

ГІРНИЦТВО

УДК 621.873.11

DOI <https://doi.org/10.32782/3041-2080/2024-2-16>

ОБҐРУНТУВАННЯ КОНСТРУКЦІЇ МЕХАНІЗМУ ПЕРЕСУВАННЯ ПОТУЖНИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ МАШИН

Крупко Ігор Валерійович,

кандидат технічних наук, доцент,

доцент кафедри гірничої справи

ТОВ «Технічний університет «Метінвест політехніка»

ORCID ID: 0009-0009-5888-4324

Основними машинами, що забезпечують розроблення корисних копалин відкритим способом, є потужні екскаватори. На сучасних кар'єрних екскаваторах застосовують в основному гусеничні механізми пересування, які мають цілу низку недоліків, основним із яких є низька довговічність ведучих коліс. Водночас аналіз працездатності (відмов) екскаваторів-драглайнів показав, що найменше відмов (6–8%) у крокуючих механізмів пересування, що пояснюється простотою конструкції саме ходового обладнання. Тому постає актуальним питання про застосування крокуючого ходового обладнання на потужних екскаваторах – прямих механічних лопатах.

Метою дослідження є обґрунтування раціональних конструкцій механізмів пересування для потужних технологічних машин.

Для досягнення поставленої мети вирішуються завдання, пов'язані з тим, що треба провести порівняльний аналіз гусеничних і крокуючих механізмів пересування й обґрунтувати шляхи підвищення їхнього технічного рівня; виконати на фізичній моделі дослідження формування навантажень у структурі привода чотирьохопорного механізму за різних режимів роботи; за результатами теоретичних і експериментальних досліджень обґрунтувати раціональні параметри чотирьохопорного механізму пересування.

Ключові слова: технічний рівень, чотирьохопорний механізм крокування, рушій, екскаватор, фізична модель.

Krupko Ihor. Justification of the design of the movement mechanism of powerful technological machines

Based on the results of the analysis of existing designs and calculation methods, the main disadvantages of caterpillar mechanisms have been identified, which consist in the presence of a large number of rapidly wearing parts, as well as the expenditure of significant energy on friction of the support base against the ground in three-legged walking mechanisms. These disadvantages are eliminated in the four-legged walking mover, in which the movement process is provided by an eccentric drive with alternating movement of two pairs of support skis. To achieve the set goal, theoretical and experimental studies of a fundamentally new design of the movement mechanism in relation to single-bucket excavators were carried out, which allowed to establish the regularities of load formation in the eccentric drive, which have an oscillatory nature and obey the cosine law with a repeating half-period of change corresponding to the rotation of the eccentric at an angle $\alpha=180^\circ$. A mathematical model of the movement process of a four-legged walking mover has been developed and theoretically substantiated, which comprehensively takes into account the structure of the excavator, the design features of the mechanism, starting from the eccentric drive and to the interaction of support elements with the ground base. Based on the results of the research, a method for selecting rational parameters of a four-legged walking mechanism has been proposed and recommendations for the use of such mechanisms on excavators and mining machines weighing up to 400 tons have been developed.

Key words: technical level, four-legged walking mechanism, mover, excavator, physical model.

У господарському комплексі України в сучасних умовах і на перспективу значне місце буде відводиться процесам видобутку та перероблення корисних копалин, що забезпечені сучасними комплексами машин, від яких залежить продуктивність підприємств і галузі загалом.

Підвищення ефективності процесів під час виконання видобутку корисних копалин,

транспортування та виконання технологічних операцій за допомогою гірничих, підйомно-транспортних, транспортувальних машин, які можна схарактеризувати як технологічні машини [1], являє собою досить важливе науково-технологічне завдання. Вирішенню цього завдання має приділятися значна увага, на стадії розроблення нових конструкцій, під час вибори

виконавчих і передатних механізмів на стадії проектування, у процесі модернізації й удосконалення наявних технологічних машин.

Питання з обґрунтування конструкцій механізмів пересування і навантажень, які водночас виникають, розглянуто у працях [1–3], де досліджені наявні конструкції рушіїв і наведені основи вибору параметрів цих механізмів та рекомендації з їх удосконалення. Проте в наведених роботах, на наш погляд, не досить розкрито окремі питання, серед яких можна відзначити: обґрунтування та вибір конструкцій механізмів пересування з урахуванням умов експлуатації; процеси взаємодії різних конструкцій опорних елементів із ґрунтами зі змінними фізико-механічними характеристиками; економічну доцільність застосування механізмів пересування для окремих типів машин. Подальший розвиток теорії та практики застосування нових конструкцій приводів гусеничних і крокуючих рушіїв і опорних елементів дозволив обґрунтувати конструкцію чотирьохопорного крокуючого механізму [4; 5] та раціональні параметри опорної частини механізму пересування [6]. Водночас питання взаємодії опорних елементів із ґрунтами різних фізико-механічних характеристик у процесі виконання як транспортних, так і технологічних операцій, потребують вирішення.

МЕТА РОБОТИ. У роботі наводиться порівняльна характеристика механізмів пересування екскаваторів як однієї з найбільш навантажених технологічних машин, що експлуатуються в досить важких умовах, на які значний вплив має зовнішнє середовище, а саме механічні властивості ґрунтів, стан і підготовка підшви вибою (шлях пересування машини), умови роботи. Поставлена мета досягається шляхом вирішення комплексу наукових завдань, до яких насамперед належать:

- проведення порівняльного аналізу гусеничних і крокуючих механізмів пересування й обґрунтування шляхів підвищення їх технічного рівня;
- дослідження й аналіз впливу конструктивних, кінематичних і силових параметрів машини на величину навантажень на приводи механізмів з урахуванням взаємодії опорної частини із ґрунтовою основою;
- дослідження формування навантажень у структурі привода чотирьохопорного механізму в різних режимах роботи;
- за результатами досліджень обґрунтування можливості установки нових механізмів пересування, доцільності застосування й основних шляхів удосконалення наявних рушіїв на технологічних машинах.

Механізми пересування екскаваторів є одним з основних видів обладнання, яке забезпечує технологічне, транспортне переміщення машини, стійке положення машини у вибої за різного поєднання навантажень, що значною мірою позначається на експлуатаційній продуктивності.

Як ходові пристрої одноковшових екскаваторів та інших гірничих машин найбільшого поширення набули пневмоколісні, гусеничні та крокуючі механізми [1; 2]. Для машин із масою понад 100 тон зазвичай застосовують гусеничний і крокуючий хід. Кожен із зазначених механізмів має як позитивні, так і негативні якості. Так, основні переваги гусеничного ходу полягають у досить високій прохідності, порівняно низьких питомих тисках на ґрунт, у здатності долати підйоми з досить великим ухилом.

Гусеничні механізми мають низку суттєвих недоліків, а саме велику масу (до 25% від маси машини), значне число швидкозношуваних деталей (катки, ланки, колеса, пальці), порівняно низький ККД механізмів. Окрім цього, під час переміщення екскаваторів по пухкій масі значно погіршуються умови роботи гусеничних механізмів пересування, бо збільшується глибина занурення, отже, і деформація ґрунту. Це веде до збільшення зовнішнього опору пересуванню, спричиненого перекошуванням гусениць по ґрунту і, як наслідок, інтенсивного зносу зазначених деталей. Під час роботи на скелястих ґрунтах гусеничні ланки механізмів пересування навантажуються нерівномірно, через що може відбуватися їх поломка. Крокуючі механізми пересування знайшли широке застосування в гірничій промисловості, особливо на машинах з малою швидкістю пересування. Крокуючі механізми зазвичай застосовують на потужних екскаваторах – драглайнах із ковшем місткістю 4 м³ і більше. Порівняно з гусеничним ходовим обладнанням крокуючі рушії мають такі переваги, як: більш низькі вимоги щодо несучої здатності ґрунтової поверхні, бо вони завдяки значній поверхні опорних елементів можуть забезпечити низькі питомі тиски на ґрунт – від 0,05 до 0,15 МПа; відсутність швидкозношуваних шарнірних з'єднань, які притаманні гусеничним передачам; відсутність внутрішніх складових опорів пересуванню машини; простота конструкції опорної частини тощо. Серед недоліків можна відзначити значну потужність привода, бо протягом кожного циклу постає необхідність підйому всієї машини [1; 2]. Характерною особливістю сучасних крокуючих рушіїв є те, що частина сили тяжіння машини передається на ґрунт двома або більшою кількістю

опорних елементів – опорними елементами (лижами), або опорною базою поперемінно або водночас, залежно від режиму роботи. Отже, крокуючі рушії складаються з опорної частини (бази або плити) і рухомої приводної частини – опорних башмаків (лиж). На вітчизняних і закордонних екскаваторах застосовуються крокуючі механізми, у яких у процесі переміщення змінюються кути нахилу машини й опорної плити до горизонту, водночас кромка опорної бази ковзає по ґрунтовій основі.

За типом привода розрізняють гідравлічне та механічне крокуюче обладнання; серед механічних його видів розрізняють кривошипно-ексцентриковий, кривошипно-шарнірний із трикутною рамою, кривошипно-важільний чотириланковий, ексцентриковий із задньою сергою, ексцентриковий із верхньою сергою, кривошипно-колісний, двокривошипний. Виняток становлять екскаватори 4250-W фірми «Бюсайрус-Ері», які обладнані гідравлічними крокуючими механізмами [1; 2].

Перевагою гідравлічного крокуючого обладнання порівняно з механічним є плавність роботи і можливість більш рівномірного розподілення тиску на ґрунт, недоліками – порівняно низький ККД (приблизно 0,6) і складність привода. Механічне крокуюче обладнання зазвичай застосовують в екскаваторах масою до 200 т, а гідравлічне – для більш важких.

Пересування машин, обладнаних крокуючим ходом, здійснюється періодичними переміщеннями їх кожен раз на величину кроку. За один цикл крокування механізми забезпечують: підйом і перенесення вперед лиж; посадку лиж на ґрунт і відрив бази від нього; пересування вперед усієї машини; посадку бази і відрив лиж від ґрунту. Прямолінійний рух машини відбувається у напрямку її поздовжньої осі уздовж стріли. Зміна напрямку руху досягається поворотом частин машини (платформи) за піднятих лиж, водночас змінюється напрямок поздовжньої осі.

Для підвищення ефективності наявних механізмів пересування розроблено й обґрунтовано конструкцію та параметри чотирьохопорного крокуючого механізму, який може застосовуватись як для пересування потужних машин, так і для виконання технологічних операцій на ґрунтах із різними фізико-механічними властивостями [3; 4].

У крокуючому чотирьохопорному рушії (рис. 1), який вміщує привідні зубчасті колеса, кожне з яких має на торцях діаметрально протилежні два ексцентрика, повернуті один усередину, а другий назовні, та з'єднані через важелі, а опорні та транспортні лижі мають геометричні

параметри, які забезпечують транспортну та технологічно безпечну експлуатацію на ґрунтах із різними фізико-механічними параметрами.

Ще наприкінці ХХ ст. був запропонований новий чотирьохопорний крокуючий хід для кар'єрних екскаваторів. Стримувальним чинником його реального застосування є відсутність обґрунтованих рекомендацій щодо визначення його раціональних параметрів з урахуванням конструктивних особливостей конкретної машини.

Тому науково-практичне завдання щодо обґрунтування параметрів чотирьохопорного крокуючого ходу є досить актуальним, а вирішення його дозволить підвищити технічний рівень як механізмів пересування, так і кар'єрних екскаваторів загалом.

У пропонованому крокуючому ході (див. рис. 1), у порівнянні з існуючими механізмами пересування машин на гусеничному ході, кожна з гусениць замінюється парою опорних елементів.

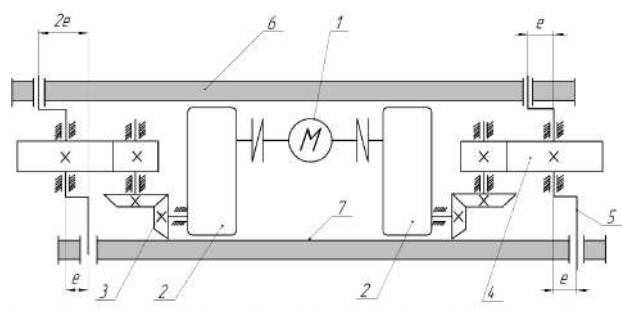


Рис. 1. Кінематична схема (половина щодо осі симетрії) розробленої моделі чотирьохопорного крокуючого рушія:

1 – електродвигун; 2 – редуктори; 3, 4 – конічна і прямозуба відкриті передачі; 5 – вали; 6 – опорні елементи

На нижній рамі обабіч установлені приводні вали з ексцентриками, по два з кожного боку. Привідні вали ексцентриків, розміщені на кожному боці рами, мають самостійні приводи. Кожен із приводних валів має два ексцентрики, зміщені один стосовно одного на 180° . Ексцентрики, повернені всередину рами, з'єднані за допомогою циліндричних шарнірів із кінцями внутрішніх лиж, а ексцентрики зовнішні, повернені від рами, таким же чином із кінцями зовнішніх лиж.

На основі прийнятих допущень установлена зміна величини крутного моменту на валі ексцентрика за руху горизонтальною поверхнею ($M_{кр}^r$) і за руху машини горизонтальною поверхнею з нахилом ($M_{кр}^H$) (1):

$$M_{кр}^e = \frac{G_e}{2} e \cdot \cos \alpha, M_{кр}^H = M_{кр}^e \cdot \cos(\alpha - \varphi). \quad (1)$$

Установлена залежність (2) зміни величини крутного моменту $M_{кр.пр.мах}$ на валі привода від моменту опору машини повороту:

$$M_{кр.пр.мах} = \frac{G_e}{2} \cdot \cos \arctg \mu_{mp} + (P_{mp} + P_{сдв}) \cdot e \cdot \sin \arctg \mu_{mp}, \quad (2)$$

де μ_{mp} – коефіцієнт тертя ковзання між опорною поверхнею ходового механізму та підшовою вибою; $P_{mp}, P_{сдв}$ – зусилля, затрачувані на тертя та зсув ґрунту, кН.

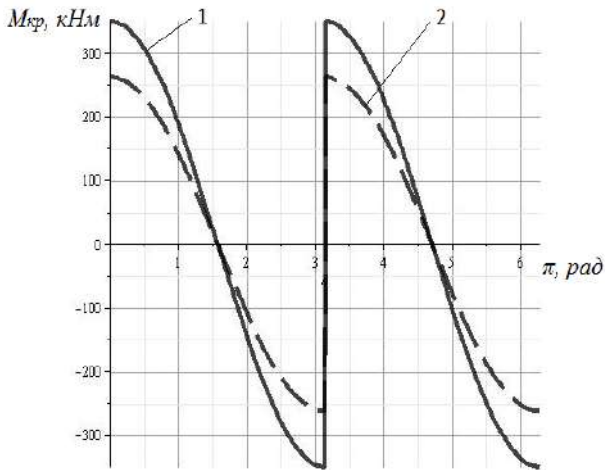


Рис. 2. Графік зміни на валі ексцентрика за руху за горизонталлю

Чисельний аналіз залежності крутного моменту від кута повороту α ексцентрикового вала поданий на рис. 2. В аналізі були прийняті такі параметри моделі чотирьохопорного крокуючого ходу: $e = 0,175$ м;

$G_e = 3\ 000$ кН і $4\ 000$ кН. Аналіз графіка показує, що переміщення крокуючого рушія підкоряється періодичному закону, значення моменту різко змінюється за $\alpha = \pi/2$. Ця особливість може позначитися на величині динамічних навантажень на привод рушія.

У загальному вигляді потужність привода P_{Σ} (кВт) однієї пари лиж чотирьохопорного механізму переміщення кар'єрного екскаватора та фізичної моделі залежить від режиму руху: переміщення горизонтальним майданчиком; підйом; поворот із підйомом. Найбільш навантаженим режимом є поворот машини з підйомом:

$$P_{\Sigma} = \left[\frac{G_e}{2} e \cos \arctg \mu_{mp} + (P_{mp} + P_{сдв}) e \arctg \mu_{mp} \right] \cdot \omega, \quad (3)$$

де G_e – вага машини, Н; e – ексцентриситет привідного вала, м;

P_{mp} і $P_{сдв}$ – відповідно зусилля на тертя ковзання опорних елементів (лиж) по ґрунту і зсув ґрунту, Н; ω – кутова швидкість ексцентрикового вала, c^{-1} .

Теоретичні дослідження [4; 6], що в межах розміру «2е» (де «е» – величина ексцентриситету), опорні поверхні лиж можуть перебувати один щодо одного в різних положеннях, зумовлених кінематичним зв'язком лиж через шатуни з ексцентриковим приводом, водночас одна пара лиж завжди спирається на ґрунт. Якщо залишилися (підняті) лижі не дістають до ґрунту, то примусовим обертанням приводних валів під дією сил тяжіння машини лижі зіткнуться із ґрунтом, забезпечуючи стійке спирання машин.

Якщо відбувається вимикання приводів, а це може бути і тоді, коли спирання відбувається тільки на дві лижі, під дією власної ваги машини в передавальному механізмі виникає крутий момент, що прагне опустити раму до такого положення, за якого друга пара лиж прийде в зіткнення із ґрунтом, що забезпечує спирання всіх лиж на ґрунт під час копання або навантаження. Водночас лижі за висотою можуть бути в різних положеннях, пристосовуючись до нерівностей ґрунту в поперечному напрямку.

Теоретичні дослідження на математичних моделях, побудованих для ексцентрикового привода чотирьохопорного крокуючого рушія як складної механічної системи, були проведені з використанням метода розбивки її на функціонально-скінченні елементи (далі – ФСЕ) [4]. Математична модель чотирьохопорного рушія була представлена у вигляді вектор-функції:

$$\bar{Y} = f(\bar{X}, \bar{Y}, \bar{P}), \quad (4)$$

де $\bar{X} \{ \bar{Y}_1, \bar{Y}_2, \bar{Y}_3 \}$ – вхідний вектор системи; $(\bar{Y}_1, \bar{Y}_2, \bar{Y}_3)$ – вихідні вектори ППМ 1, 2 і 3;

$$\bar{P} \{ \bar{r}'_A, \bar{r}''_B, (C'''), \delta_p, c_p, \beta_p, \delta_o, c_o, \beta_o, r, r_{cp} \}$$

– вектор параметрів «системи рушія – зовнішнє середовище»;

$\bar{Y} \{ \bar{F}_1, \bar{F}_2, \bar{F}_3, \bar{M}'_1, \bar{M}''_2, \bar{M}'''_3, \}$ – вихідний вектор ППМЗ.

Це дозволило установити взаємозв'язок у структурі рушія та його привода, характер і величину, співвідношення кінематичних, силових і електричних параметрів у різних режимах навантаження [4; 7].

Аналіз конструктивної схеми, теоретичні й експериментальні дослідження на фізичній моделі такого рушія показали, що основні принципові відмінності розглянутого крокуючого ходу від традиційних, широко використовуваних у драглайнах трьохопорного крокуючого механізму, полягають у такому:

– у розглянутому крокуючому ході привода крокуючого механізму лиж встановлені на неповоротній рамі, як і в кар'єрних одноківшових

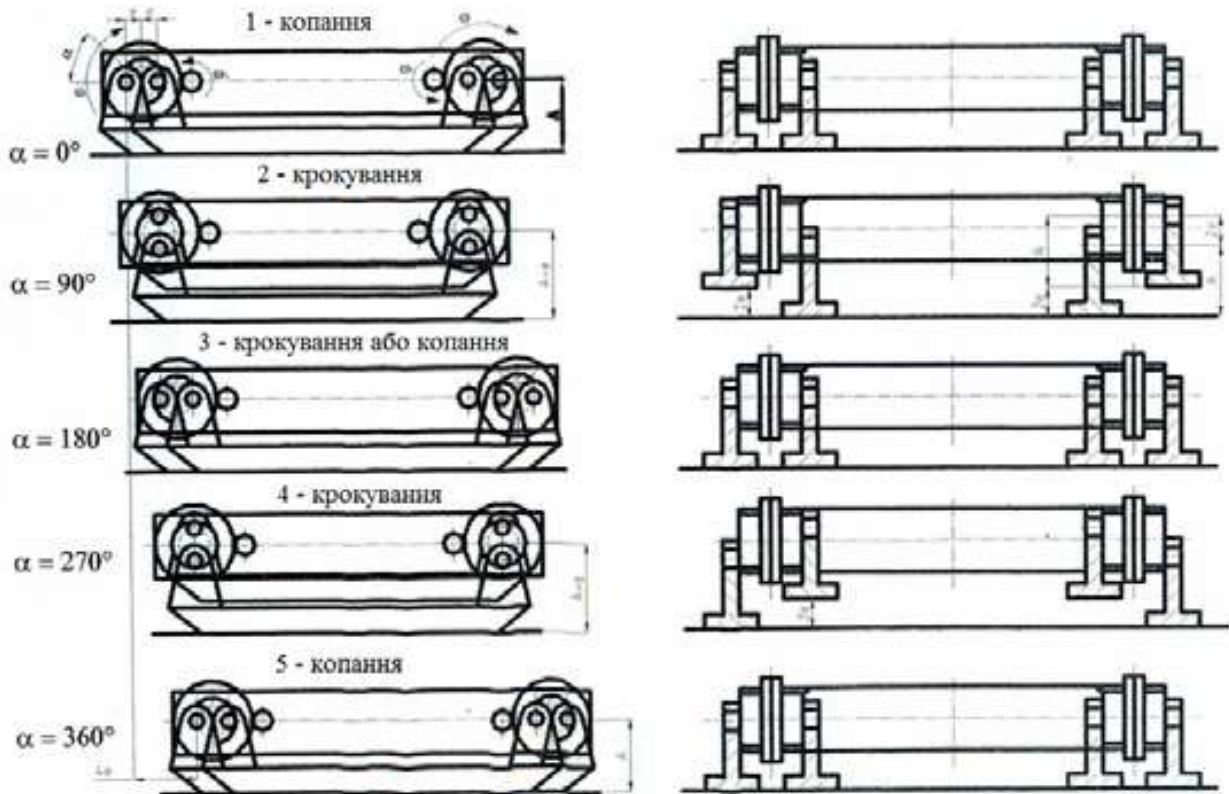


Рис. 3. Чотирьохопорний механізм крокування

екскаваторів, тобто по суті гусениці замінюються лижами;

– під час крокування рама та машина загалом повністю відриваються від ґрунту, а протягом кожної половини циклу спирання відбувається то на внутрішню, то на зовнішню пари лиж;

– під час копання та повороту ковша на розвантаження і назад у вибій машина спирається на всі чотири лижі, водночас опорний контур і стійкість машини вище, ніж у машин на гусеничному ході, а середні питомі тиски на ґрунт мають значення удвічі менше.

Отже, порівняно із традиційним гусеничним ходом, який застосовується нині на механічних лопатах, та за неможливості застосування трьохопорного крокуючого рушія на деяких типах технологічних машин такі переваги чотирьохопорного крокуючого ходу, як простота конструкції та низька собівартість у виготовленні, відсутність швидкозношуваних шарнірних з'єднань, отже, зниження експлуатаційних витрат на ремонт і відновлення, є очевидними.

Крокуючі механізми пересування потужних екскаваторів порівняно з гусеничними мають низку переваг, до яких можна віднести

можливість їх переміщення по пухкій гірській масі без збільшення енергоємності процесу крокування, простоту конструкції та меншу металоємність, відсутність великої кількості швидкозношуваних шарнірних з'єднань.

Одним із напрямів підвищення технічного рівня крокуючих механізмів може бути застосування чотирьохопорного рушія. Відмітною особливістю чотирьохопорних крокуючих механізмів є наявність у такому рушії двох пар опорних лиж, внутрішніх і зовнішніх, що приводяться в рух двома парами ексцентриків. У процесі руху в такому механізмі відбуваються підйом і опускання візка завдяки внутрішнім і зовнішнім опорним елементам, які попарно підіймаються й опускаються. Під час роботи екскаватора у вибої вага машини рівномірно розподіляється на всі чотири опорні лижі. З огляду на конструкцію такого рушія, у якому відсутня значна кількість швидкозношуваних деталей (наприклад, порівняно з гусеничним ходом), а також менша маса (порівняно із крокуючим трьохопорним механізмом, зважаючи на відсутність опорної бази), можна припустити, що у процесі експлуатації такі рушії виявляться більш ефективними, ніж ті, що існують.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Блохін В.С., Маліч М.Г. Основні параметри технологічних машин. Машини для земляних робіт : у 2 ч . Київ : Вища шк., 2006. Ч. 1. 407 с.
2. Машини для земляних робіт : підручник для вузів / Ю.А. Ветров та ін. ; за заг. ред. Ю.А. Ветрова. 2-е вид., доopr. і доп. Київ : Вища шк., 1981. 384 с.
3. Крупко І.В. Обґрунтування параметрів чотирьохопорних механізмів крокування одноківшових екскаваторів : дис. ... канд. техн. наук. Донецьк, 2011.
4. Буренко А.Г., Крупко І.В. Деякі особливості руху чотирьохопорного крокуючого механізму пересування. *Підйомно-транспортна техніка* : науково-технічний і виробничий журнал. Дніпропетровськ, 2008. № 3. С. 25–32.
5. Крупко І.В. Дослідження ефективності застосування чотирьохопорного, кривошипно-шарнірного механізму крокування. *Матеріали VI міжнародної науково-технічної конференції*. Краматорськ : НКМЗ, 2008. С. 69–71.
6. Крупко І.В. Дослідження ефективності застосування чотирьохопорного, кривошипно-шарнірного механізму крокування. *Збірник тез II Міжнародної науково-технічної конференції молодих фахівців, за участі ЮНЕСКО*. Маріуполь : Азовмаш, 2008. С. 61–62.
7. Пенчук В.А., Крупко І.В. Розрахунково-теоретичне обґрунтування потужності приводу чотирьохопорного крокуючого механізму пересування. *Технологія, організація, механізація та геодезичне забезпечення будівництва*. Макіївка : ДонНАБА, 2008. № 3 (71). С. 165–169.
8. Крупко І.В., Пенчук В.О., Сіменченко А.К. Пат. Україна, МПК E02F 3/00. Крокуючий механізм; заявник і патентовласник ДДМА. № u2010 09174; заяв. 21.07.2010.

REFERENCES:

1. Blokhin, V.S., Malich, M.H. (2006). Osnovni parametry tekhnolohichnykh mashyn. Mashyny dlia zemlianykh robot: u 2 ch. [Basic parameters of technological machines. Machines for earthworks: in 2 h.]. K.: Vyshcha shk. Ch. 1. 407 s. [in Ukrainian].
2. Vietrov, Yu.A., Karkhov, A.A., Kondra, A.S., Stanevskiy, V.P. (1981). Mashyny dlia zemlianykh robot: pidruchnyk dlia vuziv. Pid zah. red. Yu.A. Vietrova. 2-e vyd., doopr. i dop. [Machines for earthworks: a textbook for universities. Under the general editorship of Yu.A. Vetrova. 2nd edition, revised and supplemented]. K.: Vyshcha shk. 384 s. [in Ukrainian].
3. Krupko, I.V. (2011). Obgruntuvannya parametriv chotyrokhopornykh mekhanizmiv krokvannya odnokivshovykh ekskavatoriv: dysertatsiia na zdobuttia naukovooho stupenia kand. tekhn. nauk: zakhyshchena [Justification of the parameters of the four-support stepping mechanisms of single-bucket excavators: thesis for obtaining a scientific degree of candidate. technical sciences: protected]. Donetsk [in Ukrainian].
4. Burenko, A.H., Krupko, I.V. (2008). Deiaki osoblyvosti rukhu chotyrokhopornoho krokuiuchoho mekhanizmu peresuvannya [Some features of the movement of the four-support stepping mechanism of movement]. *Naukovo-tekhnichnyi i vyrobnychiy zhurnal. Pidiomno-transportna tekhnika*. Dnipropetrovsk. № 3. S. 25–32 [in Ukrainian].
5. Krupko, I.V. (2008). Doslidzhennia efektyvnosti zastosuvannya chotyrokhopornoho, kryvoshypno-sharnirnoho mekhanizmu krokvannya [Study of the effectiveness of the application of a four-support, crank-hinged stepping mechanism]. *Materialy VI mizhnarodnoi naukovo-tekhnichnoi konferentsii*. Kramatorsk : NKMZ. S. 69–71 [in Ukrainian].
6. Krupko, I.V. (2008). Doslidzhennia efektyvnosti zastosuvannya chotyrokhopornoho, kryvoshypno-sharnirnoho mekhanizmu krokvannya [Study of the effectiveness of the application of a four-support, crank-hinged stepping mechanism]. *Zbirnyk tez II mizhnarodnoi naukovo-tekhnichnoi konferentsii molodykh fakhivtsiv, pry uchasti YuNESKO*. Mariupol: Azovmash. S. 61–62 [in Ukrainian].
7. Penchuk, V.A., Krupko, I.V. (2008). Rozrakhunkovo-teoretychne obgruntuvannya potuzhnosti pryvodu chotyrokhopornoho krokuiuchoho mekhanizmu peresuvannya [Calculation-theoretical substantiation of the drive power of the four-support stepping movement mechanism]. *Tekhnolohiia, orhanizatsiia, mekhanizatsiia ta heodezychne zabezpechennia budivnytstva*. Makiivka: DonNABA. Visnyk 3 (71). S. 165–169 [in Ukrainian].
8. Krupko, I.V., Penchuk, V.O., Simenchenko, A.K. (2010). Pat. Ukraina, MPK E02F 3/00. Krokuiuchy mekhanizm; zaiavnyk i patentovlasnyk DDMA. № u 2010 09174; zaiava. 21.07.2010 [Stalemate. Ukraine, IPC E02F 3/00. Stepping mechanism; the applicant and patent owner of the DDMA. № u 2010 09174; statement 21.07.2010] [in Ukrainian].