

УДК 621.879.33

ТЕЛЕСКОПІЧНЕ РОБОЧЕ ОБЛАДНАННЯ ОДНОКІВШЕВИХ ГІДРАВЛІЧНИХ ЕКСКАВАТОРІВ

ХМАРА Л. А.¹, *д. т. н., проф.*,
ДАХНО О. О.², *аспірант*
ДОРОХІНА К. І., *студентка*

¹ Кафедра будівельних і дорожніх машин, Державний вищий навчальний заклад "Придніпровська державна академія будівництва та архітектури", вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпропетровськ, Україна, тел. +38 (093) 267-03-86, e-mail: leonidkhmara@yahoo.com, ORCID ID: 0000-0003-3050-9302

² Кафедра будівельних і дорожніх машин, Державний вищий навчальний заклад "Придніпровська державна академія будівництва та архітектури", вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпропетровськ, Україна, тел. +38 (066) 044-84-48, e-mail: olegdakhno@gmail.com, ORCID ID: 0000-0001-6916-4327

Анотація. Постановка проблеми. Найбільш поширеною і часто використовуваною будівельною технікою є одноківшевий гідравлічний екскаватор. Одним із основних напрямів удосконалення робочого обладнання (РО) екскаваторів в теперішній час є розвиток і створення нових конструкцій екскаваторів, які дозволяють розширити технологічні можливості за рахунок можливості змінювати геометричні параметри РО, завдяки наявності як нових структур, створених із нових та традиційних елементів, так і оснащених телескопічним робочим обладнанням (ТРО), а саме телескопічним стрілою та рукояттю, при цьому зміна цих параметрів відбувається плавно та з'являється можливість здійснювати широку адаптацію до різних умов роботи і скоротити кількість спеціалізованої техніки на будівельному майданчику. Перспективним напрямком розвитку землерийної техніки є телескопічне робоче обладнання одноківшевого гідравлічного екскаватора (ОГЕ), яке дає змогу збільшити глибину копання та висоту розвантаження, збільшити об'єм розроблюваного ґрунту з однієї стоянки та радіус роботи РО, швидко змінювати в широкому діапазоні геометричні параметри РО та використовувати широкий спектр робочих органів, при цьому ТРО ОГЕ дає змогу об'єднувати робочі операції з одночасною зміною лінійних розмірів РО, що дозволяє зменшувати час циклу а також дозволяє виконувати планувальні роботи. Із цього виходить, що проблема дослідження та визначення раціональних конструктивних параметрів ТРО ОГЕ є актуальною. **Мета статті.** Виявити тенденції розвитку робочого обладнання одноківшевих екскаваторів зі змінними геометричними характеристиками робочого обладнання та проаналізувати ці конструкції. **Висновок.** Проведений огляд та аналіз дозволив виявити тенденції розвитку робочого обладнання одноківшевих екскаваторів зі змінними геометричними характеристиками робочого обладнання, переваги та недоліки існуючого обладнання. Для зміни геометричних параметрів в реальних конструкціях РО зазвичай використовуються РО збільшеного розміру, додаткові елементи та секції, а також телескопічні рукояті, при цьому застосуванню телескопічних механізмів в стрілі увага майже не приділяється. Авторами надані аналітичні рівняння для визначення розмірів елементів РО на основі заданих параметрів, а також рекомендації по застосуванню телескопічних елементів в стрілі РО гідравлічного екскаватора.

Ключові слова: одноківшевий екскаватор, телескопічне робоче обладнання, тенденції розвитку робочого обладнання

ТЕЛЕСКОПИЧЕСКОЕ РАБОЧЕЕ ОБОРУДОВАНИЕ ОДНОКОВШОВЫХ ГИДРАВЛИЧЕСКИХ ЭКСКАВАТОРОВ

ХМАРА Л. А.¹, *д. т. н., проф.*,
ДАХНО О. А.², *аспірант*
ДОРОХІНА К. І., *студентка*

¹ Кафедра строительных и дорожных машин, Государственное высшее учебное заведение "Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры", ул. Чернышевского, 24-а, 49600, Днепропетровск, Украина, тел. +38 (093) 267-03-86, e-mail: leonidkhmara@yahoo.com, ORCID ID: 0000-0003-3050-9302

² Кафедра строительных и дорожных машин, Государственное высшее учебное заведение "Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры", ул. Чернышевского, 24-а, 49600, Днепропетровск, Украина, тел. +38 (066) 044-84-48, e-mail: olegdakhno@gmail.com, ORCID ID: 0000-0001-6916-4327

Аннотация. Постановка проблемы. Наиболее распространенной и часто используемой строительной техникой является одноковшовый гидравлический экскаватор (ОГЭ). Одним из основных направлений совершенствования рабочего оборудования (РО) ОГЭ в настоящее время является развитие и создание новых конструкций ОГЭ, которые позволяют расширить технологические возможности за счет возможности изменять геометрию РО, благодаря наличию как новых структур, созданных из новых и традиционных элементов, так и оснащение телескопическим рабочим оборудованием (ТРО), а именно телескопическими стрелой и рукоятью. Изменение параметров в ТРО происходит плавно и появляется

возможность осуществлять широкую адаптацию к различным условиям работы и сокращать количество специализированной техники на строительной площадке. Перспективным направлением развития землеройной техники является ТРО ОГЭ, которое позволяет увеличить глубину копания и высоту разгрузки, увеличить объем разрабатываемого грунта с одной стоянки и радиус работы РО, быстро менять в широком диапазоне геометрические параметры РО и использовать широкий спектр рабочих органов, при этом ТРО ОГЭ позволяет объединять рабочие операции с одновременным изменением линейных размеров РО, что позволяет уменьшать время цикла а также позволяет выполнять планировочные работы. Из этого следует, что проблема исследования и определения рациональных конструктивных параметров ТРО ОГЭ является актуальной. **Цель статьи.** Выявить тенденции развития рабочего оборудования одноковшовых экскаваторов с переменными геометрическими характеристиками рабочего оборудования и проанализировать эти конструкции. **Вывод.** Проведенный обзор и анализ позволил выявить тенденции развития РО ОГЭ с изменяемыми геометрическими характеристиками РО, а также преимущества и недостатки существующего оборудования. Для изменения геометрических параметров в реальных конструкциях РО обычно используются РО увеличенного размера, дополнительные элементы и секции, а также телескопические рукояти, при этом применению телескопических механизмов в стреле внимание почти не уделяется. Авторами предоставлены аналитические уравнения для определения размеров элементов РО на основе заданных параметров, а также рекомендации по применению телескопических элементов в стреле РО гидравлического экскаватора.

Ключевые слова: одноковшовый экскаватор, телескопический рабочее оборудование, тенденции развития рабочего оборудования

TELESCOPIC WORKING EQUIPMENT OF SINGLE BUCKET HYDRAULIC EXCAVATOR

KHMARA L. A.¹, *Dr. Sc. (Tech.), Prof.*

DAKHNO O. O.², *postgraduate*

DOROKHINA K. I., *student*

¹ Department of Building and road machines. State Higher Education Establishment "Pridneprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture", 24-A, Chernishevskogo str., Dnipropetrovsk 49600, Ukraine, tel. +38 (093) 267-03-86, e-mail: leonidkhmara@yahoo.com, ORCID ID: 0000-0003-3050-9302

² Department of Building and road machines. State Higher Education Establishment "Pridneprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture", 24-A, Chernishevskogo str., Dnipropetrovsk 49600, Ukraine, tel. +38 (066) 044-84-48, e-mail: olegdakhno@gmail.com, ORCID ID: 0000-0001-6916-4327

Summary. Raising of problem. The most common is commonly used building machinery is hydraulic excavator. One of the main directions of improvement of working equipment excavator at present is the development and creation of new structures excavators that allow for increased technological capabilities through the ability to modify the geometrical parameters of working equipment, thanks to both new structures created with new and traditional elements and equipped with telescopic working equipment such as boom and telescopic handle, with the change of these parameters is smooth and it is possible to carry out a broad adaptation to various working conditions and reduce the number of specialized equipment at the construction site. A promising area of earth-moving equipment is telescopic hydraulic excavator working equipment that maximizes digging depth and height of unloading, increase the amount of developed ground with parking and a range of working equipment to quickly change a wide range of geometric parameters of equipment and use a wide range of work bodies with telescopic working equipment allows workers to combine operations with the simultaneous change of linear dimensions that will reduce cycle time and allows you to perform planning work. From this it follows that the problem of the study and definition of rational design parameters telescopic loader working equipment is relevant. **The purpose of the article.** Identify the trends of excavator working equipment with variable geometrical characteristics of working equipment and analyze these designs. **Conclusion.** The review and analysis revealed a trend of excavator working equipment with variable geometrical characteristics of working equipment, advantages and disadvantages of existing equipment. To change the geometrical parameters in real working equipment designs commonly used design enlarged and additional elements section and telescopic handle, with the use of telescopic boom mechanisms attention is almost given. The authors provided analytical equation to determine the dimensions of the work equipment based on set parameters and recommendations on the use of telescopic boom elements in hydraulic excavator working equipment.

Keywords: excavator, excavators, telescopic working equipment, trends working equipment

Постановка проблеми. Найбільш поширеною і часто використовуваною будівельною технікою є однокішшевий гідравлічний екскаватор. Одним із основних напрямів удосконалення робочого обладнання (РО) екскаваторів в теперішній час є розвиток і створення нових конструкцій екскаваторів, які дозволяють розширити технологічні можливості за рахунок можливості змінювати геометричні параметри РО, завдяки наявності як нових структур, створених із нових та традиційних елементів, так і оснащених телескопічним робочим обладнанням (ТРО), а саме телескопічним стрілою та рукояттю, при цьому зміна цих параметрів відбувається плавно та з'являється можливість здійснювати широку адаптацію до різних умов роботи і скоротити кількість спеціалізованої техніки на будівельному майданчику.

Перспективним напрямком розвитку землерийної техніки є телескопічне робоче обладнання однокішшевого гідравлічного екскаватора (ОГЕ), яке дає змогу збільшити глибину копання та висоту розвантаження, збільшити об'єм розроблюваного ґрунту з однієї стоянки та радіус роботи РО, швидко змінювати в широкому діапазоні геометричні параметри РО та використовувати широкий спектр робочих органів, при цьому ТРО ОГЕ дає змогу об'єднувати робочі операції з одночасною зміною лінійних розмірів РО, що дозволяє зменшувати час циклу а також дозволяє виконувати планувальні роботи.

Із цього виходить, що проблема дослідження та визначення раціональних конструктивних параметрів ТРО ОГЕ є актуальною [1, 2, 3, 4, 5].

Мета статті. Виявити тенденції розвитку робочого обладнання однокішшевих екскаваторів зі змінними геометричними характеристиками робочого обладнання та проаналізувати ці конструкції.

Виклад основного матеріалу. Для виявлення можливих напрямів розвитку робочого обладнання екскаваторів зі змінними геометричними параметрами розглянемо існуючі конструкції та патентні рішення подібного обладнання.

Одним із найбільш розширених засобів зміни геометричних параметрів екскаватора є застосування змінного робочого обладнання збільшеної довжини. Застосування змінного робочого обладнання (наприклад, змінної рукояті більшої довжини) дає можливість змінювати геометричні параметри робочого обладнання, але має деякі недоліки: трудомісткість заміни одного робочого органу на інший, ступінчаста зміна геометричних параметрів при заміні робочого обладнання.

Відомі та широко застосовуються, наприклад, екскаватори, оснащені робочим обладнанням зі збільшеною довжиною стріли та рукояті. Подібне обладнання забезпечує широкі межі застосування екскаватора при очистці річок та дренажних каналів, а також для будівництва укосів. Технічні параметри моделей, оснащених подібним обладнанням представлені у таблиці 1. Робоче обладнання збільшеної довжини забезпечує велику зону обслуговування та об'єм розроблюваного ґрунту з однієї стоянки у порівнянні з традиційним РО, при цьому досягається велика глибина копання та усувається необхідність у частих переміщеннях машини.

Таблиця 1

Технічні параметри екскаваторів зі збільшеним РО

Параметр	Фірма та модель екскаватора												СА Т
	New Holland		Hitachi					Komatsu					
	E 215 LC	E 265 LC	ZX 85UX	ZX 210LC	ZX 250LC	ZX 290LC	ZX 350LC	PC 210LC- 10	PC 240LC- 10	PC 210LC- 10	PC 360LC- 10	PC 390LC- 10	
Маса, т	24.2	28.7	9.34	21.9	26	29.9	35.3	23.6	25.0	31.2	37.0	39.4	40
Місткість ковша, м ³	0.45		0.28	0.30 0.40 0.45	0.40 0.45 0.50 0.59 0.66 0.75	0.52 0.60 0.70 0.82		0.46	0.57		0.68 0.96		0.44 0.59 0.86 1.08 1.13 1.19 1.30 1.41
Потужність двигуна, кВт	118	137	34.1	122	132	140	202	118	132	147	162	192	200
Радіус копання, м	15.8	18.6	10.3	15.4	15.1	18.2	20.5	15.2	18.4	18.29			18.1
Глибина копання, м	12.0	14.7	7.7	11.5	10.7	13.7	16.0	11.5	13.0	12.3	12.4	12.3	12.9
Висота розвантаження, м	11.5	12.5	8.3	11.9	11.7	13.7	13.3	11.8	15.5	15.1	14.1	14.4	12.8
Тип рушія	гусеничний												
Швидкість пересування, км/год	6.0	5.8	5.0	5.5	5.2	5.0		5.5					5.2

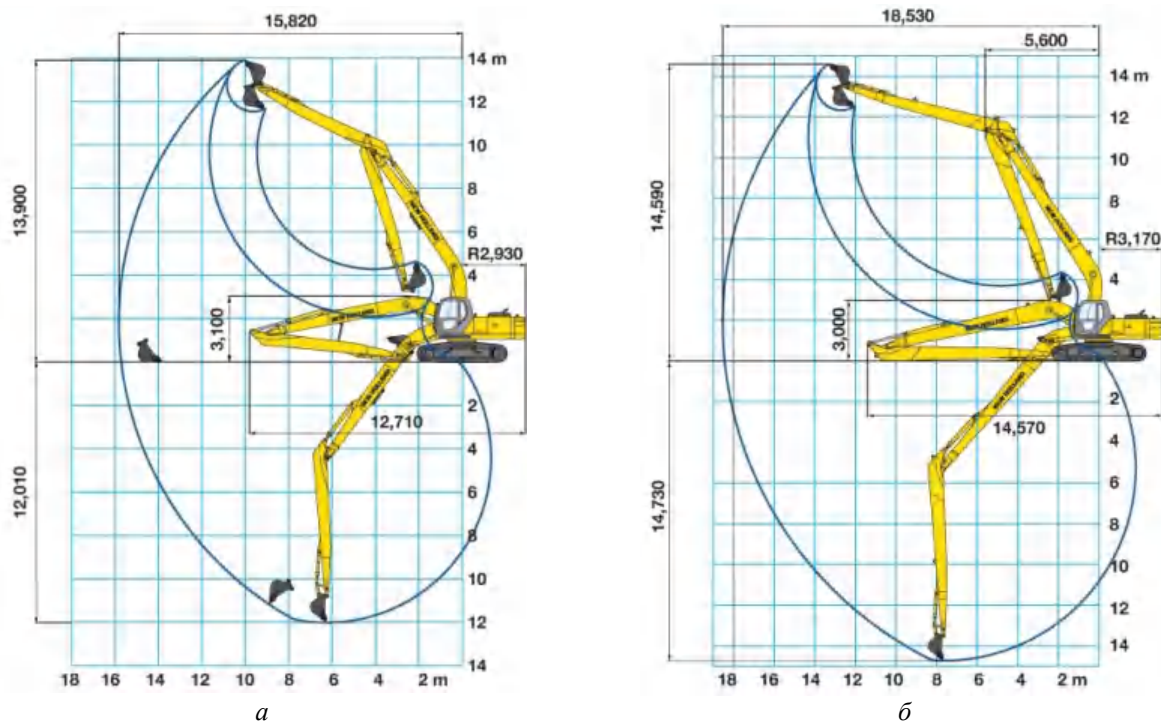


Рис. 1. Экскаватори фірми New Holland зі збільшеними розмірами РО: а – E 215 LC; б – E 265 LC

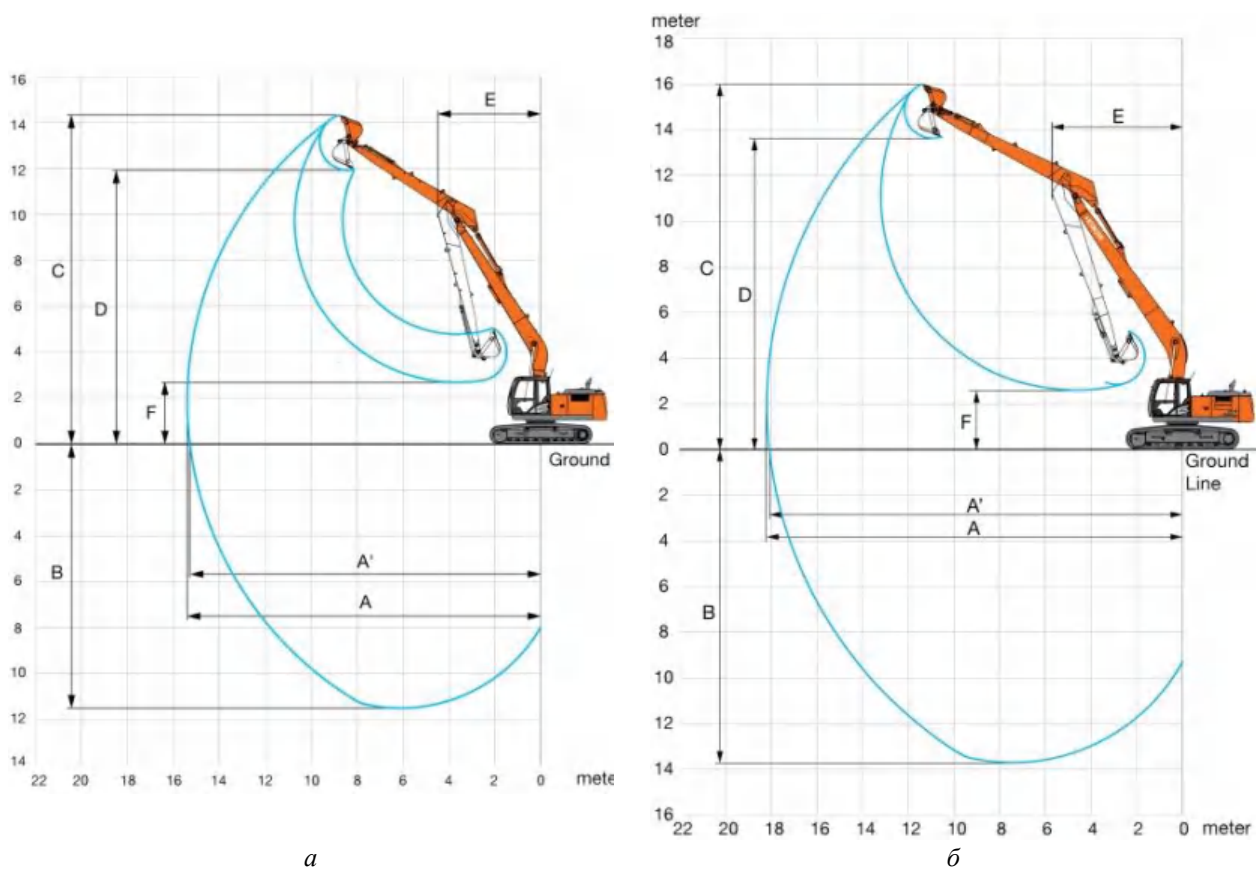


Рис. 2. Экскаватори фірми Hitachi: а – ZX 210LC; б – ZX 290LC



Рис. 3. Екскаватори зі збільшеним РО при виконанні робіт: а – Hitachi ZX 250LC при роботі на розчистці каналу; б – Komatsu PC 240LC-10

Світові лідери екскаваторобудування комплектують свої моделі екскаваторів подібним РО, наприклад, екскаватори фірм *New Holland* та *Hitachi* (рисунки 1, 2, 3).

Екскаватори фірм *Komatsu* та *Caterpillar* мають схожі технічні та технологічні параметри.

Аналізуючи статистичні матеріали технічних та конструктивних параметрів можна зробити висновок, що параметри елементів робочого обладнання екскаваторів однієї розмірної групи мають подібні значення та подібні масові показники. Приймаючи за постійний параметр масу базової машини або глибину копання, або висоту розвантаження, коефіцієнт подібності для деякого j -го елемента РО екскаватора дорівнюватиме:

$$k_l^m = \frac{\sum_1^n l_j}{n \cdot m^{\frac{1}{3}}}; \quad (1)$$

$$k_l^{H_K} = \frac{\sum_1^n l_j}{n \cdot H_K^{\frac{1}{3}}}; \quad (2)$$

$$k_l^{H_P} = \frac{\sum_1^n l_j}{n \cdot H_P^{\frac{1}{3}}}; \quad (3)$$

де l_j – лінійний параметр j -го елемента РО екскаватора; n – кількість подібних елементів; m – маса машини, H_K – глибина копання, H_P – висота розвантаження

Також відомі технічні рішення, в яких для розширення геометричних параметрів та розширення робочої зони та зони обслуговування екскаватора, застосовуються додаткові традиційні елементи (наприклад, додаткові рукояті) та різноманітні нові елементи. Синтез таких традиційних та нових елементів дозволяє отримувати нові структури РО з новими технічними та технологічними властивостями. Так фірма *New Holland* пропонує моделі екскаваторів, оснащених новими видами РО, в

якому для розширення робочої зони застосовуються додаткові рукояті традиційної конструкції (рис. 4, а). РО такої структури дозволяє збільшити ступінь рухомості у порівнянні з традиційними структурами РО та обладнання збільшеної довжини, а також використовувати нові види робочих органів. Відома також низка моделей екскаваторів в яких для розширення геометричних параметрів зони обслуговування застосовують, багатосекційне РО, яке дозволяє збільшити ступінь рухомості РО, наприклад трисекційне РО фірми *OEM* а також моделі *E385LC* та *E485LC* фірми *New Holland* з п'ятисекційним РО (рис.5). Фірма *OEM* пропонує комплектувати своє РО ковшами місткістю 0.45...0.63 м³, та застосовувати для риття ґрунту в умовах обмеженої кількості майданчиків для розташування машини, а також для облаштування ухилів, каналів та розчищення водойм.

Найбільш перспективним обладнанням екскаватора, здатним забезпечити найширший діапазон глибини копання, висоти розвантаження, великої зони обслуговування – є телескопічне РО. Застосування такого типу обладнання дозволяє отримувати перемінну продуктивність, плавно – безступінчато змінювати геометричні параметри РО, використовувати екскаватор для нових видів робіт (наприклад, планувальних). Окрім цього, застосування телескопічних конструкцій РО дозволяє поєднувати робочі операції з одночасною зміною геометричних параметрів обладнання, що дозволяє мінімізувати час робочого циклу.

Підвищення продуктивності екскаватора з ТРО у порівнянні з екскаватором, оснащеним традиційним РО досягається за рахунок збільшення об'єму розроблюваного ґрунту з однієї стоянки, що дозволяє зменшити кількість та час позациклових операцій

(переміщення машини на нове місце для подальшої розробки ґрунту) та зменшення часу робочого циклу

(у порівнянні з екскаваторами, оснащеними РО зі збільшеними параметрами).

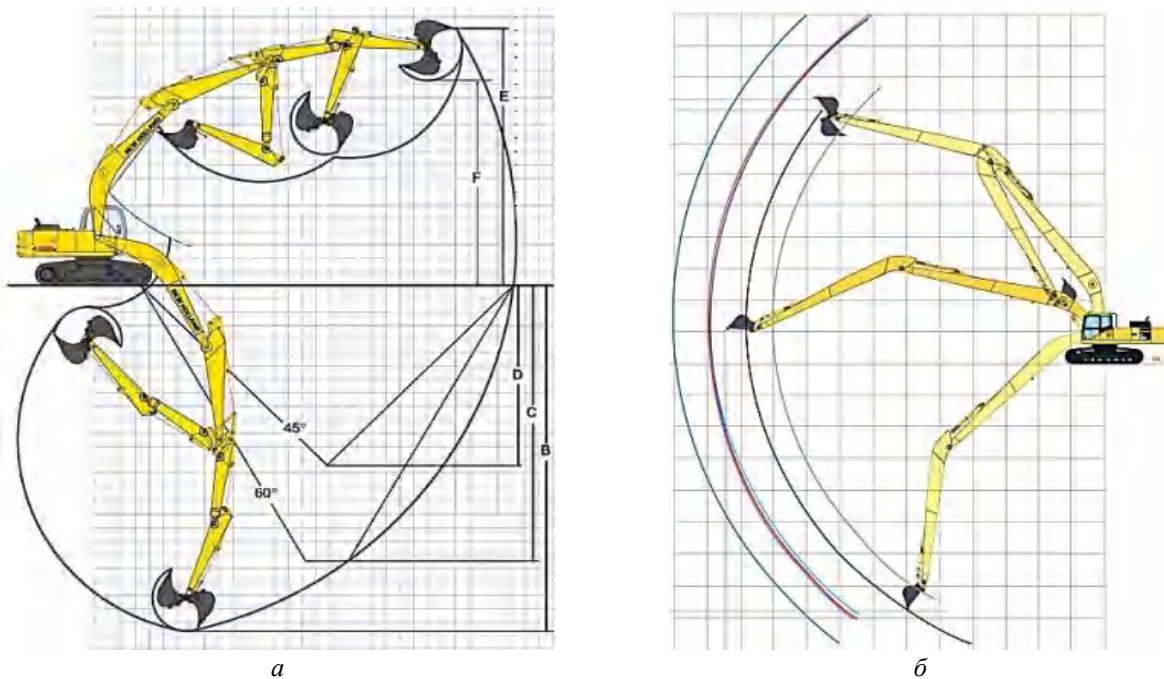


Рис. 4. Нові структури РО ОГЕ: а – екскаватор E215 VLC-M з трьома рукоятями фірми New Holland; б – екскаватор PC240LC-10 фірми Komatsu зі збільшеними розмірами елементів РО

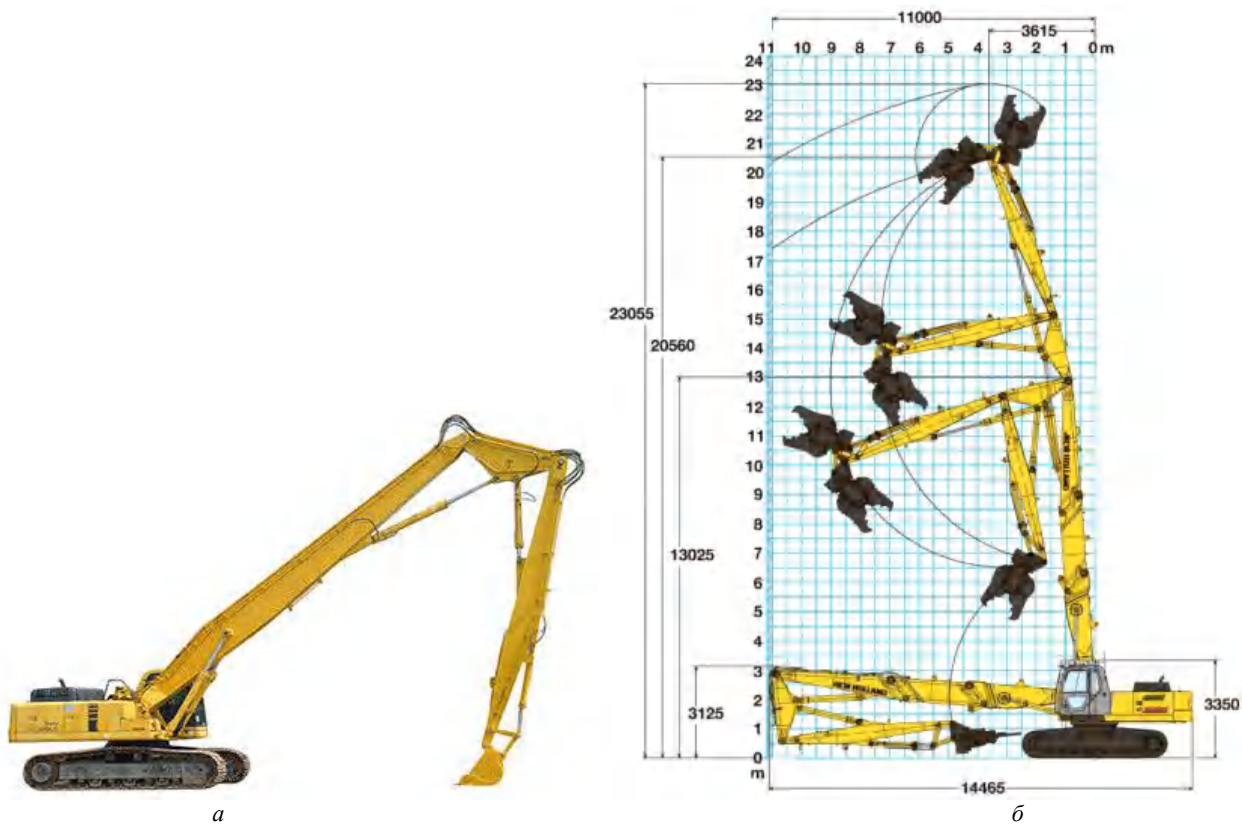


Рис. 5. Нові структури РО ОГЕ: а – екскаватор з трисекційним РО фірми OEM; б – екскаватор E 385LC фірми New Holland з багатосекційним РО змінної геометрії

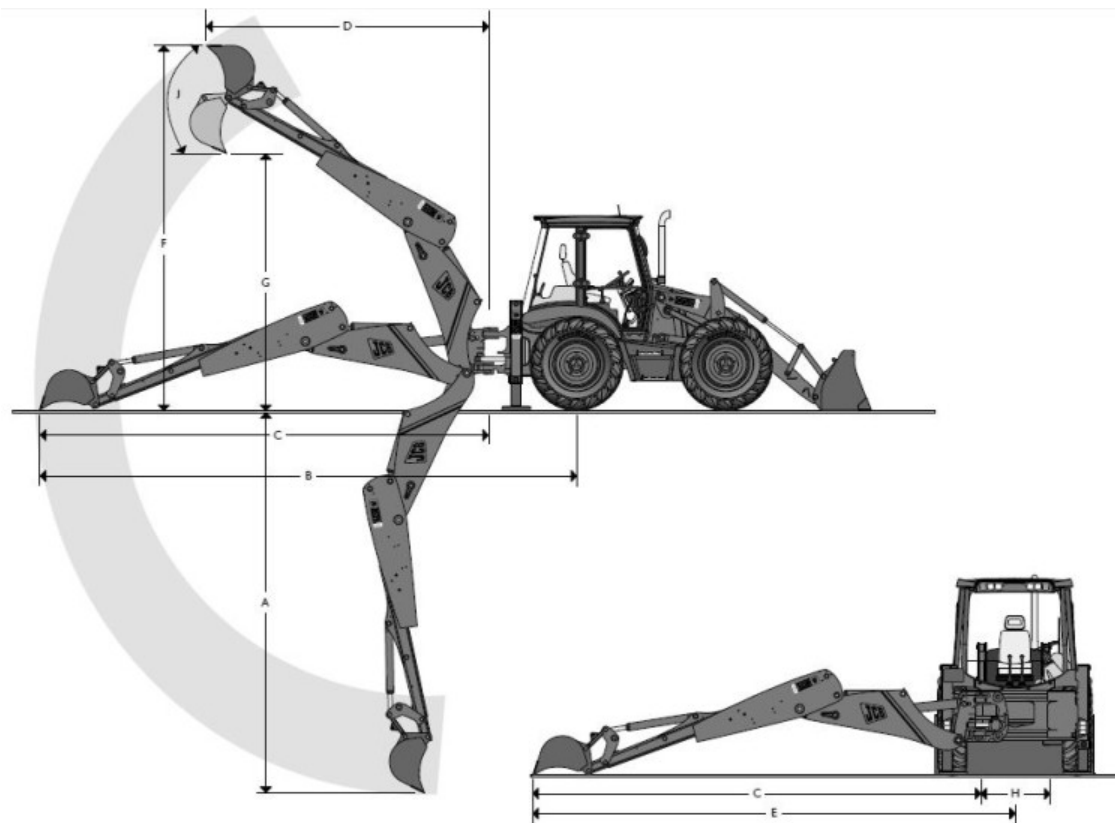


Рис. 6. Экскаватор-навантажувач JCB 3CX з телескопічною рукояттю

В сучасному экскаваторобудуванні основними елементами для застосування телескопічних елементів – є рукояті. Так, наприклад, фірми *JCB*, *John Deere (4045T)*, *Caterpillar* обладнують свої

екскаватори II розмірної категорії телескопічними рукояттями (рис. 6, 7) для виконання робіт по традиційним технологічним схемам у поєднанні з традиційними ківшами.



а



б

Рис. 7. Экскаватори з телескопічними рукояттями: а – фірми JCB; б – CAT 444E

В сучасному экскаваторобудуванні основними елементами для застосування телескопічних елементів – є рукояті. Так, наприклад, фірми *JCB*, *John Deere (4045T)*, *Caterpillar* обладнують свої экскаватори II розмірної категорії телескопічними рукояттями (рис. 6, 7) для виконання робіт по традиційним технологічним схемам у поєднанні з традиційними ковшами.

Екскаватори III та IV розмірних груп обладнують телескопічними рукояттями у поєднанні з грейферним РО. Подібні конструкції мають канатно-гідролічні конструкції телескопічного механізму рукояті.

Відомі моделі фірми *CAT 336D* (рис. 8) *Hitachi ZX210LC-5B* з телескопічною рукояттю *S-TC200R-8* (рис. 9, а), *ZX225USRLC-3*, *ZX330LC-3* з

телескопічною рукояттю S-TC300R-7, а також екскаватор фірми *Cosben* (рис. 9, б) екскаватори оснащені подібним РО дозволяють виконувати роботи на глибині від 18 до 36м.

Слід зазначити, що робочий процес одноківшевого екскаватора як машини циклічної дії здійснюється таким чином, що робоча операція – копання, періодично переривається виконанням допоміжних операцій – підйому РО, повороту платформи на розвантаження, поворотів рукояті та ковша під час розвантаження, опускання РО, повороту ковша та рукояті при поверненні робочого органу в початкову точку в забої.



Рис. 8. Екскаватор CAT 336D з телескопічною рукояттю

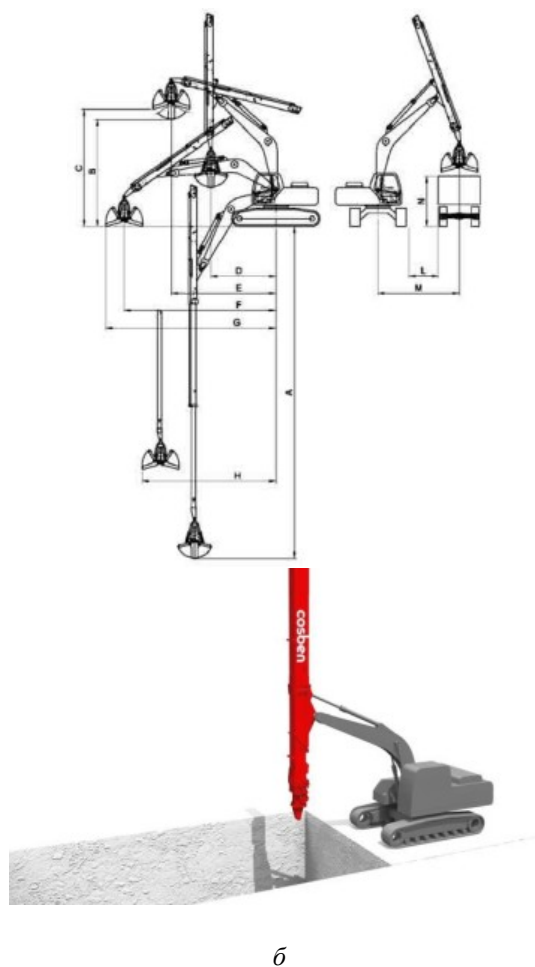
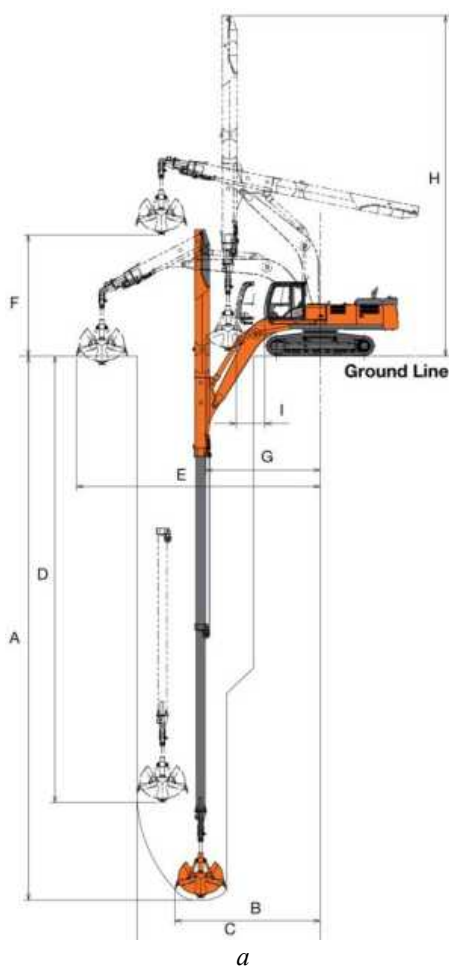


Рис. 9. Екскаватори з телескопічними рукояттями: а – Hitachi ZX210LC-5B; б – Cosben TA

Сполучення цих послідовно поєднаних операцій, які забезпечують заповнення ковша, розвантаження та повернення у початкове положення, називається робочим циклом екскаватора. Для кожного виду обладнання при виконанні робочого циклу існує своя послідовність рухів виконавчих механізмів (рис. 10) [6].

Циклограма роботи, представлена на рисунку 10 показує, що при виконанні робочих операцій в циклі рукоять застосовується на 42%, ківш на 27%, а стріла на 24%, таким чином, можна зробити висновок, що більш доцільним є застосування телескопічних механізмів саме в стрілі, оскільки це дозволить знизити активні навантаження на телескопічні механізми та дозволить збільшити довговічність цих механізмів.

Застосування телескопічних стріл в РО екскаватора у поєднанні як з традиційними так і телескопічними рукоятями, дозволяє зрівнювати

недоліки застосування лише телескопічної рукояті (рис. 11, 12, 13) [7, 8, 9].

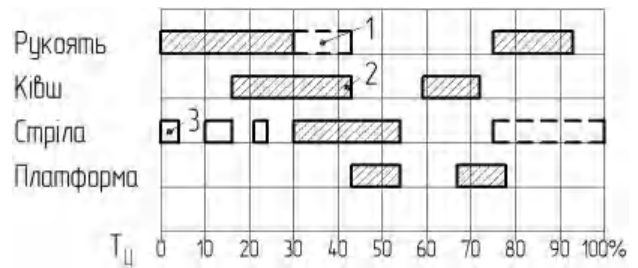
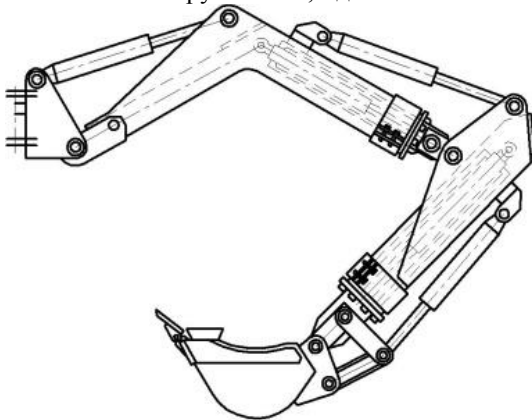
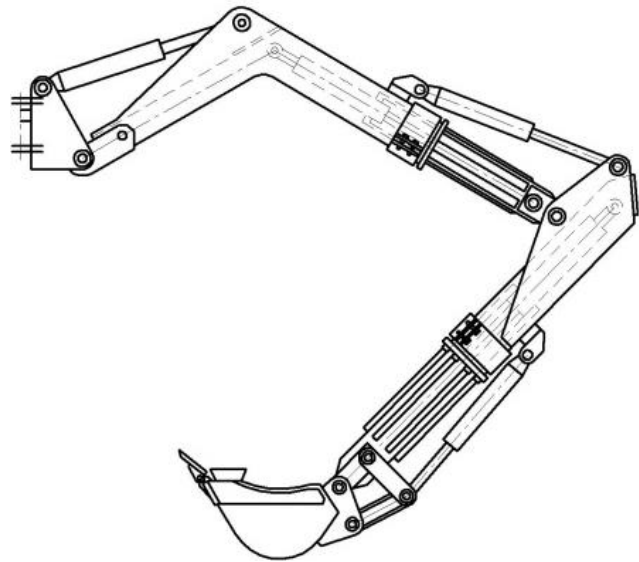


Рис. 10. Робочий цикл (циклограма роботи) екскаватора з обладнанням «зворотна лопата»: 1 – операції, виконання яких не потребує енергетичних затрат; 2 – операції, які потребують затрати енергії; 3 – короткострокові вклучення

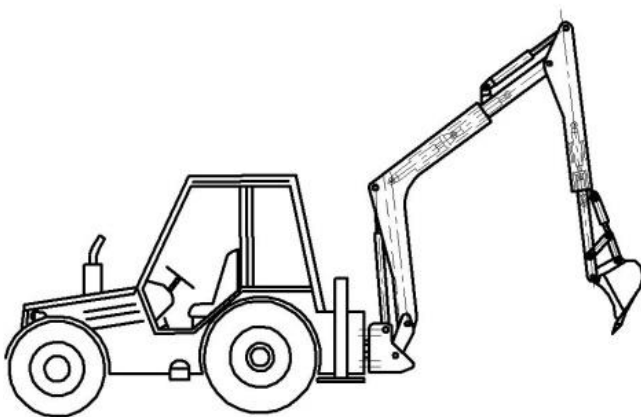


а

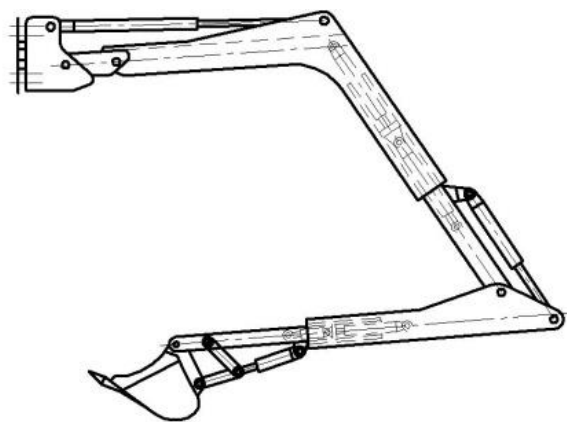


б

Рис. 11. Конструкція ТРО по а.с. України № 43969: а – телескопічне РО при втягнутих телескопах стріли та рукояті; б – ТРО при виштовхнутих телескопах стріли та рукояті



а



б

Рис. 12. Конструкція екскаватора з телескопічною стрілою та рукояттю по а.с. України №65783: а – загальний вигляд; б – телескопічне робоче обладнання при втягнутих телескопах стріли та рукояті

Вибір і призначення раціональних параметрів ТРО ОГЕ. При виборі раціональних параметрів ТРО ОГЕ ставиться завдання забезпечення високої продуктивності при мінімальній енергоємності та собівартості робіт. Для ОГЕ обладнаного ТРО головним параметром є експлуатаційна маса з основним РО, а основні геометричні параметрами є похідними від експлуатаційної маси:

- довжина нижньої частини стріли (при шарнірно-зчленованій конструкції стріли);
- довжина телескопічної частини стріли, при одно-, дво- та трисекційних телескопічних системах;
- довжина телескопічної рукояті при одно-, дво- та трисекційних телескопічних системах.

Похідними від основних геометричних параметрів є технологічні параметри, такі як глибина та радіус копання, та відповідно типорозмір робочого органу. Основними обмеженнями, які впливають на основні геометричні параметри є умови забезпечення стійкості ОГЕ та розвивання максимально можливого зусилля копання на різучій кромці робочого органу.

Визначення раціональних конструктивних параметрів ТРО ОГЕ базується на результатах виконаних теоретичних та експериментальних досліджень [10, 11, 12, 13, 14].

Конструктивна схема ковша із зазначенням основних розмірів наведена на рис. 13.

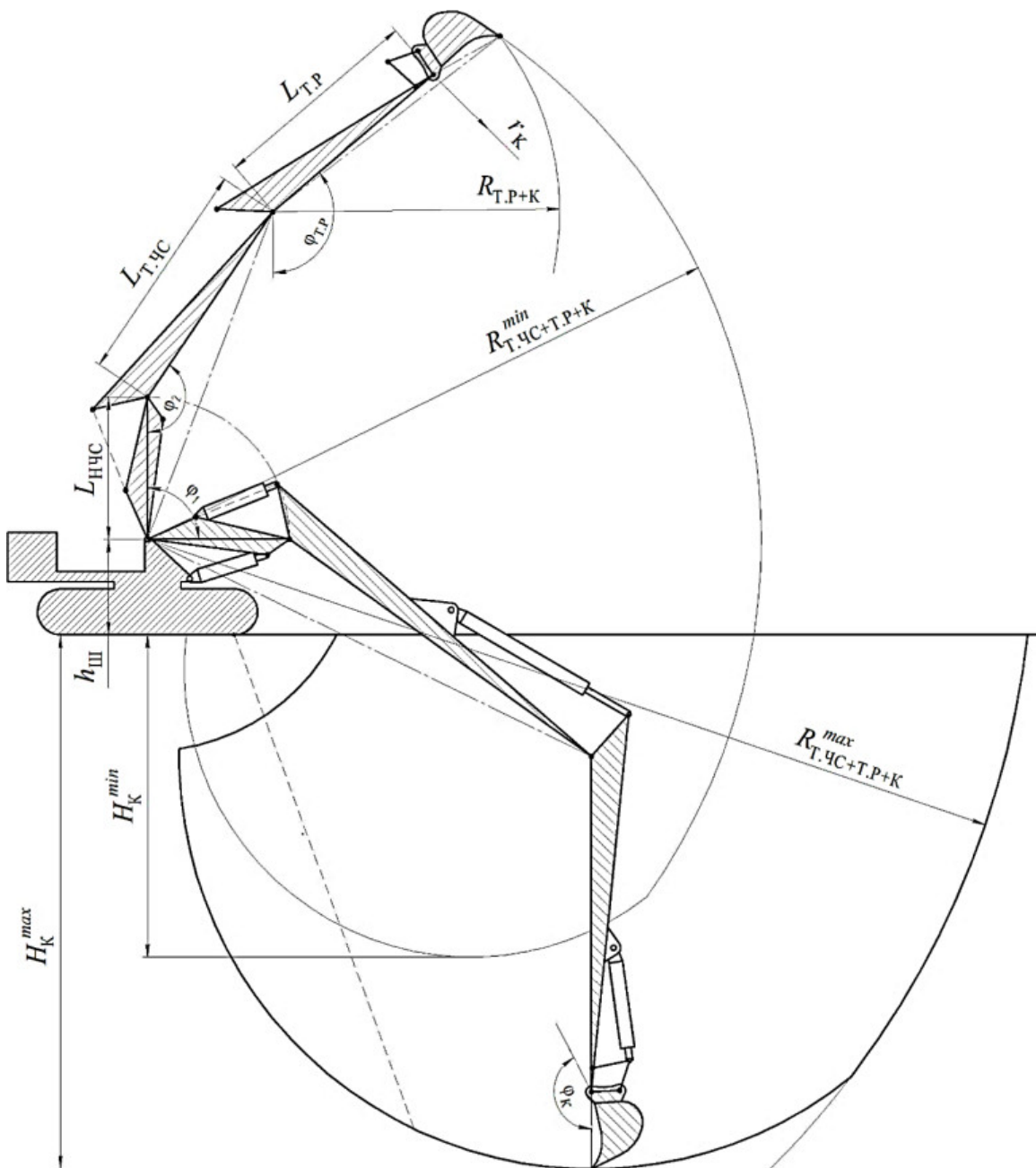


Рис. 13. Схема для визначення раціональних параметрів ТРО ОГЕ

Для визначення раціональних параметрів приймаємо ОГЕ фірми *Hitachi* – *ZX 290LC* з шарнірно-зчленованою конструкцією стріли (технічні характеристики представлені в таблиці 4.1), який оснащений ТРО зі структурною схемою $(A_n B_k E_w) = A_2 \times B_2 \times \{E_e\}$. Параметри гідромеханізмів – плечі прикладання сил до виконавчих ланок лишаються незмінними.

Формули для визначення параметрів ТРО ОГЕ та відповідні параметри традиційного РО наведені у таблиці 2.

Рекомендовані параметри підтверджені експериментальними дослідженнями та забезпечують отримання максимального ефекту:

- при втягнутих ТС стріли та виштовхнутих ТС рукояті доцільно застосовувати на ґрунтах 1 і 2 категорій, а на ґрунтах 3 категорії при копанні з

мінімальною товщиною вирізаної стружки чи з попереднім розпушенням;

- при виштовхнутих ТС стріли та втягнутих ТС рукояті доцільно застосовувати на ґрунтах 1-3 категорій в усіх режимах.

При виконанні земляних робіт ТРО для забезпечення максимального ефекту по запропонованим показникам оцінки ефективності та забезпечення максимальної продуктивності слід обирати технологічні схеми з виштовхуванням ТС стріли та втягнутими ТС рукояті. Подібні структури забезпечують максимальні робочу зону та об'єм розроблюваного ґрунту в періоді одного переміщення, при збереженні традиційних плеч прикладання зусиль.

Таблиця 2

Технічні характеристики ОГЕ з ТРО

Параметр	Роз-мірн.	Ум. поз.	Формула	Примітки
Довжина нижньої частини стріли	м	$L_{нчс}$	$L_{нчс} = L_{нчс}^{ТР}$	
Довжина телескопічної частини стріли: - при втягнутих ТС; - при одній виштовхнутій ТС; - при двох виштовхнутих ТС	м м м	$L_{Т.чс_0}$ $L_{Т.чс_1}$ $L_{Т.чс_2}$	$L_{Т.чс_0} = (1.06 \dots 1.22)l_p^{ТР}$ $L_{Т.чс_1} = (1.38 \dots 1.41)l_p^{ТР}$ $L_{Т.чс_2} = (1.7 \dots 1.76)l_p^{ТР}$	$l_p^{ТР} = 1.35G^{\frac{1}{3}}$, де G – експлуатаційна маса ОГЕ, т
Довжина телескопічної рукояті: - при втягнутих ТС; - при одній виштовхнутій ТС; - при двох виштовхнутих ТС	м м м	$L_{Т.р_0}$ $L_{Т.р_1}$ $L_{Т.р_2}$	$L_{Т.р_0} = l_p^{ТР}$ $L_{Т.р_1} = (1.2 \dots 1.29)l_p^{ТР}$ $L_{Т.р_2} = (1.53 \dots 1.58)l_p^{ТР}$	
Радіус копання поворотом телескопічної стріли разом з телескопічною рукояттю та ківшом	м	R_K	$[R_{Kmin}, R_{Kmax}] = \{(3.1 \dots 4.1)G^{\frac{1}{3}} \leq R_K \leq (5.8 \dots 6.2)G^{\frac{1}{3}}\}$	
Глибина копання телескопічної стріли разом з телескопічною рукояттю та ківшом	м	H_K	$[H_{Kmin}, H_{Kmax}] = \{(2 \dots 2.2)G^{\frac{1}{3}} \leq H_K \leq (3.9 \dots 4.2)G^{\frac{1}{3}}\}$	
Кути різання, загострення, та ін.	град.	$\alpha_i^{ТРО}$	$\alpha_i^{ТРО} = \alpha_i^{ТР}$	
Кути повороту стріли, рукояті, ковша, та ін.	град.	$\varphi_i^{ТРО}$	$\varphi_i^{ТРО} = \varphi_i^{ТР}$	

Конструктивні пропозиції авторів по створенню ТРО ОГЕ. За конструктивними пропозиціями авторів отримані патенти на корисну модель ТРО ОГЕ:

1. «Робоче обладнання одноківшевого екскаватора» №75318 (рис. 14) [12];

2. «Робоче обладнання одноківшевого екскаватора з телескопічною рукояттю» № 101091 (рис. 15) [11];

3. «Телескопічне робоче обладнання одноківшевого гідравлічного екскаватора з телескопічною рукояттю» № 70686 (рис. 16) [12];

4. «Стенд для дослідження роботи телескопічного робочого обладнання одноківшевого екскаватора зі змінними робочими органами» № 103649 (рис. 17) [18].

5. «Робоче обладнання гідравлічного екскаватора» № 70683 (рис. 18) [12].

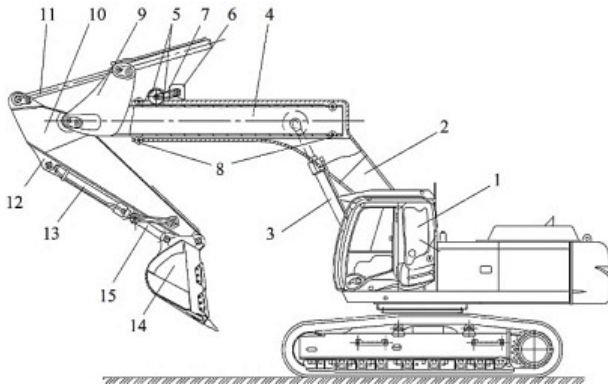


Рис. 14. Конструктивна пропозиція патент на корисну модель №75318: 1 – базовий трактор; 2 – телескопічна стріла; 3, 11, 13 – гідроциліндри; 4 – ТС стріли; 5 – зубчато-рейковий механізм; 6 – гідромотор; 7 – клинопасова передача; 8 – роликові опорні елементи; 9 – кронштейн; 10 – рукоять; 11 – гідроциліндр; 12 – кронштейн; 14 – ківі; 15 – чотириланковий механізм

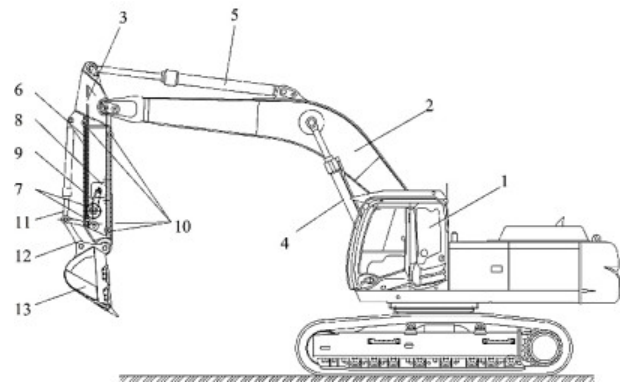


Рис.15. Конструктивна пропозиція патент на корисну модель №101091: 1 – базовий трактор; 2 – стріла; 3 – основна секція телескопічної рукояті; 4, 5, 11 – гідроциліндри; 6 – ТС рукояті; 7 – зубчато-рейковий механізм; 8 – гідромотор; 9 – клинопасова передача; 10 – роликові опорні елементи; 12 – чотириланковий механізм; 13 – ківі

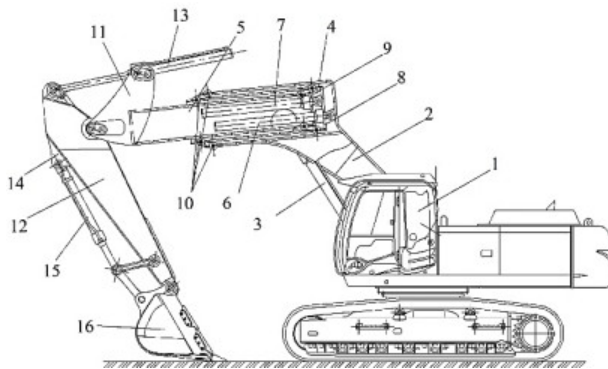


Рис. 16. Конструктивна пропозиція патент на корисну модель №70686: 1 – базовий трактор; 2 – стріла; 3, 6, 7, 13, 15 – гідроциліндри; 4, 5 – ТС; 8, 9 – торцеві перегородки; 10 – роликові опорні елементи; 12 – рукоять; 14 – кронштейн; 16 – ківі

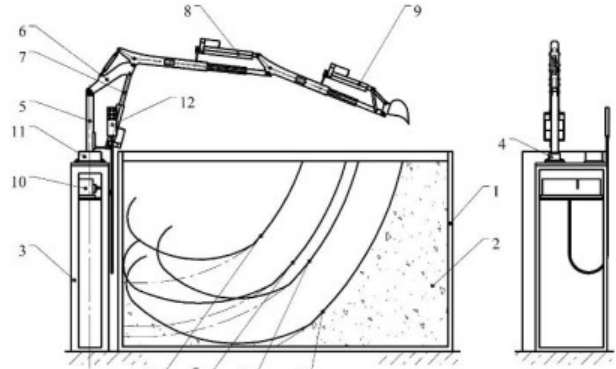
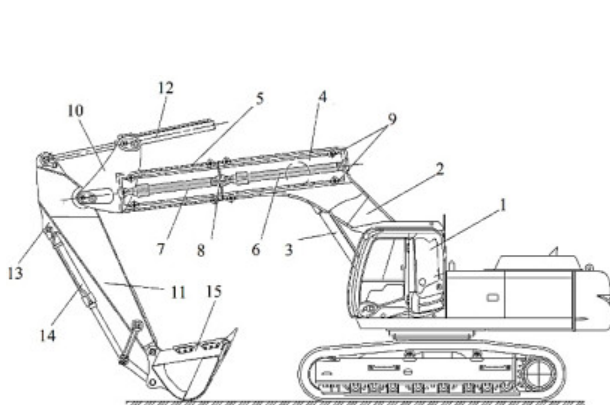
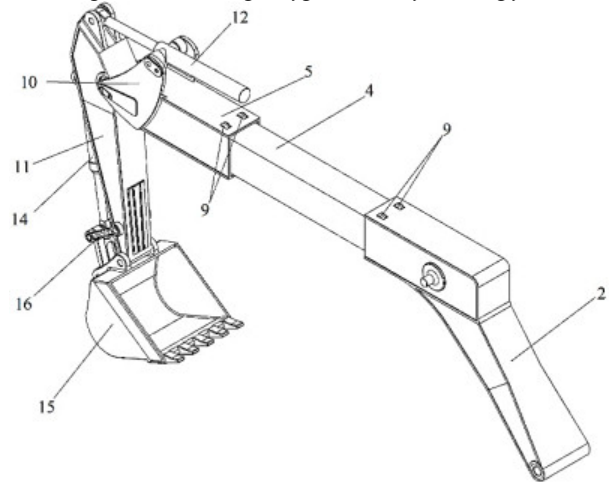


Рис. 17. Конструктивна пропозиція патент на корисну модель №103649: а, б, в, г – траєкторії копання; 1 – ґрунтовий контейнер; 2 – модельований ґрунт; 3 – рама; 4 – поворотний механізм; 5 – поворотна колонка; 6 – модель ТРО ОГЕ; 7, 8, 9 – лінійні приводи; 10 – блок живлення; 11 – вимірвальна апаратура; 12 – пульт керування



а



б

Рис. 18. Конструктивна пропозиція патент на корисну модель №70683: а – загальний вигляд; б – аксонометрична проєкція; 1 – базовий трактор; 2 – телескопічна стріла; 3, 6, 7, 12, 14, – гідроциліндри; 4, 5 – ТС; 8 – торцеві перегородки; 9 – роликові опорні елементи; 10, 13 – кронштейни; 11 – рукоять; 15 – ківі

Висновок. Проведений огляд та аналіз дозволив виявити тенденції розвитку робочого обладнання одноківшевих екскаваторів зі змінними геометричними характеристиками робочого обладнання, переваги та недоліки існуючого обладнання. Для зміни геометричних параметрів в реальних конструкціях РО зазвичай використовуються РО збільшеного розміру, додаткові елементи та секції, а також телескопічні рукояті, при цьому застосуванню телескопічних механізмів в стрілі увага майже не приділяється. Авторами надані аналітичні рівняння для визначення розмірів елементів РО на основі заданих параметрів,

а також рекомендації по застосуванню телескопічних елементів в стрілі РО гідравлічного екскаватора.

На основі проведених теоретичних та експериментальних досліджень визначені раціональні межі основних геометричних параметрів ТРО від головного параметра ОГЕ, серед яких: довжина нижньої частини стріли; довжина телескопічної частини стріли; довжина телескопічної рукояті (таблиця 2); радіус та глибина копання; технологічні та конструктивні кути.

Представлені конструктивні пропозиції авторів по створенню ТРО ОГЕ захищені патентами України на рисні моделі.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Машины для земляных работ: учебник/Л.А. Хмара, С.В. Кравець, М.П. Скоблюк та ін.; за заг. ред. д.т.н., проф. Л.А. Хмара та д.т.н., проф. С.В. Кравця. –Х.: ХНАДУ, 2014 – 548 с.
2. Хмара Л.А. Оценка эффективности телескопического рабочего оборудования одноковшового гидравлического экскаватора/ Л.А. Хмара // Сб. научных трудов: Строительство, материаловедение, машиностроение. ПГАСиА. Днепропетровск. – 2002. – № 15. 4. 2. С. 143-150.
3. Хмара Л. А. Тенденції розвитку робочого обладнання гідравлічних екскаваторів зі змінними геометричними параметрами/ О. О. Дахно, О. Л. Романовський // Вісник НУВГтП. – Рівне: НУВГтП, - 2015. - №2 (70). – С. 433-448.
4. Хмара Л.А. Модернізація та підвищення продуктивності будівельних машин/ Л.А. Хмара, М.П. Колісник, В.П. Станевський – К.: Будівельник, 1992. – 152 с.
5. Баловнев В.И. Интенсификация разработки грунтов в дорожном строительстве/ В.И. Баловнев, Л.А. Хмара– М.: Транспорт. 1983. – 384 с.
6. Specifications ZX210LC / ZX210LCN TYPE H15LD SUPER LONG FRONT [Электронный ресурс]// Рекламная брошюра. – 2013. – С. 36. – Режим доступа к брошюре: <http://www.hcme.com/content/download/7555/80402/file/KA-EN097EU.pdf>.
7. Specifications SUPER LONG FRONT Komatsu [Электронный ресурс]// Рекламная брошюра. – 2015. – С. 12. – Режим доступа к брошюре: <http://www.komatsuamerica.com/equipment/excavators/70001-260000lbs/pc390lc-10slf#productBrochure>
8. New Holland MULTIFUNCTION E215b E245b // Рекламная брошюра. – 2009. – С. 8. Published by NEW HOLLAND KOBELCO CONSTRUCTION MACHINERY S.p.A. Italy - LEADER Firenze - Cod. 30 460GB - Stampato 03/09
9. Смоляницкий Н.В. Гидравлические экскаваторы. Часть первая. Определение параметров / Э.А. Смоляницкий, Н.В. Мокин– Н.: Стройиздат, 1990, 281 с.
10. Хмара Л.А. Телескопічне робоче обладнання гідравлічного екскаватора, оцінка його ефективності та визначення об'єму копання ґрунту/ Л.А. Хмара, О.О. Дахно // Сб. научных трудов: Строительство, материаловедение, машиностроение. ПГАСиА. Днепропетровск. - 2012. - №66. - 4. 2. С. 29-37.
11. Хмара Л.А. Визначення теоретичного об'єму копання ґрунту одноківшевим екскаватором з телескопічним робочим обладнанням/ Л.А. Хмара, О.О. Дахно // Сб. научных трудов: Строительство, материаловедение, машиностроение. ПГАСиА. Днепропетровск. - 2012. - №66.4.2. - С. 38-49.
12. Хмара Л.А. Формування та оцінка ефективності телескопічного робочого обладнання одноківшевого гідравлічного екскаватора/ Л.А. Хмара, О.О. Дахно // Сб. научных трудов: Строительство, материаловедение, машиностроение. ПГАСиА. Днепропетровск. - 2011. - №63.4.2. - С. 142-154.
13. Хмара Л.А. Теоретические основы формирования телескопического рабочего оборудования одноковшового гидравлического экскаватора/ Л.А. Хмара, О.А. Дахно // Строительные и дорожные машины. – М.: ооо «СДМ-Пресс», 2015. - №12. – С. 44-50.
14. Хмара Л.А. Телескопическое рабочее оборудование гидравлического экскаватора и оценка его эффективности/ Л.А. Хмара, О.А. Дахно // Строительные и дорожные машины. – М.: ооо «СДМ-Пресс», - 2013. - №11. – С. 8-11.

REFERENCES

1. Khmara L. A., Kravets' S.V., Skoblyuk M. P., та in. *Mashyny dlya zemlyanykh robot: pidruchnyk* [Machines for earthworks: manual]. – Kh.: KhNADU, 2014 – 548 p.
2. Khmara L.A. *Otsenka effektivnosti teleskopicheskogo rabocheho oborudovaniya odnokovshovogo gidravlicheskogo ekskavatora* [Evaluating the effectiveness of telescopic the working equipment of hydraulic excavator]. Coll. scientific works: Construction, materials science, mechanical engineering. – D.: PSACEA, 2002. - №15. - P. 143-150.
3. Khmara L. A., Dakhno O. O., Romanovs'kyu O. L. *Tendentsiyi rozvytku robochoho obladnannya hidravlichnykh ekskavatoriv zi zminnyu heometrychny parametramy* [Tendencies of Development of hydraulic excavator working equipment with variable geometric parameters]. Visnyk NUVHtP. – Rivne: NUVHtP, 2015. №2 (70). – P. 433-448.
4. Khmara L.A., Kolisnyk M.P., Stanevskyy V.P. *Modernizatsiya ta pidvysychennya produktyvnosti budivel'nykh mashyn* [Modernization and increase productivity of construction machinery]. – K.: Budivelnyk, 1992. – 152p.
5. Balovnev V.I., Khmara L.A. *Intensifikatsiya razrabotki gruntov v dorozhnom stroitelstve* [Intensification of digging of soil in road construction]. – М.: Transport. 1993 – 383p.

6. Specifications ZX210LC / ZX210LCN TYPE H15LD SUPER LONG FRONT [Electronic resource]// Promotional brochure. – 2013. – С. 36. – Access to the brochure: <http://www.hcme.com/content/download/7555/80402/file/KA-EN097EU.pdf>.
7. Specifications SUPER LONG FRONT Komatsu [Electronic resource]// Promotional brochure. – 2015. – С. 12. – Access to the brochure: <http://www.komatsuamerica.com/equipment/excavators/70001-260000lbs/pc390lc-10slf#productBrochure>
8. New Holland MULTIFUNCTION E215b E245b // Promotional brochure. – 2009. – С. 8. Published by NEW HOLLAND KOBELCO CONSTRUCTION MACHINERY S.p.A. Italy - LEADER Firenze - Cod. 30 460GB - Stampato 03/09
9. Smolyanitskiy N.V. *Gidravlicheskie ekskavatoryi. Chast pervaya. Opredelenie parametrov* [Hydraulic Excavators. Part one. Defining parameters]/ E.A. Smolyanitskiy, N.V. Mokin– N.: Stroyizdat, 1990, 281s.
10. Khmara L.A., Dakhno O.O. *Teleskopichne roboche obladdannya hidravlichnoho ekskavatora, otsinka yoho efektyvnosti ta vyznachennya ob'yemu kopannya gruntu* [The telescopic working equipment of hydraulic excavator, evaluation of its effectiveness and determine of volume of digging soil]. Coll. scientific works: Construction, materials science, mechanical engineering. – D.: PSACEA, 2012. №.66.4.2. – P. 29-37
11. Khmara L.A., Dakhno O.O. *Vyznachennya teoretychnoho ob'yemu kopannya gruntu odnokivshevym ekskavatorom z teleskopichnym robochym obladdannyam* [Determination of theoretical volume of soil digging of excavator with the telescopic working equipment]. Coll. scientific works: Construction, materials science, mechanical engineering. – D.: PSACEA, 2012. №.66.4.2. – P. 38-49.
12. Khmara L.A., Dakhno O.O. *Formuvannya ta otsinka efektyvnosti teleskopichnoho robochoho obladdannya odnokivshevoho hidravlichnoho ekskavatora*. [The formation and evaluation of efficiency of telescopic working equipment of hydraulic excavator]. Coll. scientific works: Construction, materials science, mechanical engineering. – D.: PSACEA, 2012. №.66.4.2. – P.142-154
13. Khmara L. A., Dakhno O. A. *Teoreticheskie osnovy formirovaniya teleskopicheskogo rabocheho oborudovaniya odnokovshovogo gidravlicheskogo ekskavatora*. [Theoretical bases of formation of a telescopic working equipment of hydraulic excavator]. *Stroitelnyie i dorozhnyie mashiny* [Building and road machines]. – M.: Ltd. «SDM-Press», 2015. #12. – P. 44-50.
14. Khmara L. A., Dakhno O. A. *Teleskopicheskoe rabochee oborudovanie gidravlicheskogo ekskavatora i otsenka ego effektivnosti* [The telescopic working equipment of hydraulic excavator and evaluation of its effectiveness]. *Stroitelnyie i dorozhnyie mashiny* [Building and road machines]. – M.: Ltd. «SDM-Press», 2013. #11. – P. 8-11.