

УДК 621.879

*О.В.ДЗЕРЖИНСЬКА, І.В. КРУПКО, О.В. КОТЛЯР***ВПЛИВ ФОРМИ ОПОРНОЇ ПОВЕРХНІ ЛИЖИ НА ПЕРЕМІЩЕННЯ КРОКУЮЧОГО ЕКСКАВАТОРА**

В статті наведені витрати часу на переходи крокуючими екскаваторами, так як при пробуксовці лиж механізму пересування втрачається значна частина часу. Запропоновано конструкцію опорних елементів лижі крокуючого екскаватора. Обрані шляхи подальших досліджень з питання підвищення ефективності роботи механізму крокування шляхом збільшення лінії контакту опорних елементів лижі крокуючого екскаватора з ґрунтом, за рахунок збільшення площі деформації ґрунту опорних елементів лижі и сили опору ґрунту.

Ключові слова: драглайн, крокуючий механізм, опорні елементи, лижа, опорна поверхня, переміщення, ґрунт.

В статье приведены затраты времени на переходы шагающими экскаваторами, так как при пробуксовке лыж механизма передвижения теряется значительная часть времени. Предложена конструкция опорных элементов лыжи шагающего экскаватора. Избраны пути дальнейших исследований по вопросу повышения эффективности работы механизма шагания путем увеличения линии контакта опорных элементов лыжи шагающего экскаватора с ґрунтом, за счет увеличения площади деформации почвы опорных элементов лыжи и силы сопротивления почвы.

Ключевые слова: драглайн, шагающий механизм, опорные элементы, лыжа, опорная поверхность, перемещения, ґрунт.

In the article the time passes for transitions by stepping excavators are shown, as during skidding of skis of a movement mechanism a considerable part of time is lost. The design of the supporting elements of a walking stepper skis is proposed. Selected ways of further research on improving the efficiency of the stepping mechanism by increasing the contact line of the supporting elements of the track of the walking excavator with the soil, due to an increase in the area of deformation of the ground of the supporting elements of the ski and the strength of the ground resistance.

Keywords: dragline, walking mechanism, supporting elements, skis, bearing surface, movement, soil.

Постановка проблеми. Крокуючі екскаватори застосовуються для переєкспавації ґрунту відвалів, виїмки розкривних порід середньої міцності, зачистки покривлі видобувничого вступу та інших допоміжних робіт. Драглайни, як правило оснащені крокуючими механізмами, які мають різні конструкції. Суттєвим недоліком відомих крокуючих механізмів є буксування опорних елементів лижі під час руху екскаватора. Таким чином, дослідження в даній області є актуальними і затребуваними.

Аналіз попередніх досліджень. Дослідження в області вивчення оптимальної форми опорної поверхні лижі були розглянуті багатьма ученими і інженерами [1] одними з основних напрямів розвитку питання про визначення оптимальної конструкції опорної поверхні лиж були Б.М. Кочергін, П.Ф. Нарижний, Ф.А. Вайцман [2] які виконали спрощення конструкції лижі внаслідок того, що додаткові опори виконані також у вигляді балок і закріплені на торцях основної балки, причому вісь шарнірного з'єднання балок збігається з подовжною віссю основної балки. В.А. Маяковським, Д.К. Крюковим, О.О. Воробйовим, В.І. Соколовим і І.Б. Василенко [3] була розроблена конструкція лижі крокуючого екскаватора таким чином, до конструкції що існує були додані додаткові опорні елементи лижі, висота яких більше ніж висота основних опорних елементів. В.М. Волков, В.С. Малигін, Ю.В. Харітонов і Б.С. Куперман [4] з метою підвищення проходження виконали лижу таким чином, що вона має порожнистий корпус, який містить верхній пояс, бокові стінки, сполучені з нижнім, гнучким поясом. Усередині кожної стінки розташовані, у свою чергу обмежувальні ребра. Усередині порожнистого корпусу розташовані порожнисті кулі. Які вільно перекочуються усередині порожнистого корпусу. Про те оптимальна конструкція опорної поверхні лижі крокуючого екскаватора не до кінця встановлена. Тому

нині йде робота по розробці оптимальної конструкції опорної поверхні лиж драглайну.

Мета роботи – підвищення ефективності роботи механізму крокування шляхом збільшення лінії контакту опорних елементів лижі крокуючого екскаватора з ґрунтом, за рахунок збільшення площі деформації ґрунту опорних елементів лижі и сили опору ґрунту.

Виклад основного матеріалу. Досвід експлуатації крокуючих екскаваторів з опорними елементами лижі, який являє собою прямокутні куточки, розміщені на рівному відстані по всій поверхні лижі, показує, що конструювання опорних поверхонь лиж крокуючих екскаваторів має йти шляхом вдосконалення конструкції опорної поверхні лиж драглайнів і збільшення швидкості їх пересування.

Низька в порівнянні з іншими типами ходового обладнання швидкості пересування машин на крокуючому ході і їх пробуксовування при пересуванні призводять до виникнення додаткових навантажень та збільшення часу на переходи і зменшення часу, який використовується на ексакацію ґрунту. Це значно впливає на економічну ефективність застосування крокуючого екскаватора.

Час витрачений на переходи крокуючим екскаваторами протягом року, складає до 17% часу на ексакацію ґрунту [5]. Ці показники враховують витрати часу на технологічні та транспортні переміщення машин. Спостереження, проведені протягом року на кар'єрах вогнеупорних глин і каолінів (кар'єри Дружковського рудоуправління, Іршанського ГЗК та інші), показують, що технологічне пересування екскаваторів з ківшом місткістю 5-15 м³ і стрілою 45-90 м займає до 80 хвилин в зміну і складає до 26% витрат часу на ексакацію.

При тому експлуатаційна продуктивність залежить від можливості крокуючого екскаватора самостійно рухатися по ґрунтовому поверхням кар'єрів.

© О.В.Дзержинська, І.В. Крупко, О.В. Котляр, 2017

Експлуатаційна продуктивність екскаватора при нетранспортній системі розробки може бути визначена за формулою [1]:

$$Q_e = Q_T \cdot K_y \cdot K_n \cdot K_{вз}, \quad (1)$$

де Q_e - експлуатаційна продуктивність екскаватора;

Q_T - технічна продуктивність екскаватора;

K_y - коефіцієнт управління, показує вміння і здатність машиніста працювати на важелях управління та якості системи управління;

$K_{вз}$ - коефіцієнт використання зміни;

K_n - коефіцієнт впливу пересування.

Величина коефіцієнту впливу пересування залежить від конструкції опорної поверхні лиж. Яка може бути наступних видів:

- з гладкою поверхнею;
- з опорною поверхнею яка в поздовжньому перетині з боку спирання на ґрунт обмежена ламаючою лінією;
- з висотою кожного попереднього опорного елемента в напрямку ковзання лижі менше висоти кожного наступного опорного елемента;
- з додатковими опорами, які виконані у вигляді балок і закріплені на торцях основної балки, причому вісь шарнірного з'єднання балок збігається з поздовжньою віссю основної балки;
- з закріпленими всередині кожної стінки паралельно розташованими обмежувальними ребрами, між якими розташований з можливістю переміщення у вертикальній площині верхній пояс, при цьому лижа має розташування всередині порожнього корпусу пружні елементи кулястої форми.

Додаткові елементи опорної поверхні забезпечують відсутність пробуксовування лиж відносно опорної поверхні ґрунту вибою.

Якщо позначити чисту тривалість розробки елемента забою через $t_{ел}$, тривалість пересування без урахування пробуксовування через t_n , то коефіцієнт впливу пересування буде дорівнювати:

$$K_n = \frac{t_{ел}}{(t_{ел} + t_n)}, \quad (2)$$

$$t_{ел} = \frac{60 \cdot P \cdot B \cdot L_n}{Q_T \cdot K_y}, \quad (3)$$

де B - ширина забою, м;

P - потужність відпрацьованого розкрива, м;

L_n - довжина пересування екскаватора, м.

Швидкість руху екскаватора без урахування пробуксовування

$$V_n = L_k \frac{60}{t_k}, \quad (4)$$

де L_k - довжина кроку, залежна від конструктивних параметрів крокуючого механізму, м.;

t_k - середня тривалість циклу крокування, хвл.

Швидкість руху екскаватора з урахуванням ковзання $\sum \Delta l_i$ лиж відносно ґрунтової поверхні кар'єра визначається за формулою [5]:

$$V'_n = (1_k - \sum \Delta l_i) \frac{60}{t_k}, \quad (5)$$

де коефіцієнт впливу пересування з урахуванням пробуксовування [6]:

$$\frac{t_{ел}}{(t_{ел} + t_n)} = K_n, \quad (6)$$

$$t'_n = \frac{1_k}{V_n (1 - \delta_6)}. \quad (7)$$

Якщо позначити через δ_6 коефіцієнт буксування, рівний відношенню $\frac{\sum \Delta l_i}{L_k}$ сумарного за

цикл крокування прослизання лиж по ґрунтовій поверхні кар'єру до довжини кроку L_k драглайну, то залежність (5) можна представити у вигляді:

$$V'_n = V_n (1 - \delta_6), \quad (8)$$

Сумарне за цикл крокування прослизання лиж по ґрунтовій поверхні кар'єра $\sum \Delta l_i$ знаходяться за графіками (рис.1) в залежності від величини $\sum \Delta \theta_i$ сумарного за цикл крокування кута повороту кривошипа механізму, відповідного буксування.

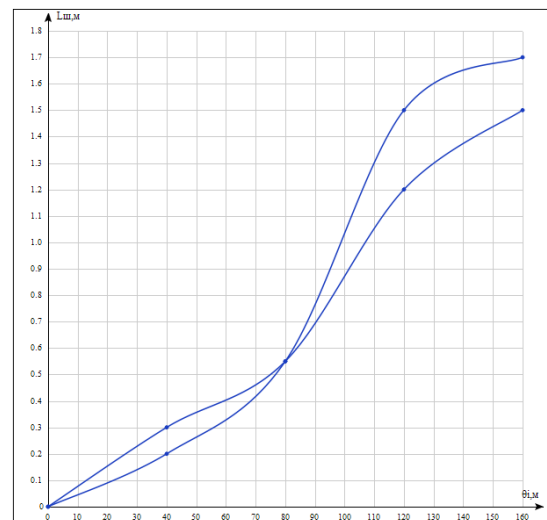


Рис.1. – Залежність довжини кроку від кута повороту кривошипа:
а – для ЕШ 10.70; б – для ЕШ 15.90

Звідси експлуатаційна продуктивність екскаватора з урахуванням часткового пробуксовування при пересуванні може бути визначена за формулою [9]:

$$\theta_e = \theta_T \cdot K_y \cdot K'_n \cdot K_{ис}, \quad (9)$$

Нетранспортні системи розробки характеризуються жорстким взаємозв'язком між розкривними і добувними роботами. При цьому природно виникає

необхідність у кількісній ув'язці швидкостей руху розкривних і видобувних машин. Вплив коефіцієнта буксування на швидкість руху машини відображено в залежності (8).

При організації робіт, що передбачає холостий хід драглайна, збільшення часу холостого ходу внаслідок часткового пробуксування визначається наступною формулою [10]

$$\Delta T = \frac{L_{\phi} \cdot \delta_{\phi}}{V_{\text{п}} (1 - \delta_{\phi})} \quad (10)$$

де L_{ϕ} – протяжність фронту робіт.

При числі відпрацьовуються протягом року заходок n , втрати часу внаслідок часткового пробуксування складуть $n\Delta T$.

У сучасному екскаваторобудуванні найчастіше випускають крокуючі екскаватори з лижами, які включають порожнистий корпус, який містить верхній пояс і бічні стінки, з'єднані з нижнім поясом, який виконаний гнучким, у вигляді суцільної еластичної оболонки. Внутрішній об'єм кожної лижі заповнений пружними елементами, наприклад у вигляді порожніх куль. Під час сходження, коли лижа спирається на ґрунт, гнучкий нижній пояс деформується, копіюючи рельєф місцевості, при цьому кулі вільно перекочуються усередині пологого корпусу, утворюючи горизонтальний верхній шар, на який і спирається верхній пояс. Таке виконання лиж крокуючого механізму забезпечило щільне притиснення їх до ґрунту і зменшило можливо прослизання лиж під час сходження і підвищило проходження драглайна.

Головним недоліком відомої лижі крокуючого механізму є висока вартість виготовлення і ремонту гнучкого нижнього поясу, крім того існує небезпека пошкодження гнучкого нижнього поясу при випадковому його наїзді на гострі предмети. В основу проектування нової конструкції опорних елементів лижі драглайна поставлена задача підвищити ефективність роботи механізму крокування шляхом збільшення лінії контакту опорного елемента з ґрунтом за рахунок збільшення площі деформації ґрунту опорних елементів і сили опору ґрунту.

Запропонована конструкція опорного елемента лижі, являє собою, рівномірно розташовані опорні елементи на нижній опорній поверхні лижі крокуючого механізму, кожен опорний елемент виконаний у вигляді ламаної лінії, що нагадує за своєю будовою «шеvron»; при цьому вершини кутів опорних елементів спрямовані в бік руху і розташовані на поздовжній осі лижі, крім того на похилій опорній поверхні лижі встановлені як мінімум два опорних елемента.

Завдяки тому, що в лижі крокуючого механізму кожен опорний елемент виконаний у вигляді ламаної лінії і при цьому вершини кутів опорних елементів спрямовані в бік руху і розташовані на поздовжній осі лижі, забезпечено збільшення лінії контакту кожного опорного елемента з ґрунтом і площі деформації ґрунту опорного елемента і сили опору зсуву ґрунту, підвищена ефективність роботи крокуючого механізму.

Завдяки тому, що в лижі крокуючого механізму кожен опорний елемент виконаний у вигляді ламаної

лінії і при цьому вершини кутів опорних елементів спрямовані в бік руху і розташовані на поздовжній осі лижі, забезпечено збільшення лінії контакту кожного опорного елемента з ґрунтом і площі деформації ґрунту опорного елемента і сили опору зсуву ґрунту, підвищена ефективність роботи крокуючого механізму.

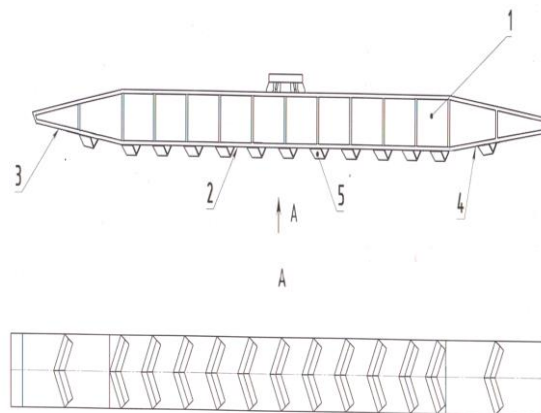


Рис. 2 – Вдосконалена конструкція опорної поверхні лиж крокуючого екскаватора: 1-корпус; 2- горизонтальна поверхня; 3,4 - похила поверхня; 5- опорний елемент лижи.

Лижа крокуючого механізму (рис. 2) складається з корпусу 1, виконаного у вигляді зварної з листового вальцювання балки. Опорна поверхня лижі складається з горизонтальної поверхні 2 і двох похилих поверхонь 3 і 4. На горизонтальній опорній поверхні 2 рівномірно розташовані опорні елементи лижи крокуючого екскаватора 5.

Опорні елементи лижи 5 закріплені симетрично до поздовжньої осі лижі, а вершина кожного опорного елемента спрямована в бік руху машини.

Таке розташування опорних елементів лижи 5 крокуючого екскаватора забезпечило збільшення лінії контакту кожного опорного елемента з ґрунтом і зменшило величину деформації ґрунту опорного елемента під час сходження, 1 як наслідок - збільшило тангенціальні сили опору, що діють на опорні елементи лиж. Таким чином усунути можливо ковзання лижі по ґрунту під час сходження і підвищена ефективність роботи крокуючого механізму.

Робота запропонованої конструкції опорних елементів лиж механізму крокування, відбувається таким чином, наприклад, під час сходження драглайна, лижі крокуючого механізму розташовані симетрично до поздовжньої осі машини, здійснюють плоскостепенне переміщення в бік руху машини і опускаються на ґрунт. Далі, розглянемо роботу крокуючого механізму під час руху по різному типу ґрунту: щільному (рис. 3) і пухкому («слабкому»).

У разі руху машини по щільному ґрунту, під дією зусиль, що передаються двигуном крокуючого механізму, відбувається притискання опорної поверхні 2 кожної лижі в ґрунт і занурення в ґрунт опорних елементів лижі 5 крокуючого екскаватора. За рахунок виконання опорних елементів 5 у вигляді ламаної лінії, а саме у вигляді «шеvronи», і напрямком вершин кутів кожного опорного елемента лижі в сторону руху

машини, збільшена загальна довжина лінії контакту опорних елементів з ґрунтом, і як наслідок, збільшено площу ґрунту, що мнеться опорними елементами лижі крокуючого екскаватора.

Внаслідок збільшення площі м'ятою опорними елементами лижі ґрунтом збільшуються тангенціальні сили опору. Це забезпечило надійне утримання кожної лижі нерухомою щодо ґрунту, усунуло її ковзання і збільшило ефективність роботи крокуючого механізму драглайна.

За рахунок того, що опорні елементи лижі 5 крокуючого екскаватора встановлені симетрично до поздовжньої осі лижі, усунути виникнення додаткових бічних зусиль, що діють на лижу і елементи крокуючого механізму.

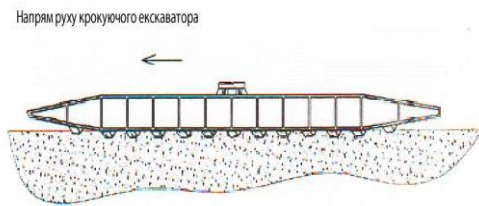


Рис. 3 – Робота крокуючого механізму під час руху по щільному ґрунту

У разі якщо машина крокує по пухкому ґрунту або «слабкому» (рис. 4) ґрунті під дією зусиль від крокуючого механізму, як і в першому випадку, відбувається притискання опорної поверхні 2 кожної лижі до поверхні ґрунту.

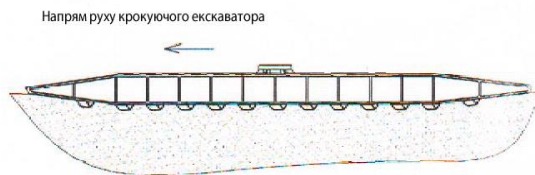


Рис. 4 – Робота крокуючого механізму під час руху по пухкому ґрунту

При цьому відбувається ущільнення пухкого шару ґрунту і занурення лиж на певну глибину. Внаслідок цього, під час сходження в роботу вступають не тільки опорна поверхня 2, але і похилі поверхні 3 і 4. У той же час з ущільненням ґрунту відбувається також занурення в ґрунт опорних елементів лижі 5 крокуючого екскаватора, розташованих на вищезначених поверхнях. Наслідком цього є утворення тангенціальних сил опору, що діють на кожен опорний елемент лижі крокуючого екскаватора.

Таким чином, під час того, що крокує по пухкому або «слабкого» ґрунту, у створенні сил опору ковзанню лиж щодо ґрунту беруть участь всі опорні поверхні 2, 3 і 4 і всі опорні елементи 5 кожної лижі. Це підвищує ефективність роботи крокуючого механізму і ефективність переміщення драглайна по пухким і «слабким» ґрунтам.

Висновки. Виявлені наступні залежності, що чим довше буде фронт робіт, тим більше будуть, тобто чим частіше змінюється напрямок ходу екскаватора, і чим більше коефіцієнт буксування. Дослідження експлуатації крокуючих екскаваторів з опорними елементами лижі, який являє собою прямокутні куточки, розміщені на рівному відстані по всій поверхні лижі, показує, що конструювання опорних поверхонь лиж крокуючих екскаваторів має йти по шляху вдосконалення конструкції опорної поверхні лиж драглайнів і збільшення швидкості їх пересування. Приведена нова конструкція опорних елементів лижі, яка дозволить покращити зчеплення крокуючого екскаватора з ґрунтом, збільшити зону зчеплення, зменшити пробуксовування, і в значній мірі зменшити час простою.

Список літератури:

1. Подерни Р.Ю. Механическое оборудование карьеров / Р.Ю. Подерни // – М.: Издательство Московского государственного горного университета, 2007. – 680 с.
2. Хмызников К.П. Механическое оборудование карьеров. Одноковшовые экскаваторы / К.П. Хмызников // –М.: СПГИ, 2007. – 41 с.
3. Ефременков А.Б. Горные машины и оборудование / А.Б. Ефременков // – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2009. – 152 с.
4. Будішевський В.О. Проектування транспортних систем енергоємних виробництв / В.О. Будішевський // –Донецьк, 2008.– 439 с.
5. Лукьянов В.Г. Горные машины и проведение горно-разведочных выработок/ В.Г. Лукьянов//– Томск: Изд. ТПУ, 2010. – 342с.
6. Дзержинська О.В. Дослідження техніко-економічного питання використання крокуючого кривошипно-важильного механізму на драглайні / О.В.Дзержинська // Сучасні аспекти механізації та автоматизації енергоємних виробництв: всеукраїн. научн.-прак. конф., 11-12 квітня 2017 р.: збірник наукових праць - Покровськ: ДВНЗ "ДНТУ", 2017. – С. 32-37.

References (transliterated)

1. Poderni R.Ju. Mehanicheskoe oborudovanie kar'erov [Mechanical equipment of quarries]. Moscow, Izdatel'stvo Moskovskogo gosudarstvennogo gornogo universiteta, 2007. 680 p.
2. Khmyznikov K.P. Mekhanicheskoye oborudovaniye kar'yerov. Odnokovshovyye ekskavatory [Mechanical equipment of quarries. Single-bucket excavators]. Moscow, SPGGI, 2007. 41 p.
3. Yefremenkov A.B. Gornyye mashiny i oborudovaniye [Mining machines and equipment]. Tomsk, Publishing house of Tomsk Polytechnic University, 2009. 152 p.
4. Budishevsky V.O. Proyektuvannya transportnikh sistem yenergoemnikh virobnitstv [Design of transport systems of energy vinibnitsov]. Donetsk, 2008.439 p.
5. Lukyanov V.G. Gornyye mashiny i provedeniye gorno-razvedochnykh vyrabotok [Mining machines and carrying out of prospecting workings]. Tomsk, Ed. TPU, 2010. 342p.
6. Dzerzhinskaya O.V. Doslidzhennja tehniko-ekonomichnogo pitannja vikoristannja krokujuchoho krivoshipno-vazhil'nogo mehanizmu na draglajni [Investigation of the technical and economic issue of using a stepping crank-weighting mechanism on draglines]. Suchasni aspekti mehanizacii ta avtomatizacii energoemnih virobnitstv: vse-ukrain. nauchn.-prak. konf., 11-12 kvitnja 2017 r.: [Modern aspects of mechanization and automation of energy-intensive industries: all-Ukrainian. Scientific works Conf., April 11-12, 2017: Collection of Scientific Papers]. Pokrovsk: DNEZ "DNTU" Publ., 2017, pp.. 32-37.

Поступила (received) 17.03.17

Бібліографічні описи / Библиографические описания / Bibliographic descriptions

Вплив форми опорної поверхні лижи на переміщення крокуючого екскаватора / О.В. Держинська, І.В. Крупко, О.В. Котляр // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Технології в машинобудуванні. – Х. : НТУ «ХПІ», 2017. – № 26 (1248). – С. 81–85. – Бібліогр.: 6 назв. – ISSN 2079-004X.

Влияние формы опорной поверхности лыжи на перемещение шагающего экскаватора / О.В. Держинская, И.В. Крупко, А.В. Котляр // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Технології в машинобудуванні. – Х. : НТУ «ХПІ», 2017. – № 26 (1248). – С. 81–85. – Бібліогр.: 6 назв. – ISSN 2079-004X.

Influence of the shape of the reference surface of the ski on the movement of a walking excavator / O. Dzerzhinskaya, I. Krupko, A. Kotlyar // Bulletin of NTU "KhPI". Series: Techniques in a machine industry. – Kharkov: NTU "KhPI", 2017. – No. 26 (1248). – P.81–85. – Bibliogr.: 6. – ISSN 2079-004X.

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

Держинська Ольга Віталіївна – аспірант кафедри «Підійомно-транспортні машини» Донбаської державної машинобудівної академії, Краматорськ; тел.: +380994479903; e-mail: olgadzerzhins@gmail.com;

Держинская Ольга Витальевна – аспірант кафедри «Подъемно-транспортные машины» Донбасской государственной машиностроительной академии, Краматорск; тел.: +380994479903; e-mail: olgadzerzhins@gmail.com;

Dzerzhinskaya Olga Vitalievna – postgraduate student of the chair "Lifting-transport vehicles" of the Donbas State Machine-Building Academy, Kramatorsk; tel.: +380994479903; e-mail: olgadzerzhins@gmail.com;

Крупко Ігор Валерійович – кандидат технічних наук, доцент кафедри «Підійомно-транспортні машини» Донбаської державної машинобудівної академії, Краматорськ; тел.: +38-0509142508; e-mail: ptm@dgma.donetsk.ua;

Крупко Игорь Валерьевич – кандидат технических наук, доцент кафедры «Подъемно-транспортные машины» Донбасской государственной машиностроительной академии, г. Краматорск; тел.: +38-0509142508; e-mail: ptm@dgma.donetsk.ua;

Krupko Igor Valerevich - Candidate of Technical Sciences, assistant professor of the chair "Lifting-transport vehicles" of the Donbass State Machine-Building Academy, Kramatorsk; tel.: +38-0509142508; e-mail: ptm@dgma.donetsk.ua;

Котляр Олексій Віталійович – канд. технічних наук, доцент кафедри технологія машинобудування і металорізальні верстати Національного технічного університету «Харківський політехнічний університет», Харків; тел.: (057) 707-66-25; e-mail: : evgeniya.ivashchenko@mail.ru;

Котляр Алексей Витальевич – канд. технических наук, доцент кафедры технология машиностроения и металлорежущие станки Национального технического университета «Харьковский политехнический университет», Харьков; тел.: (057) 707-66-25; e-mail: : evgeniya.ivashchenko@mail.ru;

Kotlyar Alexey Vitalyevich - Candidate of Technical Sciences, Docent of National Technical University «Kharkiv Polytechnic Institute», tel.: (057)-720-66-25; e-mail: evgeniya.ivashchenko@mail.ru.