

УДК 621.879.4

UDC 621.879.4

ШЛЯХИ ВДОСКОНАЛЕННЯ РОБОЧИХ ОРГАНІВ УНІВЕРСАЛЬНИХ ЗЕМЛЕРИЙНИХ МАШИН

Тесленко І. О., Національний транспортний університет, Київ, Україна

WAYS OF IMPROVING THE MULTIPURPOSE DIGGING MACHINES' WORKING BODIES

Teslenko I. O., National Transport University, Kyiv, Ukraine

ПУТИ УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ РОБОЧИХ ОРГАНОВ УНИВЕРСАЛЬНЫХ ЗЕМЛЕРОЙНЫХ МАШИН

Тесленко И. А., Национальный транспортный университет, Киев, Украина

Однією з найбільш трудомістких операцій в транспортному будівництві є спорудження траншей різного профілю для прокладання транспортних комунікацій різного технологічного призначення. Грандіозні задачі як і раніше стоять перед країною в галузі енергетичного будівництва та пов'язані з прокладанням трубопроводів для газорозподільних систем у населених пунктах країни та між ними. Фортифікаційне обладнання позицій військ, особливо в теперішніх умовах, теж потребує наявності землерийної техніки безперервної дії для швидкого та ефективного спорудження окопів повного профілю, ходів сполучення між ними та укрить для бойової техніки. Розширення областей використання землерийних машин безперервної дії повністю відповідає сучасним задачам прискореного науково-технічного прогресу та створення нових технологій, що забезпечують інтенсифікацію та підвищення якості виробничих процесів.

Одноківшеві екскаватори через свою універсальність більш широко використовуються при копанні ґрунтів, ніж машини безперервної дії. Ця універсальність проявляється в тому, що одним і тим же робочим органом розробляються виїмки будь-яких геометричних розмірів. В свою чергу недоліком одноківшевих екскаваторів є циклічність їх робочого процесу. Саме вона зменшує у 5-6 разів продуктивність машин, порівняно з траншейними екскаваторами, та негативно впливає на організм оператора (за один робочий цикл 15-20 с він повинен виконати 6-8 операцій, при цьому за час робочої зміни витримати до 8 тисяч кутових прискорень та гальмувань) [1-4].

З метою розширення технологічних можливостей машин безперервної дії необхідно вирішити ряд питань. Передусім – підвищити універсальність роботи, адже саме недостатня універсальність є найбільшим недоліком багатоківшевих екскаваторів безперервної дії. Проблеми, пов'язані з налипанням та намерзанням ґрунту на робочі поверхні робочих органів та складність їх очищення, тільки зменшують область використання машин безперервної дії.

На наш погляд проблему можна вирішити шляхом створення універсальних землерийних машин. Вони, так би мовити, повинні поєднувати в собі універсальність одноківшевих екскаваторів та мати продуктивність машин безперервної дії. Це можливо шляхом створення робочого органу, робочий процес якого буде полягати у поєднанні трьох рухів: різання ґрунту зі швидкістю ω_p , повздовжньої подачі за рахунок поступального руху машини V_e та бокової подачі робочого органа на ґрунт забою зі швидкістю $V_{\partial n}$ (рис. 1).

Стримують створення універсальних землерийних машин не вирішені до цього часу проблеми, які виникають під час робочого процесу [5]. Це, насамперед, нерівномірність товщини відпрацьованої стружки, яка змінюється від нуля до максимуму, зменшуючи таким чином продуктивність машини на 50%.

Вирішити цю проблему можна шляхом надання робочому органу спеціальної траєкторії, рух по якій забезпечить виконання вказаної вимоги – розробки ґрунту стружками постійної товщини. Траєкторія переміщення робочого органа в забої у вигляді лемніскати Бернуллі (1), (рис. 2) – ідеальна траєкторія – дозволить вирівняти стружку, що зрізується, але практична реалізація «ідеальної» траєкторії є важкою задачею, [6].

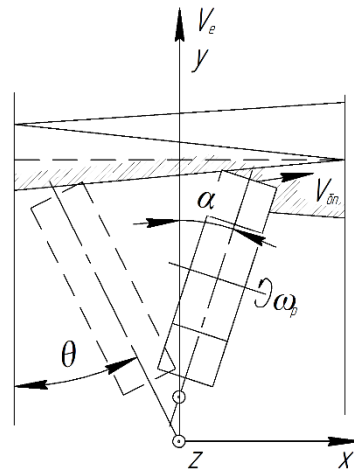


Рисунок 1 – Переміщення робочого органу універсальної землерийної машини в забої

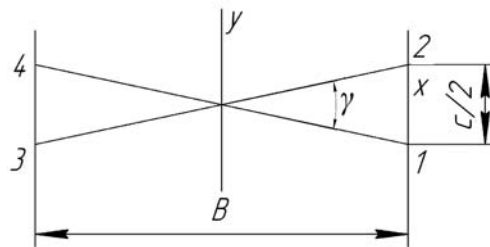


Рисунок 2 – «Ідеальна» траєкторія (лемніската Бернуллі)

Математичний опис вказаної траєкторії має наступний вигляд:

$$y = \frac{V_e}{V_{om}} \cdot x \sqrt{1 - \frac{2^{2n}}{B^{2n}} \cdot x^{2n}}, \quad (1)$$

Точність відтворення «ідеальної» траєкторії (рисунок 2) рівнянням (1) вища при більших значеннях значення показника степені n у рівнянні.

Зниження показника n забезпечує спрощення траєкторії (2) та дозволяє визначити її прийнятний для практичної реалізації вид (рис. 3). Реалізувати вказане переміщення можливо за рахунок реалізації необхідного алгоритму бокового переміщення ланок навіски робочого органу, а саме: в момент підходу робочого органу до бокової стінки виїмки поворот рами ротора зупиняється, а проміжної рами продовжується протягом визначеного відрізка часу t_3 . Тривалість цього переміщення називаємо тривалістю затримки повороту рами ротора. Величина затримки визначається швидкістю поздовжнього переміщення машини. Чим більша швидкість машини, тим більша тривалість затримки.

Величина поздовжнього циклового переміщення робочого органу в забої в залежності від співвідношення швидкостей поздовжньої та бокової подачі робочого органу та ширини виїмки визначається за формулою:

$$y = 1,27 \cdot \frac{V_e}{V_{om}} \cdot x \sqrt{1 - \frac{4,3 \cdot 10^9}{B^{32}} \cdot x^{32}}, \quad (2)$$

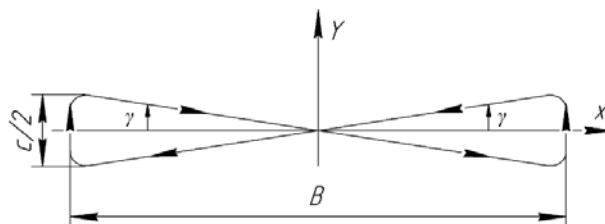


Рисунок 3 – Спрощена траєкторія руху робочого органу при спорудженні широких виїмок в ґрунті

Іншою проблемою є сколювання ґрунту, що виникає при боковій подачі на забій робочого органа універсальної землерийної машини. Негативним фактором сколювання ґрунту є формування призми волочіння перед ротором паралельно його відкритій поверхні, утворення якої створює додатковий опір боковому переміщенню робочого органа, особливо близько бокових стінок споруджуваної виїмки. Ядро ущільнення, що утворюється в процесі копання на ріжучому периметрі ківша, обумовлює сколювання ґрунту у напрямку рівнодіючої сил копання. Далі сколювання відбувається вже не самим ківшем, а саме цим ядром, яке руйнує ґрунт та призводить до обсіпання його на дно виїмки. Це збільшує силове навантаження робочого органа при його боковому переміщенні.

Ця проблема має і позитивну сторону – зменшення сил, що витрачаються на руйнування ґрунту, особливо в процесі копання міцних ґрунтів. Постає питання можливості управління цим процесом. Необхідно направити рівнодіючу силу вглиб масиву, зменшивши ефект утворення випереджувальних тріщин паралельно відкритій поверхні забою. Для цього можуть бути використані ківші з різною геометрією їх ріжучих периметрів [7], рис. 4.

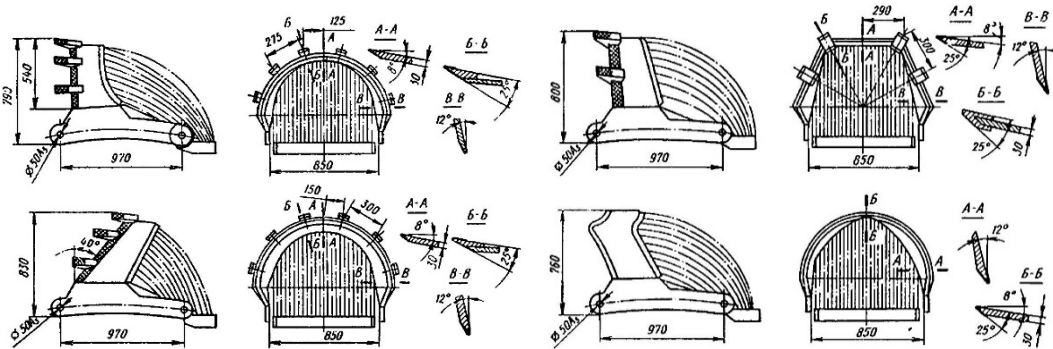


Рисунок 4 – Форми ківшів, що можуть використовуватись на робочому обладнанні машин безперервної дії (розробка Донецького машинобудівного заводу спільно з ЦНІИС)

При розробці в'язких, липких суглинистих ґрунтів і глини в літній час та частково промерзлих ґрунтів у зимовий, виникає проблема забезпечення ефективного очищення робочих органів від налиплого ґрунту, повторне перенесення якого у розроблені виїмки вкрай не бажане.

Налипання та намерзання вологих, липких, глинистих ґрунтів на поверхню робочих органів машин для земляних робіт залежать від ряду факторів, які умовно можна розділити на три групи:

- фізико-механічні властивості ґрунтів;
- конструктивні особливості робочих органів;
- режими роботи машин.

Існує багато способів та методів, які дозволяють зменшити або повністю виключити налипання/намерзання ґрунту на робочі органи землерийних машин. Але використати їх для робочого органа універсальної землерийної машини практично неможливо.

Для забезпечення роботи безківшевого робочого органа універсальної землерийної машини пропонується використати конструкцію за [8], яка представлена на рисунку 5.

В даному випадку в процесі риття виїмок ґрунт, що розроблюється різцями, потрапляє у внутрішню кільцеву порожнину ротора, в якій за рахунок ущільнення та сил тертя транспортується до місця розвантаження. В зоні установки пружного очисника ґрунт, що транспортується, видавлюється на периферію ротора через зовнішню кільцеву порожнину, що утворена лопатками з різцями. Очищення зовнішньої кільцевої порожнини відбувається пружними елементами, які при сходженні з лопаток обумовлюють імпульс сил, що виштовхують ґрунт у транспортуючий пристрій.

Для ківшевого робочого органа пропонується використовувати шарнірно-зміщене кріплення ківшів на роторі. Конструкцію такого робочого органа [9] показано на рисунку 6.

При заповненні ківшів ротора запропонованої конструкції ґрунтом в режимі копання просторові каркаси ківшів відхиляються в сторону, протилежну напрямку обертання, та притискаються до упорів основ. ґрунт утримується забоем та дуговим щитком, який при розвантаженні тисне на днище і допомагає розвантаженню. При цьому просторовий каркас переміщується вперед та ударяється в упори. Ланцюгові днища ківшів струшуються, в результаті чого забезпечується інтенсифікація процесу розвантаження ківшів.

Важливо відмітити, що для відцентрового розвантаження необхідно використовувати досить високі швидкості різання ґрунту (8-11 м/с). Така конструкція ротора, рис. 6, дозволяє створити достатню відцентрову силу для розвантаження ґрунту з ківшів, використовуючи класичні швидкості різання. Конструктивні особливості ківшів та їх кріплення на ротори дозволяють суттєво зменшити швидкості різання ґрунту.

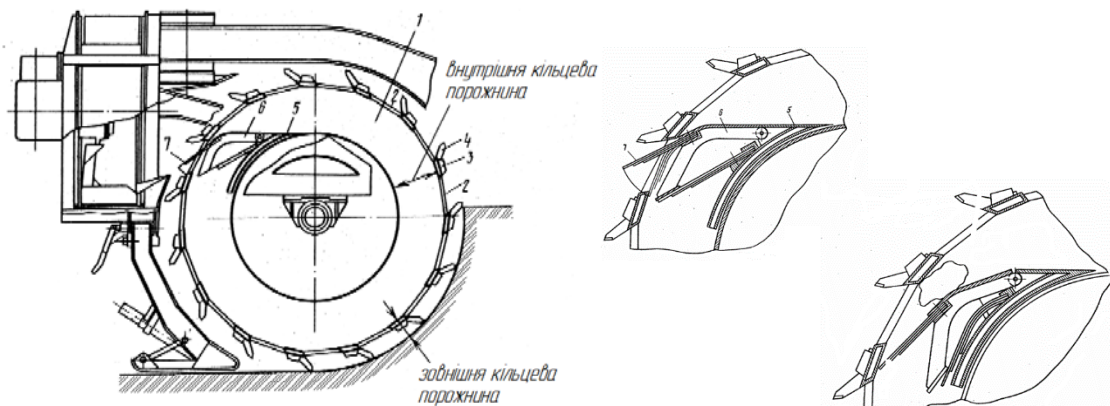


Рисунок 5 – Конструктивна схема робочого органу УЗМ безківшевого типу з примусовим розвантаженням:

1 – ротор; 2 – циліндрична обичайка; 3 – транспортуючі елементи; 4 – різці; 5 – нерухома частина очисника; 6 – рухома частина очисника; 7 – пружні плоскі елементи

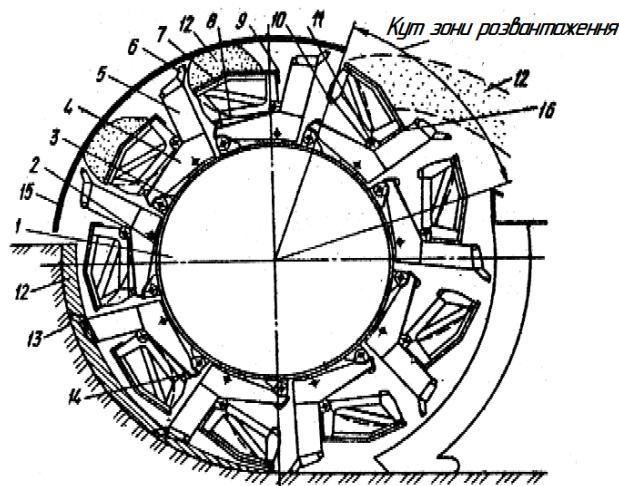


Рисунок 6 – Конструктивна схема ківшевого робочого органу з відцентровим розвантаженням:

1 – роторне колесо; 2, 3 – проушини; 4 – основа; 5 – ріжучий козирок; 6 – різці; 7 – просторовий каркас (ПК); 8 – ланцюгове днище; 9 – упори в передній частині; 10 – упори в задній частині; 11 – горизонтальні шарніри; 12 – ґрунт, що розроблюється; 13 – поверхня забою; 14 – упори основ; 15 – дугові щитки; 16 – упори

Підтвердженням цього слугує отримання рівняння траєкторії руху частинок ґрунту після їх відриву від ківшів в режимі розвантаження:

$$y_A = \frac{2g \cdot y_{AO} \cdot V_a^2 \cdot \cos^2 \varphi + 2V_a^2 \cdot \cos \varphi \cdot \sin \varphi \cdot (x_A - x_{AO})^2 \cdot g^2}{2g \cdot V_a^2 \cdot \cos^2 \varphi}, \quad (3)$$

На рисунку 7 в системі координат XOY показані траєкторії руху частинки ґрунту в режимі вільного польоту для різних значень кута повороту φ та різних швидкостей різання ґрунту. Аналіз приведених траєкторій підтверджує можливість забезпечення розвантаження розробленого ґрунту з ківшів ротора на транспортуючий пристрій (метальник чи конвеєр) та показує режими ефективного розвантаження ківшів ротора універсальної землерийної машини.

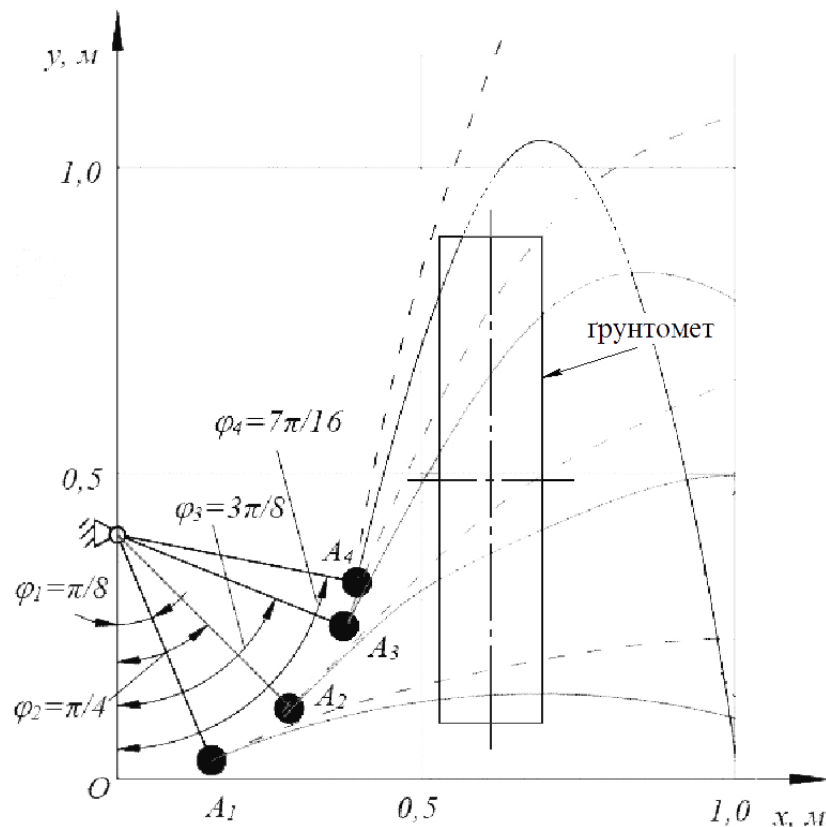


Рисунок 7 – Траєкторії руху елементарної частинки ґрунту при розвантаженні ківша

Висновки: Сучасні методи проведення землерийних робіт є непродуктивними, а використання машин безперервної дії обмежене через їх малу універсальність. Вирішення проблем, пов'язаних з особливостями робочого процесу (нерівномірність відпрацьованої стружки ґрунту, що зрізується, сколювання ґрунту, налипання/намерзання ґрунту на поверхні робочих органів) універсальних землерийних машин шляхом зміни форми ріжучих периметрів робочого органу, надання йому оптимальної траєкторії та використання необхідної конструкції для інтенсифікації розвантаження налиплого/намерзлого ґрунту дозволить збільшити продуктивність виконання землерийних робіт та розширити сфери використання машин безперервної дії.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Мусійко В. Д. Експериментальні дослідження поздовжнього копання: навчальний посібник для студентів ВНЗ, що навчаються за спеціальністю "Підйомно-транспортні, будівельні, дорожні і меліоративні машини і обладнання" / В. Д. Мусійко; М-во освіти і науки України, НТУ. – Київ: ЗАТ "Віпол", 2008. – 240 с.: іл.
2. Машини для земляних робіт: Навчальний посібник / Хмара Л. А., Кравець С. В., Нічке В. В., Назаров Л. В., Скоблюк М. П., Нікітін В. Г. Під загальною редакцією проф. Хмари Л. А. та проф. Кравця С. В. Рівне – Дніпропетровськ – Харків. – 2010. – 557 с.
3. Автомобільні дороги: будівництво, ремонт, машини і механізми для виконання робіт: навч. посіб. Ч1 / Л. А. Хмара, О. С. Шипілов, В. Д. Мусійко, М. П. Кузьмінець. – К.; Д. : НТУ, 2011. – 416 с.
4. Grathof, H. (1986). Design (Constructional Characteristics) of Large Bucket Wheel Excavators. Journal of Mines, Metals, and Fuels, 34(4), 204-213.
5. Коваль А. Б. Визначення умов забезпечення курсової стійкості універсальних землерийних машин: дис. на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук: спец. – 05.05.04 – «Машини для земляних, дорожніх і лісотехнічних робіт» / А. Б. Коваль – Київ.: 2013, - 218 с.
6. Лейченко Ю. К расчету конструктивных и кинематических параметров универсальной землеройной машины. / Лейченко Юрий, Коваль Андрей // Metody obliczeniowe i badawcze w rozwoju systemow pojazdow samochodowych i maszyn roboczych samojednych. SAKON'93. – Rzeszów (Polska) :

Politechnika Rzeszowska, 1993. – S. 99–104. (Дисертанту належить визначення необхідності адаптивного керування величиною додаткового довороту проміжної рами робочого органа УЗМ при зміні швидкості подачі машини та потрібної траєкторії руху центрів ріжучих периметрів робочого органа).

7. Федоров Д. И. Рабочие органы землеройных машин. М., «Машиностроение», 1977. 288 с.

8. А. с. 1479572 СССР МКИ Е 02 F3/24. Рабочий орган роторного экскаватора с центробежной разгрузкой / А. В. Быков, В. К. Скибенко, Ю. Г. Коцюба, В. В. Ефанов, В. Д. Мусийко, Ю. Б. Лейченко и Ю. Н. Матковский (СССР) – 4233865/29-03; Заявлено 23. 04. 87; Опубл. 15.05.89. Бюл. №18 – 3 с.: ил

9. А. с. 1062354 СССР МКИ Е 02 F3/24. Рабочий орган землеройной машины / А. В. Быков, Б. М. Глазман, А. Ф. Архипов, Ю. Г. Коцюба и В. Д. Мусийко (СССР) – 3505496/29-03; Заявлено 19.08.82; Опубл. 23.12.83. Бюл. №47 – 3с.: ил

REFERENCES

1. Musiiko V. D. *Ekskavatory pozdovzhnoho kopannya* [Continuous action excavators] Study guide for students who are studying in the specialty “Hoisting-transporting, constructional, road and agricultural machines and equipment”. Kyiv, CJSC “Vipol”, 2008. – 240 p.: img

2. Khmara L. A., Kravets S. V., Nichke V. V., Nazarov L. V., Skobliuk M. P., Nikitin V. H. *Mashyny dlia zemlianykh robot* [Machines for earthworks] Study guide. Rivne – Dnipropetrovsk – Kharkiv. – 2010. – 557 p.

3. Khmara L. A., Shypilov O. S., Musiiko V. D., Kuzminets M. P. *Avtomobilni dorohy: budivnytstvo, remont, mashyny i mekhanizmy dlia vykonannya robot* [Automobile Roads: construction, repair, machines and mechanisms to perform work] Study guide. Kyiv, Dnipropetrovsk: National transport university, 2011, - 416 p.

4. Grathof, H. (1986). Design (Constructional Characteristics) of Large Bucket Wheel Excavators. Journal of Mines, Metals, and Fuels, 34(4), 204-213.

5. Koval A.B. *Vuznachennia umov zabezpechennia kursovoi stiikosti universalnykh zemleroynykh mashyn* Diss. [Definition of the conditions assuring the course stability of the multipurpose earth-moving machine. Diss.]. Kyiv, 2013. 219 p.

6. Leychenko Yu., Koval A. *K raschetu konstruktivnykh i kinematicheskikh parametrov universalnoy zemleroynoy mashyny* [Calculation of the structural and kinematic parameters of the multipurpose earth-moving machine] Metody obliczeniowe I badawcze w rozwoju systemow pojazdow samochodowych i maszyn roboczych samojedznych. SAKON'93. – Rzeszów (Polska) : Politechnika Rzeszowska, 1993. – p.p. 99–104.

7. Fedorov D. Y. *Rabochye orhany zemleroynykh mashyn* [The working bodies earthmoving machines]. Moscow, Mashinostroenie, 1977, - 288 p.

8. Bikov A. V., Skybenko V. K., Kotsiuba Yu. H., Efanov V. V., Musyiko V. D., Leichenko Yu. B., Matkovskiy Yu. N. *Rabochiy orhan rotornoho ekskavatora s tsentrobeznoi razghruzkoj* [The working body of the rotary excavator with centrifugal discharge] Patent SU, no. 4233865/29-03, 1989.

9. Bikov A. V., Glazman B. M., Arkhipov A. F., Kotsiuba Yu. G., Musiiko V. D. *Rabochiy organ zemleroynoy mashyny* [The working body if digging machine] Patent SU, no. 3505496/29-03, 1983.

РЕФЕРАТ

Тесленко І. О. Шляхи вдосконалення робочих органів універсальних землерийних машин / І. О. Тесленко // Вісник Національного транспортного університету. Серія “Технічні науки”. Науково-технічний збірник. – К.: НТУ, 2016. - Вип. 2 (35).

Стаття присвячена пошуку шляхів вирішення проблеми створення ефективних конструкцій універсальних землерийних машин (УЗМ).

Об’єкт дослідження – універсальна землерийна машина з роторним робочим органом, який працює у режимі віяльно-поступальної подачі, розроблюючи траншеї та котловани різної ширини та глибини одним і тим же робочим органом без його конструктивних змін.

Мета роботи – запропонувати дієві шляхи вдосконалення робочих органів універсальних землерийних машин.

Метод дослідження – аналітичний огляд, теоретичні дослідження.

Проведено аналіз використання машин безперервної дії у порівнянні з одноківшевыми екскаваторами при виконанні земляних робіт та причин невикористання універсальних землерийних машин.

Встановлено, що товщину стружки ґрунту, що зрізується, можна забезпечити практично незмінною по всій ширині котловану при наданні робочому органу оптимальної траєкторії переміщення в плані, управляти процесом сколювання ґрунту можливо шляхом зміни конструкцій ріжучих периметрів ківшів, а інтенсифікувати процес розвантаження налиплого/намерзлого ґрунту із ківшів можливо шляхом використання інерційних інтенсифікаторів.

Результати статті можуть бути використані у подальших дослідженнях по удосконаленню конструкцій робочих органів універсальних землерийних машин.

Прогнозні припущення щодо розвитку об’єкта дослідження – випуск універсальних землерийних машин, що на порядок зменшить номенклатуру одноківшевих екскаваторів, що випускаються.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: УНІВЕРСАЛЬНА ЗЕМЛЕРИЙНА МАШИНА, ЕКСКАВАТОР, РОБОЧИЙ ОРГАН, ЗЕМЛЕРИЙНІ РОБОТИ, ТРАЄКТОРІЯ, КОНСТРУКЦІЯ.

ABSTRACT

Teslenko I. O. Ways of improving the multipurpose digging machines' working bodies. Kyiv. Visnyk National Transport University. Series "Technical sciences". Scientific and Technical Collection. – Kyiv. National Transport University, 2016. – Issue 2 (35).

This article is devoted to finding the ways of solving the problem of creating multipurpose grounddigging machine's (MGDM) effective constructions.

Object of the study is the multipurpose grounddigging machine with the rotary working body that works in the winnow-translational feed mode excavating trenches and pits of different width and depth by the same working body without its constructional changes.

Purpose of the study is to offer the effective ways of improving the multipurpose grounddigging machine's working bodies.

Method of the study are analytical review and theoretical researches.

The analysis of the continuous action machine's using comparing to the using of one-bucket excavators for excavation works performance and the reasons of the non-using the multipurpose grounddigging machine were researched.

Found that the thickness of cut of soil shavings will be almost unchanged across the width of pit if the working body has the optimal in plan moving trajectory. The chipping process can be controlled by the buckets' cutting perimeters' constructions changing. The unloading process of stucked/freezed soil on the buckets can be intensified by using inertial intensifiers.

The results of the article can be used in further researches of multipurpose grounddigging machine's working bodies' constructions improving.

Forecast assumptions about the object of study: multipurpose grounddigging machine's production will reduce the one-bucket excavators' nomenclature.

KEYWORDS: MULTIPURPOSE GROUND DIGGING MACHINE, EXCAVATOR, WORKING BODY, EXCAVATION WORKS, TRAJECTORY, CONSTRUCTION.

РЕФЕРАТ

Тесленко И. А. Пути совершенствования рабочих органов универсальных землеройных машин / И. А. Тесленко // Вестник Национального транспортного университета. Серия "Технические науки". Научно-технический сборник. – К.: НТУ, 2016. – Вып. 2 (35).

Статья посвящена поиску путей решения проблемы создания эффективных конструкций универсальных землеройных машин (УЗМ).

Объект исследования – универсальная землеройная машина с роторным рабочим органом, который работает в режиме веяльно-поступательной подачи, разрабатывая траншеи и котлованы различной ширины и глубины одним и тем же рабочим органом без его конструктивных изменений.

Цель работы – предложить эффективные пути усовершенствования рабочих органов универсальных землеройных машин.

Метод исследования – аналитический обзор, теоретические исследования.

Проведен анализ использования машин непрерывного действия по сравнению с одноковшовыми экскаваторами при выполнении земляных работ и причин неиспользования универсальных землеройных машин.

Установлено, что толщину стружки срезаемого грунта можно обеспечить практически неизменной по всей ширине котлована при предоставлении рабочему органу оптимальной траектории перемещения в плане, управлять процессом скалывания грунта возможно путем изменения конструкций режущих периметров ковшей, а интенсифицировать процесс разгрузки налипшего/намерзлого грунта с ковшей возможно путем использования инерционных интенсификаторов.

Результаты статьи могут быть использованы в дальнейших исследованиях по усовершенствованию конструкций рабочих органов универсальных землеройных машин.

Прогнозные предположения о развитии объекта исследования – выпуск универсальных землеройных машин, что на порядок уменьшит номенклатуру выпускаемых одноковшовых экскаваторов.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: УНИВЕРСАЛЬНАЯ ЗЕМЛЕРОЙНАЯ МАШИНА, ЭКСКАВАТОР, РАБОЧИЙ ОРГАН, ЗЕМЛЕРОЙНЫЕ РАБОТЫ, ТРАЕКТОРИЯ, КОНСТРУКЦИЯ.

АВТОР:

Тесленко Ігор Олександрович, магістр, аспірант, Національний транспортний університет, аспірант кафедри дорожніх машин, e-mail: stravoxid@gmail.com, тел. +380665564785.

AUTHOR:

Teslenko Ihor O., master, postgraduate, National transport university, postgraduate department of road machines, e-mail: stravoxid@gmail.com, tel. +380665564785.

АВТОР:

Тесленко Ігорь Александрович, магистр, аспирант, Национальный транспортный университет, аспирант кафедры дорожных машин, e-mail: stravoxid@gmail.com, тел. +380665564785.

РЕЦЕНЗЕНТИ:

Матейчик В. П., доктор технічних наук, професор, Національний транспортний університет, завідувач кафедри екології та безпеки життєдіяльності, Київ, Україна.

Іткін О. Ф., доктор технічних наук, генеральний директор ПрАТ "Промислово-виробничий інститут зварювально-ізоляційних технологій при будівництві трубопроводів "Нафтогазбудізоляція"», Київ, Україна.

REVIEWERS:

Mateichyk V. P., Doctor of Technical Sciences, Professor, National Transport University, Professor of Department of Ecology and Safety of Vital Functions, Kyiv, Ukraine

Itkin O. F., Doctor of Technical Sciences, Professor, General Director "Neftegazstroyizoliatsiya" Industrial Production Institute of welding-insulation technologies to a piping building, Kyiv, Ukraine.