

УДК 621.878.2

ХВИЛЬОВІ ЛАНЦЮГОВІ ПЕРЕДАЧІ У ПРИВОДАХ ЗЕМЛЕРИЙНИХ МАШИН

**В.Г. Крупко, доц., к.т.н., Н.О. Кучер, маг.,
Донбаська державна машинобудівна академія, м. Краматорськ**

***Анотація.** Розглядається можливість застосування хвильових ланцюгових передач у приводах однокішових екскаваторів-драглайнів і механічних лопат. Показано, що за допомогою додаткового пульсуючого руху робочого органа можна досягти зниження енергоємності процесу руйнування ґрунтів за рахунок руйнування так званого «ядра» ґрунту, що переміщається перед ріжучою кромкою ковша.*

***Ключові слова:** ланцюг, хвильовий привід, пульсуючий рух, ківш, екскаватор.*

ВОЛНОВЫЕ ЦЕПНЫЕ ПЕРЕДАЧИ В ПРИВОДЕ ЗЕМЛЕРОЙНЫХ МАШИН

**В.Г. Крупко, доц., к.т.н., Н.А. Кучер, маг.,
Донбасская государственная машиностроительная академия, г. Краматорск**

***Аннотация.** Рассматривается возможность применения волновых передач в приводах экскаваторов-драглайнов и механических лопат. Показано, что с помощью дополнительного пульсирующего движения рабочего органа можно достичь снижения энергоёмкости процесса разрушения ґрунтов за счет разрушения так называемого «ядра» ґрунта, которое движется впереди режущей кромки ковша.*

***Ключевые слова:** цепь, волновой привод, пульсирующее движение, ковш, экскаватор.*

WAVE OF TRANSMISSION IN THE DRIVE EXCAVATIONS

**V. Krupko, Assoc. Prof., Cand. Sc. (Eng.), N. Kucher, M. S.,
Donbass State Engineering Academy, Kramatorsk**

***Abstract.** The possibility of the use of wave transmission in drives of dragline excavators and mechanical shovels. It is shown that with the help of an additional pulsating motion of the working body can be achieved by reducing the energy intensity of the process of destruction of soil due to the destruction of so-called «core» of the soil, which moves in front of the cutting edge of the bucket.*

***Key words:** chain, wave drive, pulsating motion, bucket.*

Вступ

Зростання обсягів землерийних робіт вимагає створення високопродуктивної мобільної швидкісної землерийної техніки: машин, устаткування, виконавчих механізмів, інструментів, робочих органів. Тому пошук нових фізичних ефектів процесу руйнування ґрунтів, ефективних способів впливу на робітничі середовища та розробка способів інтенсифікації робочих процесів землерийних машин є досить актуальною науково-технічною задачею.

У джерелах, присвячених динамічному руйнуванню ґрунтів, наведені схеми для вібраційного, ударного, високошвидкісного руйнування ґрунтів, основи розрахунків. Процеси руйнування ґрунтів за змінної швидкості робочого органа дозволяють зменшити енергетичні витрати за рахунок періодичного руйнування «ядра» ґрунту, що знаходиться перед ріжучою кромкою робочого органа. Приводи землерийних машин на основі хвильової ланцюгової передачі для імпульсного руйнування ґрунтів дозволяють забезпечити створення необхідного пульсу-

ючого руху ковша, що дозволяє отримати необхідний ефект. Тому роботи, присвячені розробці та дослідженню процесів руйнування ґрунтів за допомогою приводів хвильових ланцюгових передач, є досить актуальними.

Аналіз публікацій

У галузі землерийних машин завдання зі зниження енергоємності процесів руйнування ґрунтів знайшли широке відображення в роботах А.М. Холодова [1], В.А. Ветрова [2], Л.А. Хмари [3]. Одним із сучасних напрямів щодо зниження енергоємності процесу копання ґрунтів вважається застосування динамічного руйнування [4], яке дозволяє на 30–40 % підвищити ефективність роботи землерийних машин. На кафедрі ПТМ ДДМА розроблено хвильовий привід землерийних машин, ефективність якого полягає в пульсуючому русі ковша, що підтверджується цілим рядом патентів і наукових розробок [5, 6].

Мета і постановка завдання

Метою роботи є обґрунтування ефективності застосування комбінованого пульсуючого привода механізмів однокішшевих екскаваторів, який забезпечує імпульсний характер руху робочого органу, що сприяє зменшенню енергоємності процесу руйнування ґрунтів. Для дослідження мети були поставлені такі задачі:

- провести аналіз конструкцій приводів землерийних машин та обґрунтувати можливість застосування хвильових ланцюгових передач для забезпечення пульсуючого руху робочих органів;
- навести принцип дії та методики розрахунків основних параметрів хвильових ланцюгових передач;
- розробити конструкцію приводів землерийних машин із пульсуючим рухом робочого органу;
- провести експериментальні дослідження роботи такого привода та визначити його ефективність порівняно з існуючими.

Хвильові ланцюгові передачі у приводах землерийних машин

У сучасних землерийних і підйомно-транспортних машинах вирішуються різноманітні задачі щодо забезпечення ефективної

взаємодії робочих органів із зовнішнім середовищем. Прикладом застосування приводів з нерівномірним «пульсуючим» рухом робочого органу можуть бути виконавчі механізми однокішшових екскаваторів, в яких нерівномірність руху забезпечується застосуванням хвильової передачі в кінематичних схемах приводів.

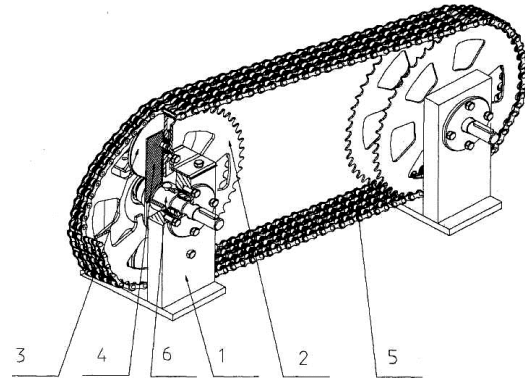


Рис. 1. Хвильова ланцюгова передача: 1 – корпус; 2 – нерухома зірочка; 3 – катки; 4 – водило; 5 – ланцюг; 6 – приводний вал

Хвильова ланцюгова передача (рис. 1) забезпечує дискретність руху. Вона складається з корпусу 1, нерухокої зірочки 2, водила 4 з катками 3, ланцюга 5 і приводного вала 6. Таким чином, ківш отримує переміщення від двох барабанів відразу, один з яких надає руху пульсаційності, забезпечуючи додатковий вплив на ґрунт, що розробляється, та зменшує сили, необхідні на подолання опору ґрунту, а також знижує енергоємність процесу, за рахунок короткочасного збільшення швидкості різання.

Геометрична схема та основні параметри провідного елемента ланцюгової хвильової передачі наведені на рис. 2, звідки видно, що центри котків з радіусом r розміщені на колі радіусом R . Нерухома зірочка ланцюгової передачі може виконуватися з різним числом зубів, радіус дільного кола зірочки – R_0 [5].

Фіктивний радіус котка r_ϕ з урахуванням товщини ланцюга, визначається зі співвідношення

$$r_\phi = r + 0,5h, \quad (1)$$

де h – ширина ланцюга.

Кут активної взаємодії котка з ланцюгом, в межах якого виконується поворот барабана на заданий кут φ_3 (рис. 2), визначається за формулою

$$\cos \alpha = \frac{R_0 - r_\phi}{R} \quad (2)$$

Ланцюг та пов'язаний з ним канатний барабан залишаються нерухомими впродовж часу, що відповідає повороту водила на кут (рис. 2)

$$\gamma = \pi - 2\alpha \quad (3)$$

Характерні положення центрів котків водила показані на рис. 2 (I, II, III, IV, V).

Привід працює таким чином. Водило отримує безперервне обертання з постійною кутовою частотою ω від двигуна. Коток, торкнувшись ланцюга в точці a_0 (положення центру котка I, рис. 2), починає відводити ланцюг вліво – вгору, що відповідає подовжньому переміщенню ланцюга «знизу-вгору» і повороту барабана. У положенні центру котка II процес переміщення ланцюга закінчується, що відповідає значенню кута $\varphi = 2\alpha$. У цьому положенні ланцюг охоплює коток і зірочку по периметру abc .

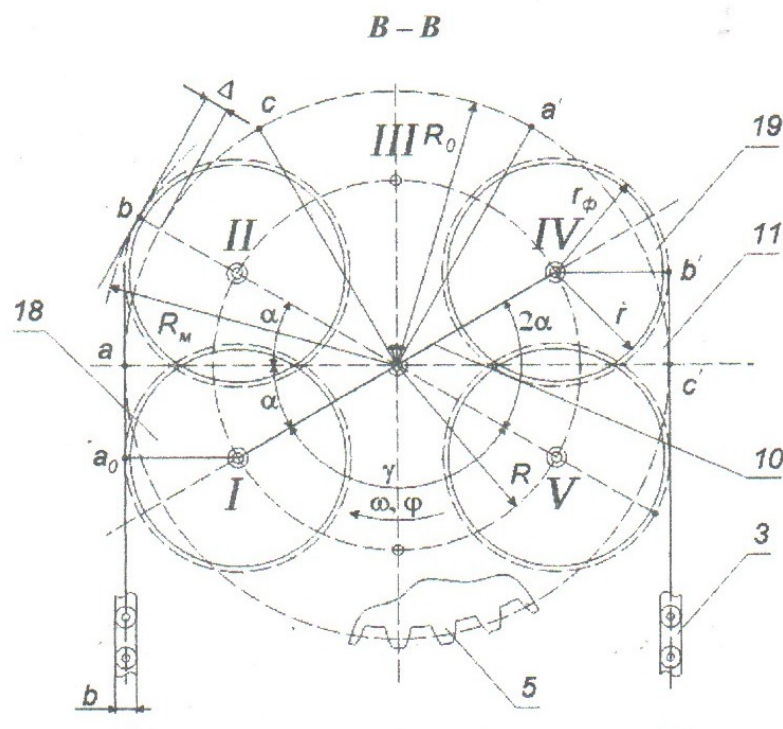


Рис. 2. Характерні положення центрів робочих котків водила відносно нерухомих зірочок

Переміщення ланцюга ΔS за кут повороту водила на 2α визначається різницею периметрів

$$\Delta S = abc - \tilde{ac} \quad (4)$$

Ця різниця повинна бути обов'язково кратною кроку t_w , тобто

$$\Delta S = \Delta z \cdot t_w \quad (5)$$

де Δz – різниця довжин периметра abc та дуги \tilde{ac} .

Описане вище переміщення ведучої гілки ланцюга забезпечується за рахунок того, що з боку веденої гілки ланцюга котком їй передається така ж ділянка ланцюга ΔS (рис. 2); при цьому протилежно розташований коток переходить із положення IV в положення V. Канатний барабан при цьому повертається на кут

$$\varphi_3 = \frac{\Delta S \cdot 360}{\pi D_3} \quad (6)$$

де D_3 – діаметр початкового кола зірочок, встановлених на канатному барабані.

При подальшому обертанні водила (рис. 2) на кут γ (перехід котка з положення II в положення IV через проміжне положення III) відбувається холоста перегонка гофра abc , а робочі гілки ланцюга не переміщуються (точки a та c – нерухомі). Барабан залишається нерухомим.

Число котків водила взяте рівним двом для забезпечення достатнього числа зубів зірочки, що знаходяться в зачепленні з ланцюгом [1].

Очевидно, що для нормальної роботи привода необхідно, щоб в положенні котка з центром у точці II ланцюг був повністю виведений із зачеплення згідно зі співвідношенням

$$R_{\text{н}} = R_0 + r + \Delta, \quad (7)$$

де Δ – гарантований проміжок між зубами зірочки і ланцюгом.

Середнє значення передатного числа хвильового ланцюгового привода

$$i_{\text{цп}} = \frac{\pi \cdot D_3}{k \cdot (t_{\text{ц}} + \Delta z)}, \quad (8)$$

де k – кількість котків водила.

Таким чином, вказана методика дає можливість визначити основні геометричні та кінематичні параметри хвильової ланцюгової передачі, основними з яких є: фіктивний радіус котка, кут повороту водила, переміщення ланцюга, кут обертання канатного барабана, середнє значення передатного відношення.

На кафедрі ПТМ ДДМА розроблені приводи виконавчих механізмів землерийних машин, які забезпечують додаткове навантаження від дії хвильового ланцюгового привода, що призводить до виникнення більш поширених зон руйнування, зменшуючи необхідну силу копання та витрати електроенергії на технологічний процес, а також зменшується імовірність зупинки екскаватора в разі зіткнення ковша з більш щільною породою.

Тим самим вирішується проблема статичності руйнування ґрунту, що вимагає значних енерговитрат і високої кваліфікації машиніста екскаватора.

Він складається з рукояті 1, ковша 2, блоків стріли 3, підйомних канатів 4, 5, редуктора 6, хвильового ланцюгового редуктора 7, асинхронних електродвигунів 8, 9, підйомної лебідки ланцюгового хвильового привода 10 та підйомної лебідки класичного привода 11 [5].

На рис. 3 зображений підйомний механізм екскаватора [5].

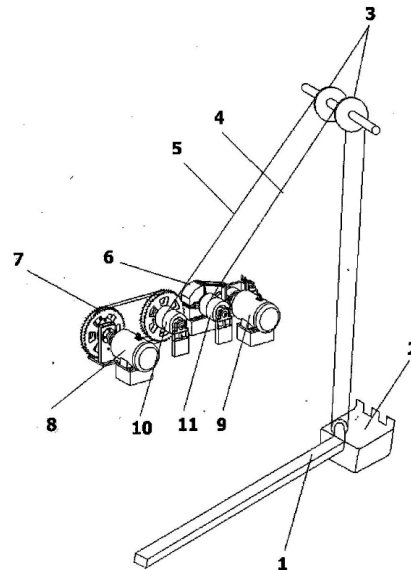


Рис. 3. Підйомний механізм екскаватора

Підйомний механізм екскаватора працює таким чином: від хвильового ланцюгового редуктора 7 за допомогою підйомної лебідки 9 робочий орган 2 приходить у рух; вкупі з рухом підйомної лебідки 10 здійснюється підйом ковша та руйнування ґрунту. Опускання ковша та розвантаження відбувається без участі хвильового ланцюгового привода. Такий привід забезпечує пульсуючий рух ковша, що зменшує енергозатрати.

Дослідження впливу динамічного руйнування на зниження енергоємності проводилися в лабораторії кафедри ПТМ на установці (рис. 4), яка дозволяє проводити спектр наукових досліджень відносно параметрів приводів землерийних машин на підставі застосування хвильової ланцюгової передачі (рис. 4). Використання комбінованого типу привода є новим рішенням в галузі зниження енергоємності процесу копання. Комбінований тип привода ґрунтується на застосуванні хвильової ланцюгової передачі [6], завдяки впливу якої процес копання набуває динамічного типу руйнування за рахунок додаткових пульсуючих навантажень на ґрунт, що

розробляється, а також за рахунок зменшення ймовірності зупинок у разі зіткнення робочого органу (ковша) з міцнішою породою.

У ґрунтовому каналі 1 (рис. 4) ківш 2 переміщується за допомогою тягового каната 6, що проходить через блоки 3 і 4 і закріплений на двох лебідках: А – з ланцюговим хвильо-

вим приводом, В – із класичним приводом. Привід «А» складається з електродвигуна 7, циліндричного редуктора 9, від якого через муфту крутний момент передається на хвильову ланцюгову передачу 8, а потім на барабан 10, через ланцюг 5 і рухливу зірочку 11.

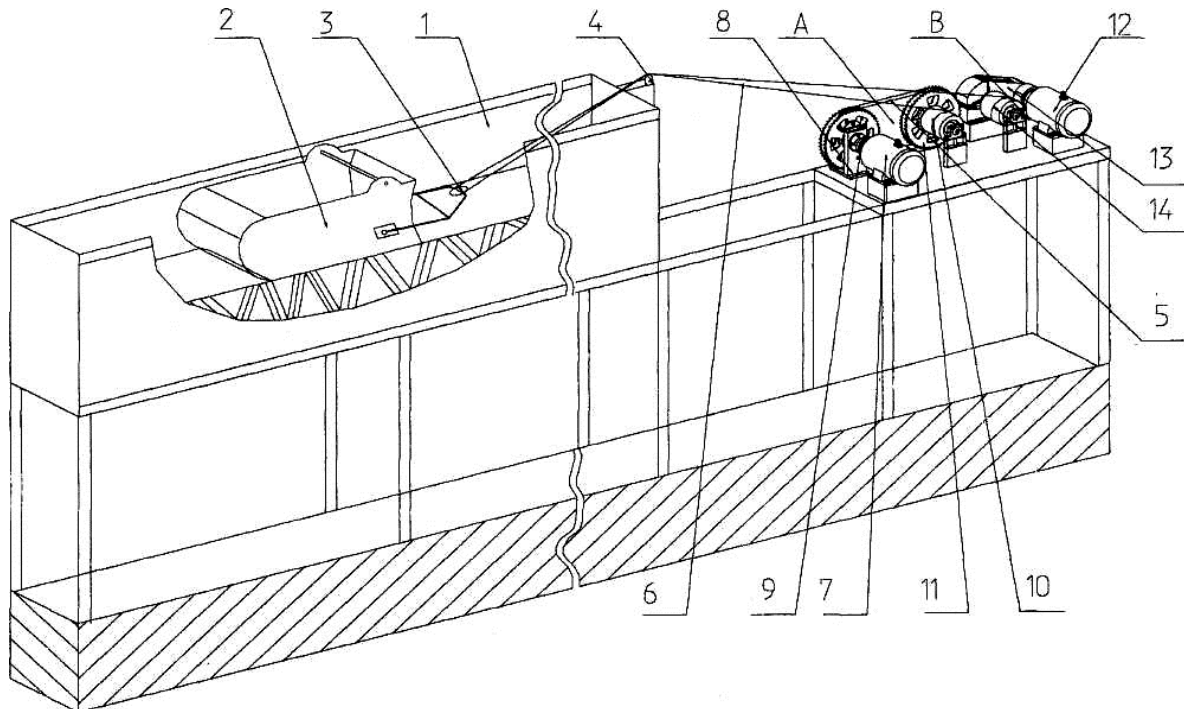


Рис. 4. Схема лабораторної установки: 1 – ґрунтовий канал; 2 – ківш; 3, 4 – блоки; 5 – ланцюг; 6 – тяговий канат; А – хвильовий ланцюговий привод; 7 – електродвигун; 8 – хвильова ланцюгова передача; 9 – редуктор; 10 – барабан; 11 – рухома зірочка; В – класичний привод; 12 – електродвигун; 13 – редуктор; 14 – барабан

Експериментальні дослідження на лабораторній установці з дослідження процесу руйнування ґрунтів ковшем драглайна проводились відповідно до сучасного стану планування експериментів [3], а обробка їх результатів дозволила отримати залежності енергоємності процесу копання [6]. Так, в результаті експериментів з використання комбінованого привода встановлено, що енерговитрати на руйнування ґрунтів ковшем драглайна можна зменшити на 15–17 % в порівнянні з класичним приводом.

Висновки

Запропоновано принцип дії та методику визначення основних геометричних параметрів хвильової ланцюгової передачі та розглянуто сфери, в яких були застосовані хвильові лан-

цюгові передачі в конструкціях підйомного механізму екскаватора, де додатково включається хвильовий ланцюговий привод на основі хвильового ланцюгового редуктора, асинхронного електродвигуна, а також підйомної лебідки ланцюгового хвильового привода. Додаткове нерівномірне навантаження від дії ланцюгового привода призводить до виникнення більш поширених зон руйнування, зменшуючи необхідну силу копання та витрати електроенергії на технологічний процес. Це також зменшує ймовірність зупинки екскаватора в разі зіткнення ковша з більш щільною породою.

Експериментальні дослідження роботи хвильового ланцюгового привода тяги драглайна показали, що застосування комбінованого типу привода, в порівнянні зі стандартним,

веде до зменшення на 15–17 % енергоємності процесу копання.

Література

1. Холодов, А.М. Проектирование машин для земляных работ / А.М. Холодов. – Х.: Высшая шк., 1986. – 272 с.
2. Ветров Ю.А. Машины для специальных земляных работ/ Ю.А. Ветров, В.Л. Баладинский. – К.: Высшая школа, 1980. – 192 с.
3. Хмара Л.А. Многофакторные исследования рабочего процесса ковша экскаватора с гидроуправляемой челюстью / Л.А. Хмара, В.И. Курочка / Научные работы ПДАБА. – 2005. – № 99. – С.80–85.
4. Баладинский В.Л. Механика динамического разрушения грунтов / В.Л. Баладинский, Ю.Д. Абрашкевич – К.: Техника строительства, 1999. – 160 с.
5. Пат. 19928U Украина, МПК E02F3/18. Підйомний механізм екскаватора / Крупко В.Г., Хмара Л.А., Дорохов М.Ю., Альошичев П.В.; заявник і патентовласник Донбаська державна машинобудівна академія. – № 4200900340; заявл. 19.04.2006, опубл. 2007 р., Бюл. №1.
6. Крупко В.Г. Экспериментальные исследования разрушения грунтов на стенде с комбинированным приводом на основе волновой цепной передачи / В.Г. Крупко, П.В. Альошичев // Вісник ДДМА. – 2011. – №2(23). – С.79–82.

Рецензент: І.Г. Кириченко, професор, д.т.н., ХНАДУ.

Стаття надійшла до редакції 13 квітня 2016 р.
