i, \quad (2)$$

де  $C_i$  - річні поточні витрати, грн;  $K_i$  – капітальні вкладення в техніку, грн.;  $E_n$  – нормативний коефіцієнт економічної ефективності;  $\Pi_i$  – річна продуктивність,  $m^3/р$ .

Оцінка ефективності використання напівкруглого днища у ковшах скреперів може бути виконана шляхом використання показників цільового призначення: опір ґрунту копанню ( $P_{коп}$ ); маса набраного у ківш ґрунту ( $G_{гр}$ ); питома енергоємність копання ( $P_k/G_{гр}$ ); робота процесу копання ( $A_k$ ); продуктивність ( $\Pi_{тех}$ ); матеріалоємність ( $G_{гр}/\Pi_{тех}$ ); енергоємність ( $N/\Pi_{тех}$ ); узагальнюючий показник ( $\Pi_{NG}$ ); продуктивність ( $\Pi_{ек}$ ).

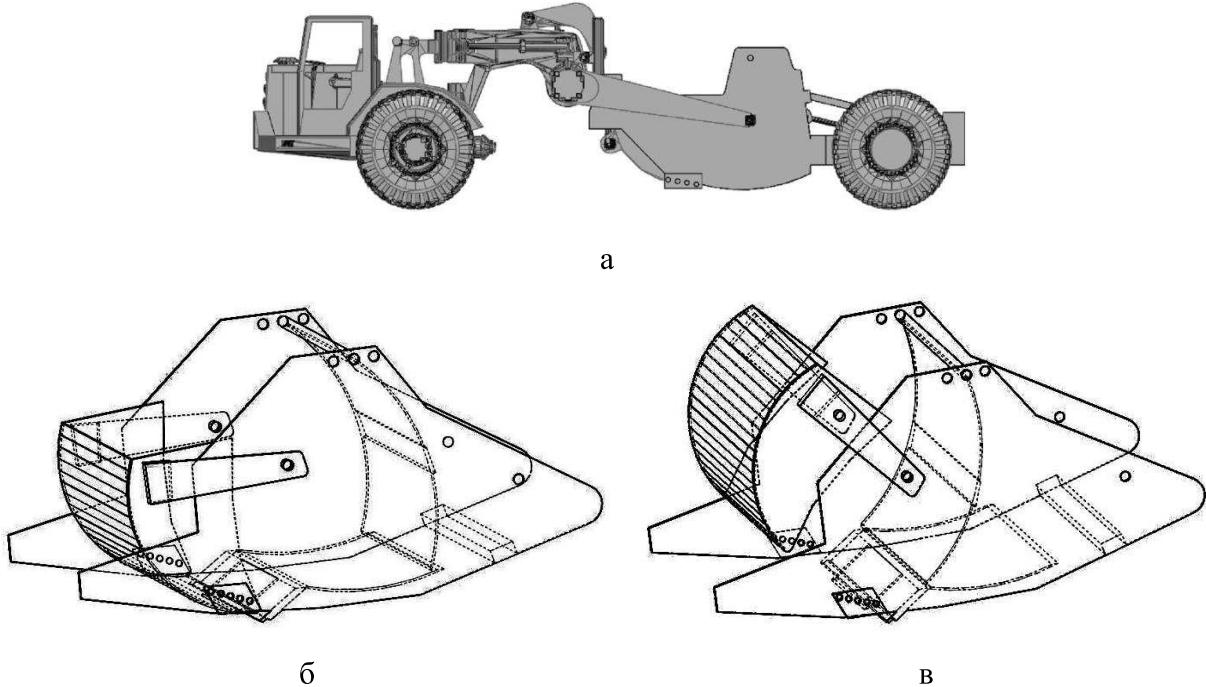


Рис.1. Скрепер Д-357, обладнаний напівкруглим днищем: а - скрепер; б – ківш скрепера із закритою передньою заслінкою; в – ківш скрепера на кінцевій стадії розвантаження.

Дані для розрахунку вказаних показників отримані теоретичним та експериментальним шляхом у лабораторних умовах. Розрахунок геометричних параметрів моделей відбувався на основі положень теорії подібності та основ фізичного моделювання з використанням критеріїв геометричної подоби фізичних моделей [12, 14, 15, 16, 17].

Порівняння розрахункових та проектних показників проводиться на основі порівняння довідкових та фактичних даних нової техніки.

Продуктивність скрепера є найбільш важливим показником оцінки технічного рівня машини, та залежить від рівня зниження загального опору ґрунту копання  $P_k$

Технічна продуктивність скрепера визначається за формулою [18]:

$$\Pi_{mex} = \frac{3600 V_k k_h k_b}{T_u k_p}, \quad (3)$$

де  $V_k$  - геометрична місткість ковша,  $m^3$ ;  $k_h$  – коефіцієнт наповнення ковша ґрунтом;  $k_b$  – коефіцієнт використання по часу;  $T_u$  – час циклу роботи скрепера, с;  $k_p$  – коефіцієнт розпушенння ґрунту.

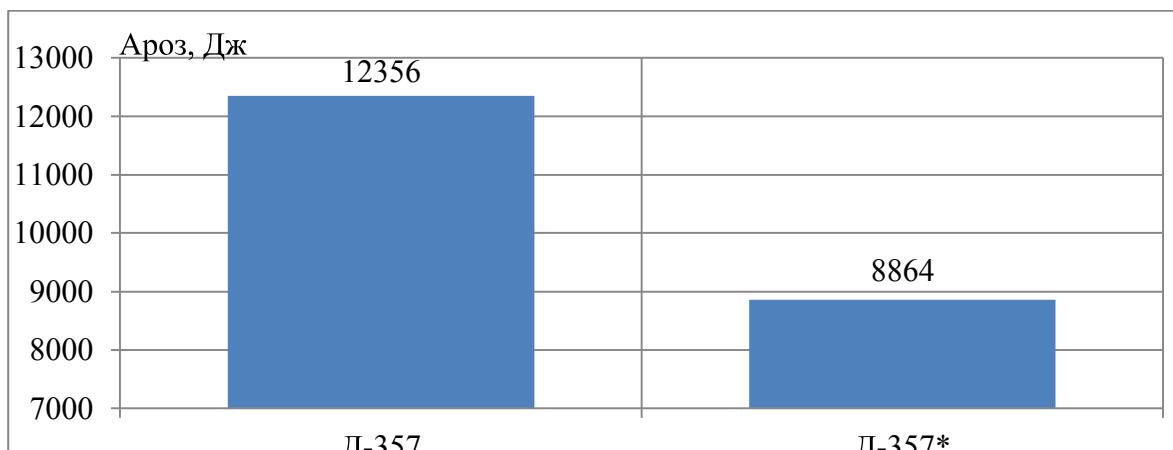
Експлуатаційна продуктивність скрепера визначається за формулою:

$$\Pi_{exc} = \frac{3600}{T_u} q \frac{k_h k_b}{k_p}, \quad (4)$$

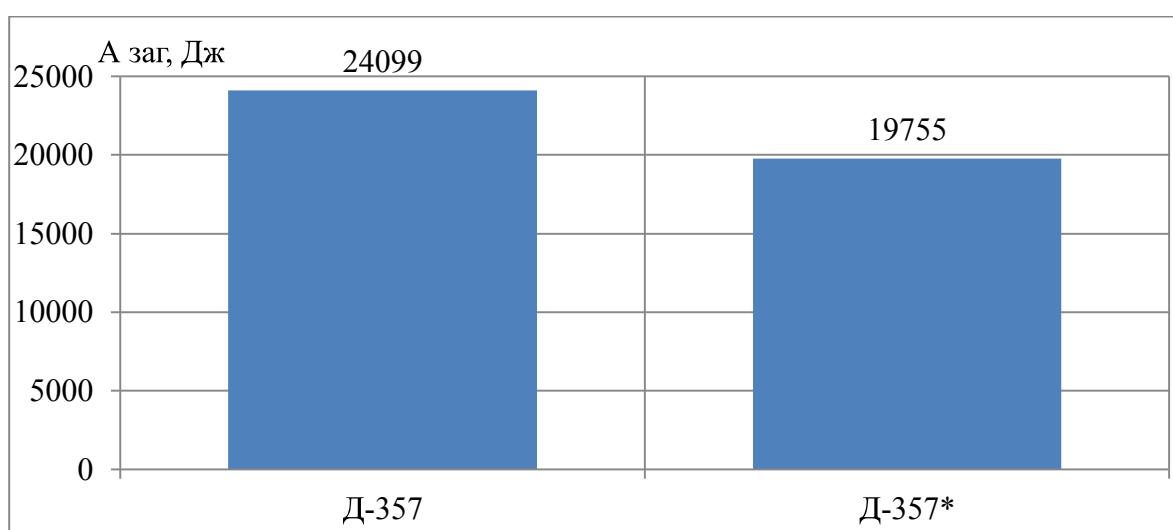
де -  $q$  - геометрична місткість ковша скрепера,  $m^3$ ;



а



б



в

Рис.2. Гістограми роботи скреперів Д - 357: Д-357 – традиційний ківш; Д-357\* – ківш з напівкруглим днищем; а – гістограми копання; б – гістограми розвантаження; в – гістограми копання та розвантаження.

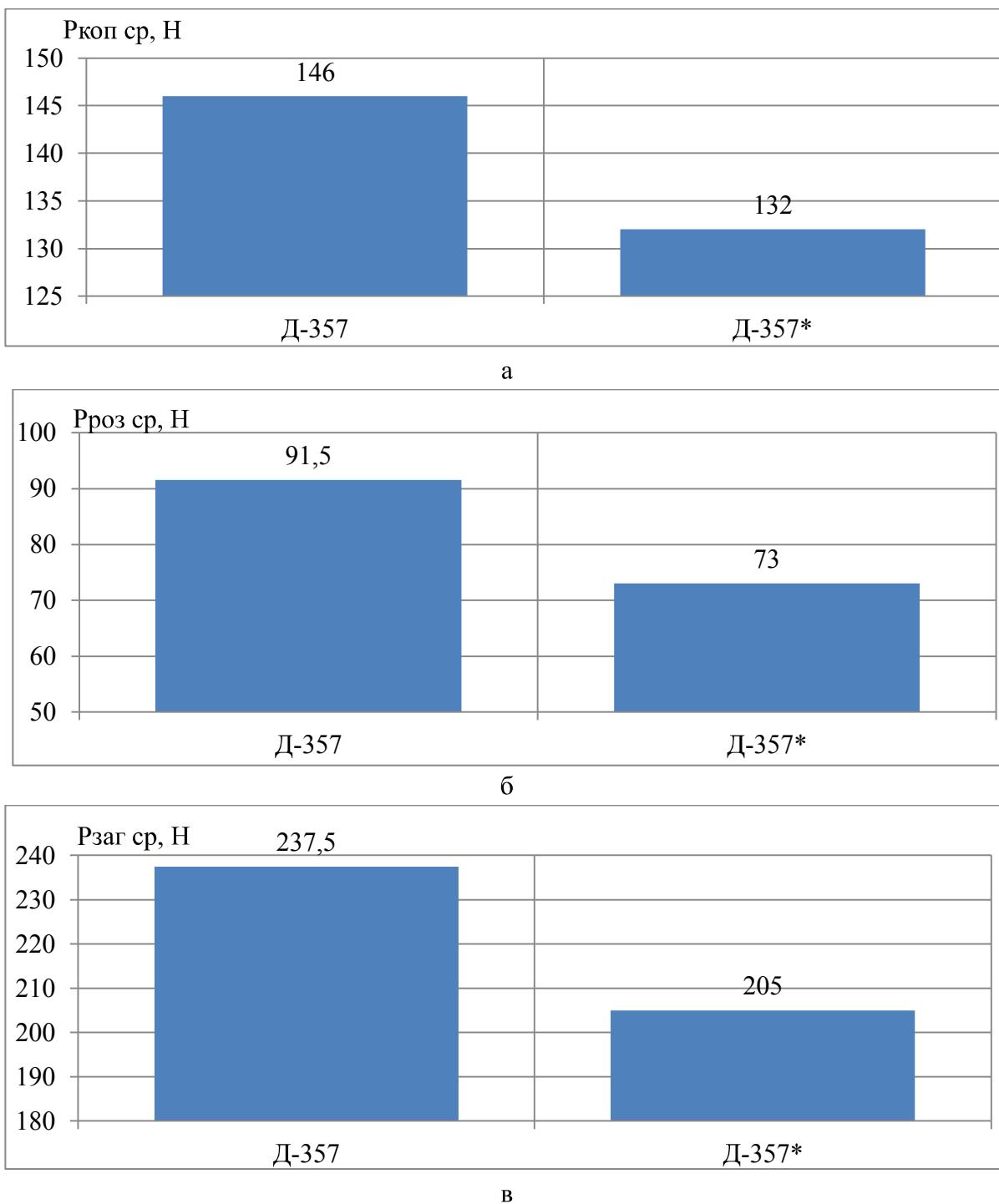


Рис.3. Гістограми показників середнього зусилля копання, розвантаження, загального Д - 357: Д-357 – традиційний ківш; Д-357\* – ківш з напівкруглим днищем; а – гістограми середніх показників копання; б – гістограми середніх показників розвантаження; в – гістограми середніх показників роботи по копанню та розвантаженню.

Визначення повного часу циклу.

$$T_y = t_k + t_m + t_P + t_{xx} + t_m, \quad (5)$$

де  $t_k$  – час копання, с;  $t_m$  – час транспортування, с;  $t_P$  – час розвантаження, с;  $t_{xx}$  – час холостого ходу, с;  $t_m$  – час маневрів.

Процес заповнення ковшів скреперів супроводжується втратами ґрунту в призму волочіння і в бічні валики. Кількісні втрати ґрунту в призмі волочіння порівняно з ковшем традиційного типу, знижуються на 9-20%, в бічних валиках на 5-12%.

Порівняння показників традиційного ковша з ковшем обладнаним напівкруглим днищем – показники роботи (рис. 2); показники відношення роботи до маси ґрунту у ковші:

$A_{\text{коп}} / G_{\text{гр}}$  - 7-14% - при копанні ґрунту ковшем з напівкруглим днищем;

$A_{\text{поз}} / G_{\text{гр}}$  - 15-33% - при розвантаженні ґрунту ковшем з напівкруглим днищем;

$A_{\text{заг}} / G_{\text{гр}}$  - 11-23% - сумарний показник копання і розвантаження ковша з напівкруглим днищем.

При порівнянні відношення середнього зусилля (рис. 3), середнього зусилля до маси ґрунту у традиційному ковші з ковшами з напівкруглим днищем отримані наступні результати:

$P_{\text{коп}} / G_{\text{гр}}$  - 5-15% - при копанні ґрунту ковшем з напівкруглим днищем;

$P_{\text{поз}} / G_{\text{гр}}$  - 10-26% - при розвантаженні ґрунту ковшем з напівкруглим днищем;

$P_{\text{заг}} / G_{\text{гр}}$  - 7-20% - загальний показник копання і розвантаження ковша з напівкруглим днищем.

Результат розрахунку очікуваного річного економічного ефекту при впровадженні у виробництво скрепера з напівкруглим днищем склав 281197 грн. Розрахунки виконані за допомогою прикладної програми «Effect-m».

У таблиці 1 приведені деякі дані також для скрепера ДЗ-87-1 обладнаного напівкруглим днищем.

Таблиця 1.

Техніко-економічні показники досліджуваних скреперів

№ п/п	Показники	Позна- чення	Значення показників			
			ДЗ-87-1	ДЗ-87-1*	Д-357	Д-357*
1	Опір ґрунту копанню, кН	$P_{\text{коп}}$	55	51	146	132
2	Маса ґрунту, кг	$G_{\text{гр}}$	7650	8500	13178	14189
3	Пит. енергоємність копання, кВт/м <sup>3</sup>	$N/G_{\text{гр}}$	0,015	0,014	0,01	0,009

Продовження таблиці 1.

4	Робота копання, кДж	$A_{kon}$	5,00	4,75	11,743	10,891
5	Продуктивність, м <sup>3</sup> /год	$\Pi_{mex}$	69,5	85	105,9	131,1
6	Потужність двигуна, кВт	$N$	121	121	132	132
7	Матеріалоємність, $\frac{\text{кг}}{\text{м}^3/\text{год}}$	$G_{ep}/\Pi_{mex}$	110	100	124,4	108,2
8	Маса скрепера, т	$G$	12,8	12,8	17	17
9	Енергоємність, $\frac{\text{кВт}}{\text{м}^3/\text{год}}$	$N/\Pi_{mex}$	1,74	1,42	1,24	1,00
10	Узагальнений показник, $\frac{\text{кВт}\cdot\text{кг}}{(\text{м}^3/\text{год})^2}$	$\Pi_{NG} = \frac{NG}{\Pi^2}$	191,63	142,35	155,10	108,97
11	Початкова вартість, грн.		71200	71200	137142	137142
12	Економічний ефект, грн		0	133503	0	281197

\* - ківш скрепера, який обладнано напівкруглим днищем

**Висновки.** Аналіз даних (табл. 1) показує, що продуктивність скрепера зростає при використанні напівкруглого днища до 19%, зменшення опору ґрунту копанню знижується до 8%. Також використання напівкруглого днища у ковшах скреперів дозволяє збільшити їх геометричну місткість до 9%, знизити такі показники як робота (18%), енергоємність (19%), матеріалоємність (19%).

Завдяки зниженню втрат ґрунту в бічні валики і призму волочіння обсяг ґрунту що набирається в ківш з напівкруглим днищем і задньою стінкою маятникового типу в порівнянні з традиційною конструкцією збільшується на 3,7 ... 8,6%,

Розвантаження ковшів з напівкруглою формою днища задніми стінками маятникового типу дозволяють до 20% знизити максимальні навантаження на механізм їх приводу, а також знизити енергоємність розвантаження ґрунту, який залишився у ковші на 28%.

Розрахунок річної економічної ефективності пропонованої конструкції ковша скрепера складає 281197 грн.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Про затвердження Державної програми активізації розвитку економіки на 2013-2014 роки [Електронний ресурс] // Офіційний веб-портал «Верховна Рада України». Режим доступу: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/187-2013-%D0%BF>.

2. Стратегічні напрямки розвитку машинобудування в контексті економічних реформ в Україні [Електронний ресурс] / О. П. Чукурна // Економіка: реалії часу.

Науковий журнал. – 2013. – № 3 (8). – С. 36 – 42. – Режим доступу:  
<http://economics.opu.ua/files/archive/2013/n3.html>.

3. Артемьев К. А. Скреперы (теория наполнения ковша скрепера грунтом) / К. А. Артемьев. – Новосибирск, 1977. – 111с.
4. Зеленин А. Н. Машины для земляных работ / А. Н. Зеленин, В. И. Баловнев, И. П. Керов. – М.: Машиностроение, 1975. – 421 с.
5. Ветров Ю. А. Машины для земляных работ / Ю. А. Ветров. - К: Вища школа, 1981. – 382 с.
6. Алексеева Т. В. Машины для земляных работ / [Алексеева Т. В., Артемьев К. А., Бромберг А. А. и др.] - М.: Машиностроение, 1964. – 467 с.
7. Бакулин А. В. Особенности процессакопания грунта скреперным ковшом с криволинейным днищем / Бакулин А. В., Харкун Б. И., Уткин В. И. // Строительные и дорожные машины. – М. : ООО «СДМ-Пресс», 1991. – №11 – С. 6 – 9.
8. Бакулин А. В. Результаты экспериментального изучения скреперного ковша с криволинейным днищем / Бакулин А. В., Харкун Б. И., Уткин В. И. // Строительные и дорожные машины. – М. : ООО «СДМ-Пресс», 1993. – №7 – С. 4 – 7.
9. Патент №48873 Украины на полезную модель, МПК E02F 3/64. Скреперный ковш / Хмара Л. А., Деревянчук М. И., Спильник М. А.; заявители и патентообладатели Хмара Л. А., Деревянчук М. И., Спильник М. А. - Бюл №7, 2010.
10. Патент №48872 Патент Украины на полезную модель, МПК E02 F 3/64. Скреперный ковш / Хмара Л. А., Деревянчук М. И., Спильник М. А.; заявители и патентообладатели Хмара Л. А., Деревянчук М. И., Спильник М. А. - Бюл №7, 2010.
11. Баловнев В. И. Интенсификация земляных работ в дорожном строительстве / Баловнев В. И., Хмара Л. А. - М. : Транспорт, 1983. – 183 с.
12. Баловнев В. И. Интенсификация разработки грунтов в дорожном строительстве / Баловнев В. И., Хмара Л. А. - М. : Транспорт, 1993. – 383 с.
13. Дорожные машины. Часть I. Машины для земляных работ. [Алексеева Т. В., Артемьев К. А., Бромберг А. А. и др.]; изд. 3-е перераб. и доп. – М. : Машиностроение, 1972. – 504с.
14. Хмара Л. А. Определение параметров рабочих органов дорожно-строительных машин повышенной эффективности / Л. А. Хмара. – М., 1982. – 178 с. – Деп. в ЦНИИС Госстроя СССР, №3238.
15. Баловнев В. И. Моделирование процессов взаимодействия со средой рабочих органов дорожно-строительных машин / В. И. Баловнев - М.:Высшая школа, 1981. – 335 с.

16. Баловнев В. И. Физическое моделирование резания грунтов / В. И. Баловнев – М.: Высшая школа, 1969. – 159 с.
17. Баловнев В. И. Моделирование процессов взаимодействия со средой рабочих органов дорожно-строительных машин: учеб. пособие для студ. ВУЗов / В. И. Баловнев [2-е изд., перераб]. – М.: Машиностроение, 1994. – 432 с.
18. Машини для земляних робіт: Навчальний посібник / [Хмара Л. А., Кравець С. В., Нічке В. В. та ін.]; під заг. ред. проф. Хмари Л. А. та проф. Кравця С. В. Ровно – Дніпопетровськ – Харків. – 2010. – 557 с.

**УДК 621.878.25**

**Л. А. ХМАРА, д. т. н., О. О. ДАХНО, аспірант**

*ДВНЗ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури»*

## **ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ КОПАННЯ ГРУНТУ ТЕЛЕСКОПІЧНИМ РОБОЧИМ ОБЛАДНАННЯМ ОДНОКІВШЕВОГО ЕКСКАВАТОРА**

**Актуальність питання.** В теперішній час будівництво є однією з найбільш дорогих і розповсюджених сфер промисловості. Практика будівництва показала, що з підвищеннем об'ємів земляних робіт, збільшилися і об'єми виробництва машин і різноманітного робочого обладнання (РО) для цих робіт, зокрема одноківшевих екскаваторів.

Одним із шляхів підвищення техніко-економічних показників одноківшевих екскаваторів є збільшення продуктивності, зниження енергозатрат на розробку ґрунту, розширення технологічних можливостей і т.д.

Аналіз науково-технічної інформації [1, 2, 3, 4, 5, 6, 9, 10, 11] показав, що останніх розробках визначилася тенденція вдосконалення одноківшевих екскаваторів за рахунок можливості змінювати лінійні параметри РО.

Найбільшої уваги заслуговують екскаватори, оснащені телескопічним РО, а саме телескопічною стрілою та рукояттю [9, 10, 11]. Вони мають низку переваг у порівнянні з екскаваторами, оснащеними традиційним РО: досягається широкий діапазон змінення лінійних параметрів, при цьому зміна цих параметрів відбувається плавно, а також з'являється можливість об'єднання робочих операцій з одночасною зміною лінійних розмірів РО.