УДК 624.00

Інноваційні шляхи вдосконалення будівельної техніки з огляду на потреби сучасної будівельної індустрії

Микола Пристайло[1], Костянтин Марчук[2]

Київський національний університет будівництва і архітектури
Повітрофлотський проспект 31,Київ,Україна,03680
[1]pristaylo_na@ukr.net, orcid.org/0000-0003-3151-4680
[2]marchuk_95@uk.net, orcid.org/0000-0002-6078-0358

Received: 17.09.2019; Accepted: 04.12.2019
https://doi.org/10.32347/gbdmm2019.94.0301

Анотація. Основними машинами для виконання землерийних робіт основними машинами є одноківшеві екскаватори. У робочого обладнання одноківшевого гідравлічного екскаватора є низка особливостей, які при переобладнанні прямої лопати на зворотну лопату, і навпаки, потребують затрат робочої сили та часу. Стандартні робочі органи мають низку проблем, які знижують продуктивність а також енергоємність процесу розробки масиву ґрунту.

Ключові слова: екскаватори, пряма лопата, зворотна лопата, землерийні машини, універсальні екскаватори.

ВСТУП

Ефективність реконструкції та капітального будівництва промислових і цивільних об'єктів залежить від досконалості технології та рівня механізації будівельних робіт. Найбільш трудомісткими у будівництві є земляні роботи.

У житловому, цивільному та промисловому будівництві найбільшого поширення набули роботи пов'язані з плануванням майданчиків, улаштуванням котлованів і траншей. Обсяги цих робіт постійно збільшуються і нині становлять 16 млрд м^3 на рік. Чисельність працівників задіяних на земляних роботах становить 9,3 % загальної чисельності у будівництві, зокрема на виконанні робіт вручну – 2,9 %.

При виконанні земляних робіт будівельними машинами екскаватори займають провідне місце. Ними виконують значний комплекс робіт при розробці котлованів і траншей, будівництві автомобільних та залізничних доріг, аварійно-рятувальних операціях тощо.

МЕТА РОБОТИ

Мета роботи полягає в обґрунтуванні зростання попиту одноківшевих екскаваторів за допомогою аналізу та прогнозування.

ВИКЛАД ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ

В Україні застосовують понад 140 тис. екскаваторів, 42 тис. скреперів і 130 тис. бульдозерів (Табл. 1). Основні обсяги робіт виконуються одноківшевими екскаваторами (38,2%), бульдозерами (29,7 %), скреперами (15 %), багато ківшевими екскаваторами (6%) та іншими машинами (11,1%) [6].

Для виконання земляних робіт в будівництві найчастіше використовують екскаватори обладнані прямою лопатою, зворотною лопатою та драглайном. Тип екскаватора вибирають на підставі техніко-економічного порівняння різних варіантів.

Таблиця 1. Виконання землерийних робіт

Table 1. Execution of earth-moving works

Техніка	**Об’єм робіт**
Екскаватори	38%
Бульдозери	29.7%
Скрепери	15%
Багатоківшеві екскаватори	6%

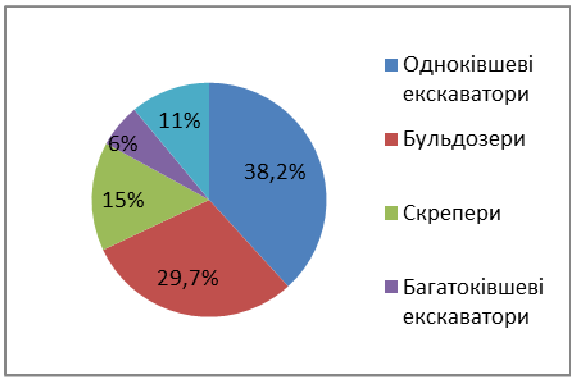

Рис. 1. Співвідношення спец техніки для землерийних робіт

Fig. 1. Value of special equipment for earth-moving works

Істотним недоліком одноківшевих екскаваторів є їх мала продуктивність порівняно, наприклад, з багатоківшевими екскаваторами. Але дані машини відрізняється високою мобільністю, малими габаритами, великим діапазоном розмірних груп, що й робить одноківшеві екскаватори необхідними, при різних типах робіт .

Загальними тенденціями розвитку конструкції одноківшевих екскаваторів є: створення нового типу – екскаваторів-маніпуляторів і міні-екскаваторів із набором швидкоз'ємних робочих органів для комплексної механізації робіт у будівництві; підвищення питомої потужності при порівняно невеликому збільшенні маси; застосування більш міцних матеріалів; зниження трудомісткості технічного обслуговування; поліпшення умов праці, зменшення шуму, вібрацій, загазованості, запиленості; створення важких екскаваторів на базі спарених платформ; розширення номенклатури екскаваторного устаткування; використання автоматичних (дистанційних) систем керування робочим органом (РО); удосконалення систем керування та створення комфортних умов для машиніста; впровадження мікропроцесорної техніки, пристроїв відображення інформації.

Таблиця 2. Співвідношення імпорту будівельної техніки в Україну

Table 2. The ratio of import of construction equipment to Ukraine

Опис техніки	б/у	Нові
Екскаватори одноківшеві	211	173
Екскаватори-навантажувачі	306	334
Фронтальні навантажувачі	97	251
Бульдозери	20	75
Всього	634	833

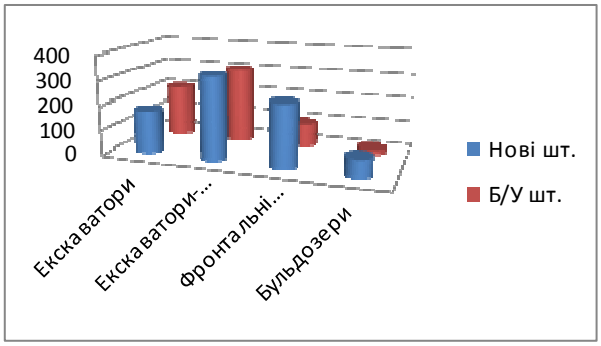

Рис. 2. Співвідношення імпорту будівельної техніки в Україну [8]

Fig. 2. The ratio of import of construction equipment to Ukraine [8]

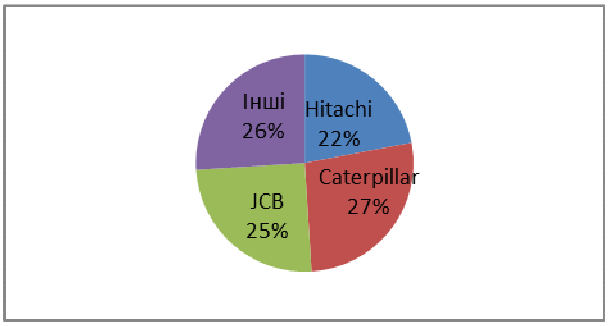

Рис. 3. Імпорт екскаваторів в Україну, статистика по торгівельним маркам [8]

Fig. 3. Import of excavators to Ukraine trade mark statistics [8]

ISSN 2312-6590. Гірничі, будівельні, дорожні і меліоративні машини, 94, 2019, 35-41

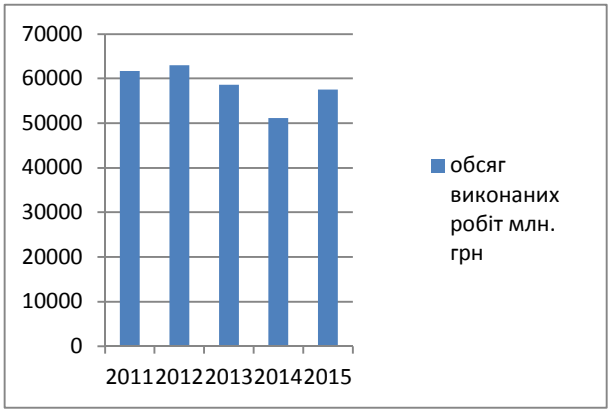

Рис. 4. Основні показники результатів діяльності будівельної галузі України в період з 2011-2015 роки [7]

Fig. 4. Main indicators of the results of the Ukrainian construction industry in the period from 2011-2015 [7]

Аналіз показує, що в 2017 році обсяг продажу гусеничних екскаваторів на китайському ринку збільшився більш ніж у 2 рази. Обсяги продажу будівельної техніки в Індії зросли на 10%, попит на європейському ринку збільшився, а у США відновився після уповільнення.

За даними Консалтинг Лтд продажі на світовому ринку будівельних машин у 2018 році збільшилися приблизно на 6%. У найближчі кілька років світовий ринок залишатиметься помірним і стійким.

До 2023 року світовий ринок будівельної техніки досягне ринкової вартості 272,15млрд доларів США, рекордне значення якого складе 7,98% у прогнозованому періоді 2018-2023 років. Зростаючий фокус на інфраструктурі та розвиток автоматизації у будівництві та виробничих процесах суттєво вплинув на зростання ринку.

Міжнародна компанія «Global Market Insights», що займається аналізом і оцінкою різних галузей промисловості, випустила свій новий звіт де оцінила світовий ринок оренди будівельної техніки (Рис.5). За її розрахунками зростання даного сегмента ринку дозволить до 2024 року оцінювати дохід у ньому близько $ 75,2 млрд.

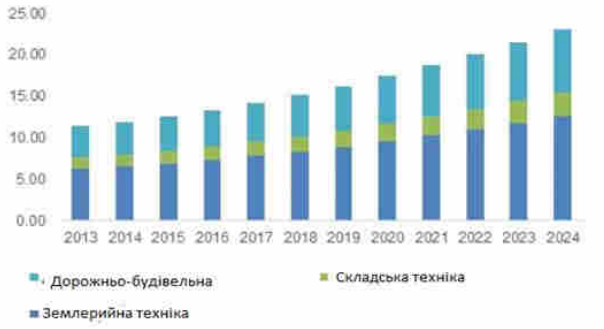

Рис. 5. Прогнозування попиту оренди землерийної техніки 2013-2024 рр.

Fig. 5. Prognosis of the demand for rent of earth moving equipment 2013-2024 biennium

Найпопулярнішими на ринку оренди спецтехніки виявилися дорожньо-будівельна техніка (32%) і землерийна техніка (майже 55%).

У зв'язку з очікуваним зростанням будівництва доріг і дорожньої інфраструктури, аналітики «Global Market Insights» очікують, що екскаватори, навантажувачі та бульдозери будуть найприбутковішими, їх частка в оренді до 2024 року виросте мінімум на 10%, склавши близько $ 40 млрд загальносвітового орендного доходу.

Нині близько третини орендного ринка належить США. А масова реконструкція дорожньої мережі в США і в країнах що розвиваються дозволяє очікувати зростання попиту на оренду спецтехніки, зокрема обладнаної сучасними інтелектуальними системами для збільшенню ефективності та безпеки.

У країнах Європи зростання очікується за рахунок виконання сучасних проектів з виробництва зеленої енергії: будівництва сонячних і вітрових електростанцій.

Провідні компанії на світовому ринку оренди спецтехніки: United Herc (Америка і Канада), Neff (Німеччина, Австрія), Sunbelt (США), Ahern (США), Gemini Equipment and Rentals (Індія), Aggreko (Великобританія), Terex (Америка), Maxim Crane Works (США), Komatsu (Японія), Liebherr, Weldex International Offshore (Великобританія).

Сьогодні вітчизняна будівельна галузь перебуває на стадії глибокої депресії. Війна та девальвація зробили фінансово-економічну кризу особливо болючою для більшості підприємств. Обсяги виконаних робіт на будівельному ринку скоротилися більш ніж у двічі. Тому вдосконалення робочого обладнання універсального одноківшевого екскаватора забезпечить деяку економію під час виконання землерийних робіт.

Створення високопродуктивних землерийних машин здійснюється за двома напрямами: виробництво принципово нових робочих органів та машин на базі використання досягнень фундаментальних наук і вдосконалення робочих органів, та машин традиційного типу, що знаходяться в експлуатації.

Перспективний напрям розвитку одноківшевих екскаваторів є створення робочих органів, що дозволять значно підвищити продуктивність виконання землерийних робіт за рахунок застосування траєкторно зміщених ріжучих елементів, розширення функціональних можливостей за рахунок використання поворотного гідроциліндра та гнучкого днища. З метою визначення перспективних напрямів створення високоефективних робочих органів одноківшевих екскаваторів в статті подано огляд традиційних конструкцій робочих органів, їх елементів та нових конструктивних рішень.

Ківш землерийної машини (Рис. 6) має на різальному поясі траєкторно зміщені зуби [10], це призвело до покращення заповнення ковша і, як наслідок, підвищення продуктивності машин в цілому.

Тривалість робочого циклу одноківшевого екскаватора з РО [10]

$$T = t_{зап} + t_{пов} + t_{виг} + t_{хол} + t_{ман}, \qquad (1)$$

де T – тривалість робочого циклу; $t_{зап}$– час заповнення ковша; $t_{пов}$ – час повороту екскаватора з заповненим ковшем у положення вивантаження; $t_{виг}$ – час вивантаження ковша; $t_{хол}$ – час повороту екскаватора з порожнім ковшем у положення заповнення ковша; $t_{ман}$ – час маневрування за цикл.

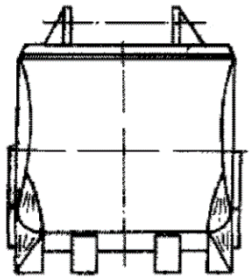

Рис. 6. Ківш землерийної машини вид спереду [10]

Fig. 6. Bucket of earthmoving machine view from the front [10]

Основним недоліком даного технічного рішення є неможливість копання ґрунту в режимі «пряма та зворотна лопата» без виконання монтажно-демонтажних робіт, пов'язаних з переустановкою робочого органа (ковша) відносно рукояті.

Конструкція екскаватора одноківшевого спрямована на збільшення продуктивності та розширення його функціональних можливостей [11]. Робоче обладнання екскаватора одноківшевого включає: ківш дзеркально симетричної форми (Рис. 7), встановлений в проймі рукояті та два гідроциліндра встановлені між внутрішніми сторонами пройми.

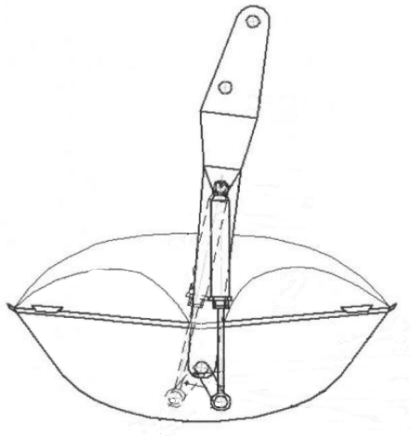

Рис. 7. Ківш дзеркально-симетричної форми [11]

Fig. 7. Buckle of mirror-symmetrical shape [11]

ISSN 2312-6590. Гірничі, будівельні, дорожні і меліоративні машини, 94, 2019, 35-41

Тривалість робочого циклу одноківшевого екскаватора в режимі пряма зворотна лопата [11]

$$T = t_{çàï} + t_{ï î â} + t_{âèã} + t_{õî ë} + t_{ì àí} . \quad (2)$$

Тривалість робочого циклу з врахуванням часу на переобладнання

$$T = t_{çàï} + t_{ï î â} + t_{âèã} + t_{õî ë} + t_{ï åð} , \quad (3)$$

де $t_{пер}$ – час на переобладнання робочого орану (пряма та зворотна лопата).

Недоліком цього пристрою є низька продуктивність екскаваційних робіт при розробці міцних та мерзлих ґрунтів, обумовлена розподілом корисної сили одночасно на всі ріжучі елементи та складністю переобладнання при переході від одного режиму до іншого.

Ківш екскаватора (Рис. 8), який містить бічні стінки з розширювачами [12].

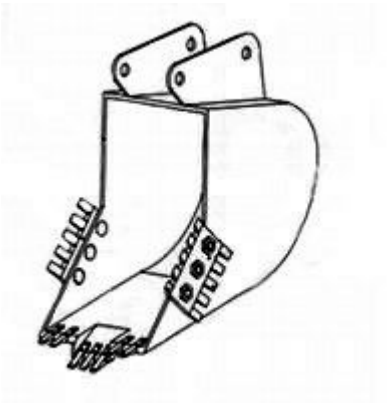

Рис. 8. Тривимірна модель ковша екскаватора [12]

Fig. 8. Three-dimensional bucket model of excavator [12]

Тривалість робочого циклу одноківшевого екскаватора з РО [12]

$$T = t_{çàï} + t_{ï î â} + t_{âèã} + t_{õî ë} + t_{ì àí} + t_n , \quad (4)$$

де t_n – руйнування ґрунту боковими розширювачами.

Дозволяє руйнувати грунт розширювачами в обох напрямках руху ковша.

Недоліком такої конструкції є низька ефективність внаслідок незакінченого циклу копання в зворотному напрямку.

Ківш одноківшевого екскаватора виконаний у совковоподібній формі (Рис. 9) має основні та розпушувальні зуби [13]. Вони дозволяють додатково розпушувати міцні ґрунти за рахунок траєкторно зміщених розпушувальних зубів.

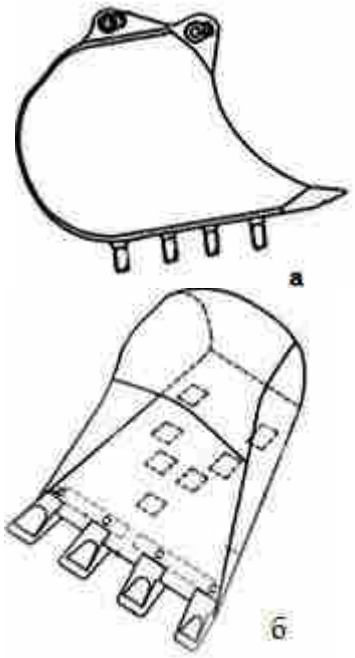

Рис. 9. Совкоподібний ківш: *а* – розстановка розпушувальних зубів на днищі ковша, *б* – зображений загальний вигляд робочого органу [13]

Fig. 9. Scoop-shaped bucket: *a* – placement of loosening teeth on the bottom of the bucket, *б* – depicts the general view of the working organ [13]

Тривалість робочого циклу одноківшевого екскаватора [13] з РО

$$T = t_{çàï} + t_{ï î â} + t_{âèã} + t_{õî ë} + t_{ì àí} + t_{ðóõ} + t_{ï ïä}, \quad (5)$$

де $t_{під}$ – час на підбір попередньо зруйнованого ґрунту.

Основним недоліком такої конструкції є низька ефективність внаслідок збільшення операцій циклу копання.

ВИСНОВОК

У зв'язку з популярністю будівельних екскаваторів ці машини повинні бути максимально універсальними, відповідати вимогам і умовам, як просторовим, так і фізико-механічним. Крім відповідності нормам даного регіону одноківшеві екскаватори повинні бути мобільними та мати при малих габаритах максимальну продуктивність. Саме тому розробка одноківшевого екскаватора для копання ґрунту вище та нижче рівня стоянки, без виконання монтажно-демонтажних робіт на переобладнання з підвищеною продуктивністю та зменшеною енергоємністю процесу копання, є актуальною та необхідною вимогою сьогодення.

ЛІТЕРАТУРА

1. **Интенсификация** разработки грунтов в дорожном строительстве : монография / В. И. Баловнев, Л. А. Хмара. – Москва: Транспорт, 1993. – 383с
2. **Модернізація** та підвищення продуктивності будівельних машин: монографія / Л. А. Хмара, М. П. Колісник, В. П. Станевський. – Київ : Будівельник, 1992. – 152 с
3. **Машины** для земляных работ / Ю.А. Ветров, А.А. Кархов, А.С. Кондра, В.П. Станевский**.** - К.: Выща шк., 1981. - 348 с.
4. **Міщук Д.** Відвал бульдозера з розпушувальними зубами / Д. Міщук, В. Волянюк, Є. Горбатюк // Гірничі, будівельні, дорожні та меліоративні машини, Вип.92, – 2018. – С. 70-79.https://doi.org/10.31493/gbdmm 1892.0403.
5. **Офіційний сайт** Державної служби статистики України [Електронний ресурс] – Режим доступу: http://www.ukrstat.gov.ua/
6. **Технология** строительного производства. Учебник для вузов: С. С. Атаев, Н. Н. Данилов, Б. В. Прыкин и др. Стройиздат», 1984.
7. **Аналіз** стану та тенденції розвитку будівельної галузі України / О.В. Оскома, А.Р. Колосова, К.О. Засікан // Глобальні та національні проблеми економіки. – 2015. – № 8 [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://global-national. in.ua/issue-8-2015
8. **Компанія МАРКОМ** (ТОВ "Маркетингові комунікації "МАРКОМ") - дослідження, консалтинг, просування на ринках B2B, B2C: інфраструктури, промисловості, транспорту, сільського господарства, продуктів харчування, будівництва, родовищ, корисних копалин. – Режим доступу: http://marcom.kiev.ua/ua/research/
9. **Ветров Ю. А.** Резание грунтов землеройными машинами. Изд. «Машиностроение». М., 1971.
10. **Деклараційний патент** України на винахід № 59923 А, кл. E02F 3/40, 2003.
11. **Екскаватор одноківшевий** (патент на корисну модель України № 54205, кл. E02F 3/28, 2010).
12. **Корисна модель** (патент на корисну модель України №65244, кл. E02F 3/40, 2011).
13. **Деклараційний патент** на корисну модель України № 86371, кл. E02F 3/40, 2013.

REFERENCES

1. **Balovnev V. I., Khmara L. A.** (1993). Intensification of development of land in road construction. monograph. Moscow, Transport, 383
2. **Khmara L. A., Kolisnyk M. P., Stanevsky V. P.** (1992). Modernization and increase of productivity of construction machines: monograph. Kyiv, Builder, 152.
3. **Vetrov Yu. A., Karkhov A. A., Kondra A.S., Stanevsky V.P.** (1981). Machines for earthwork. Kyiv, Higher school, 348.
4. **Mishchuk D., Volyanyuk V., Gorbatyuk Eu.** (2018) Dozer blade with ripper teeth. Gìrničì, budìvelnì, dorožnì ta melìorativnì mašini [Mining, constructional, road and melioration machines], No.92, 70-79. – (in Ukrainian). https://doi.org/10.31493/gbdmm1892.0403.
5. **Official site of the State Statistics** Service of Ukraine [Electronic resource]. Mode of access: http://www.ukrstat.gov.ua/
6. **Ataev S. S., Danilov N. N., Prikin B. V. and others** (1984). Technology of building production. Textbook for high schools: Stroyizdat.
7. **Oscom O. V., Kolosova A. R., Zasikan K. O.** (2015). Analysis of the state and trends of the construction industry in Ukraine. Global and national problems of the economy, No. 8. Access mode: http: // global-national. in.ua/issue-8-2015.
8. **MARKOM company** (marketing communications marketing company "MARKOM") - research, consulting, promotion on the markets B2B, B2C: infrastructure,

industry, transport, agriculture, food, construction, deposits, minerals - access mode: http: /marcom.kiev.ua/ru/research/
9. **Vetrov Yu. A**. (1971). Soil cutting by earthmoving machines. Izd. Machine-building. Moscow.
10. **Declarative Patent of Ukraine** for invention No. 59923 A, cl. E02F 3/40, (2003).
11. **One-digger excavator.** (2010). Patent for utility model number 54205, class E02F 3/28.
12. **Utility model** (2011). Patent for utility model number 65244, class E02F 3/40.
13. **Declarative** (2013). Patent for Utility Model No. 86371, cl. E02F 3/40.

Innovative ways to improve construction equipment given the needs of the modern construction industry

Mykola Pristailo[1],
Konstantin Marchuk[2]

Kyiv National University of Construction and Architecture

Abstract. The sound of the popular weekday excitement, such as the most convenient but the most comprehensive, the more intelligent, the more open, the more physical. In addition to the standards given to the region, one-time-one-way mobile and mother with a small size maximize productivity. By the way, the development of a one-way excavator for digging on the road and lower than the parking lot without the need for assembly and disassembly robots for overhauling with the most efficient and unchanged energy process.

Keywords: excavators, straight shovel, back shovel, earthmoving machines, universal excavators.