

Значне підвищення - в 1,5-2 рази - відзначено стійкості і надійності розгортки зі змінним нахилом зубів.

Ключові слова: вібрація, розгортка, багатолезовий інструмент, ріжуча кромка, коливання, сила збурення нахил зуба, розсвердлювання отвору.

Стаття надійшла 15.09.2023 р.

УДК 621.873.11

doi.org/10.31498/2522-9990262023294136

Суглобов В.В., Крупко В.Г., Крупко І.В.

ОБГРУНТУВАННЯ КОНСТРУКЦІЙ ПРИВОДІВ З ХВИЛЬОВИМИ ЛАНЦЮГОВИМИ ПЕРЕДАЧАМИ

У роботі розглянуто застосування сучасних будівельних, дорожніх, підйомно - транспортних, землерийних і інших типів машин, які відносяться до технологічних, у відбудові зруйнованих війною інфраструктури, промислових, цивільних будівель, шляхів і інших об'єктів. Ефективна робота наведених машин в значній мірі залежить від конструкцій робочих органів їх виконавчих механізмів та одного із основних складових елементів технічних систем, а саме приводів та передатних механізмів. Передатні механізми забезпечують необхідний режим роботи, задані параметри і закони руху робочих органів, або інших кінцевих елементів машин. У роботі наведено приклади удосконалення конструкцій приводів на основі сучасних досліджень механічних передач, пошуку нових фізичних ефектів, що дозволяють підвищити ефективність застосування машин, зменшити енергетичні затрати на виконання технологічних операцій.

Запропоновано застосування приводів з нерівномірним «пульсуючим» рухом виконавчого органу, що забезпечує хвильова ланцюгова передача. Виконання провідного елемента ланцюгової передачі, що служить для підвісу та повороту барабана, у вигляді двох нерухомих зірок, забезпечених розміщенням між ними водилом з двома котками, забезпечує, автоматичний покрововий круговий рух барабана тільки за рахунок принципу дії механічної передачі «води́ло - нерухо́мі зі́рочки - бараба́н». Замість барабана може бути застосовано кінцевий ведений елемент (наприклад квіш, роторне колесо, стрічка конвеєра та інші робочі органи). Нерухомі зірочки гарантують зупинку багаторядного ланцюга, а отже, і механізму підйому вантажу в цілому, у момент зупинки електродвигуна, або при раптовому руйнуванні з'єднувальної муфти, що забезпечує безпеку роботи обладнання. При цьому, обертання водила з роликками з постійною кутовою швидкістю, забезпечує пульсуючу кутову швидкість обертання зірочки, а зміна кількості та геометричних параметрів складових елементів передачі дозволить досягти заданого закону руху кінцевих елементів виконавчих механізмів.

Ключові слова: хвильові ланцюгові передачі, пульсуючий рух виконавчого органу, конструкції приводів процесів, забезпечення заданих законів руху кінцевих елементів обладнання

Постановка проблеми. В сучасному господарському комплексі України значна увага буде приділятися технологічним процесам, пов'язаних з відбудовою зруйнованих війною інфраструктури, промислових, цивільних будівель, шляхів і інших об'єктів. Названі процеси потребують застосування сучасних будівельних, дорожніх, підйомно - транспортних, землерийних і інших типів машин, які можна віднести до технологічних [1]. Ефективна робота наведених машин в значній мірі залежить від конструкцій робочих органів їх виконавчих механізмів та одного із основних складових елементів технічних систем, а саме приводів та

Машинобудування і зварювальне виробництво

передатних механізмів. Передатні механізми забезпечують необхідний режим роботи, задані параметри і закони руху робочих органів, або інших ведених кінцевих елементів машин. Таким чином, удосконалення конструкцій приводів на основі сучасних досліджень механічних передач, пошук нових фізичних ефектів, що дозволять підвищити ефективність застосування машин, зменшити енергетичні затрати на виконання технологічних операцій являється досить актуальною науково-технічною задачею.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Розроблені рекомендації по застосуванню хвильових ланцюгових передач з метою зменшення енергоємності процесів руйнування ґрунтів у приводах землерийних машин [2,3,4]. Ефективність застосування таких передач полягає в забезпеченні пульсуючого (нерівномірного) руху робочих органів, що веде до зменшенню опору руйнування ґрунтів. Хвильові ланцюгові передачі доцільно застосовувати в приводах сучасних млинів для забезпечення процесів їх пуску [5] в механізмах – кантувачах, наприклад кувальних кранах [6] та ряду інших машин. Розроблено цілий ряд приводів виконавчих механізмів землерийних машин, а також проведені дослідження [3,4] показали, що для кожного конкретного механізму необхідно мати цілий ряд вхідних і вихідних параметрів механізмів (наприклад закон руху, швидкість час вистою веденої ланки та інші). Таким чином питання застосування хвильових ланцюгових передач потребує в кожному окремому випадку обґрунтування кінематичних схем і параметрів, що здатні забезпечити необхідний режим роботи виконавчих механізмів і машин в цілому.

Мета дослідження. Обґрунтування доцільності застосування передатних механізмів з хвильовими ланцюговими передачами та розробка методики визначення їх основних параметрів для приводів технологічних машин.

Для досягнення поставленої мети в роботі розглянуті: - особливості конструкцій хвильових ланцюгових передач їх основних елементів кінематичних параметрів та методика їх визначення; - обґрунтування конструкцій (кінематичних схем) приводів технологічних машин з передатними механізмами на основі хвильових ланцюгових передач.

Основний матеріал дослідження. В сучасних землерийних і підйомно-транспортних машинах вирішується різноманітні задачі по забезпеченню ефективної взаємодії робочих органів з зовнішнім середовищем. Прикладом застосування приводів з нерівномірним «пульсуючим» рухом виконавчого органу є одноківшові екскаватори, в яких необхідну закономірність руху забезпечує хвильова ланцюгова передача.

Принцип дії такої передачі полягає у пульсуючому русі веденої ланки, наприклад, зірочки 11, яка буде повертатися відносно т. О2 на кут, що відповідає переміщенню ланцюга котком (роликом) 9 на шлях, рівний кількості ланок, що вступають в контакт з цим роликом.

Схема такої передачі включає (рис. 1,2 а,б) конструкцію хвильового ланцюгового редуктора [7] змонтовану на рамі 9 (рис. 2б). Двовінцева зірочка виконана у вигляді двох окремих (по ширині ланцюга) зірок 5 і 6, зафіксованих від повороту болтами 7 з шайбами 8 в рамі 9. На одній осі із зірочками між ними розміщені фланці водила 10 і 11, встановлені на валу 12, що розміщується в корпусі на опорах 13 в підшипникових вузлах 14. Між фланцями 11 і 12 за допомогою болтів 20 встановлені робочі котки 15 і 16 на вісях 18 з підшипниками 19. Котки 15 і 16 встановлені з можливістю контакту із середнім ділянкою багаторядного втулко-роликового ланцюга 3.

Машинобудування і зварювальне виробництво

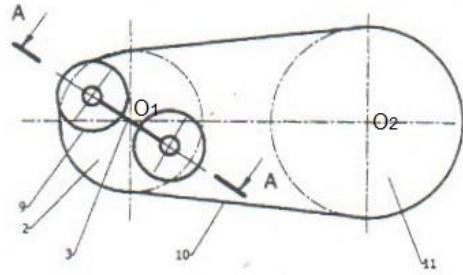


Рисунок 1 – Кінематична схема хвильового ланцюгового редуктора.

На робочій поверхні котків 15 і 16 виконані проточування 20 для центрування багаторядного ланцюга під час роботи приводу.

Виконання провідного елемента ланцюгової передачі, що служить для підвісу та повороту барабана, у вигляді двох нерухомих зірок, забезпечених розміщеним між ними водилом з двома котками, забезпечує, автоматичне покроковий круговий рух барабана тільки за рахунок принципу дії механічної передачі «води́ло - нерухо́мі зірочки - барабан», або замість барабана це може бути кінцевий ведений елемент (наприклад ківш, роторне колесо, стрічка конвеєра та інші робочі органи). Нерухо́мі зірочки 5 і 6 гарантують зупинку багаторядного ланцюга 3, а отже, і механізму підйому вантажу в цілому, у момент зупинки електродвигуна 2, або при раптовому руйнуванні з'єднувальної муфти 1, що забезпечує безпеку роботи обладнання [3].

Таким чином, обертання водила з роликками 9 з постійною кутовою швидкістю, забезпечує пульсуючу кутову швидкість обертання зірочки 11, а зміна кількості котків та геометричних параметрів складових елементів передачі дозволить досягти зданого закону руху кінцевих елементів виконавчих механізмів.

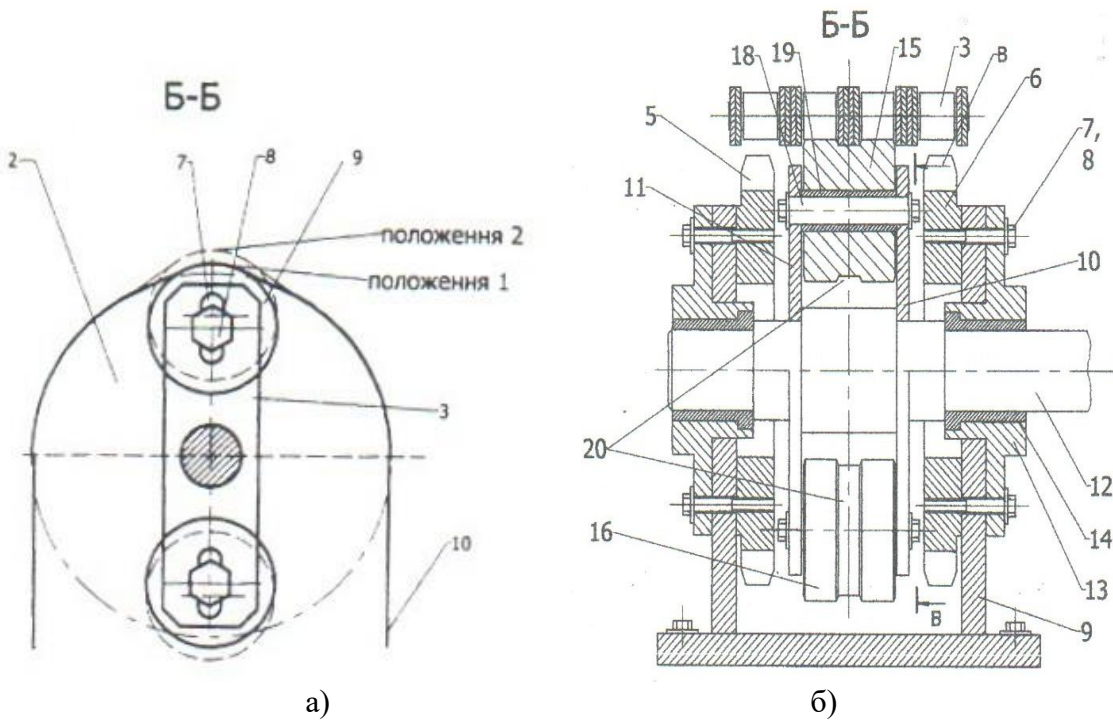


Рисунок 2 – Перетин хвильового редуктора : а) перетин по фланцю водила; б) поперечний перетин хвильового ланцюгового редуктора.

Машинобудування і зварювальне виробництво

Геометрична схема та основні параметри провідного елемента ланцюгової хвильової передачі наведені на рис. 4, звідки видно, що центри котків з радіусом r розміщені на колі радіусом R . Нерухома зірочка ланцюгової передачі може виконуватися з різним числом зубів, радіус ділильного кола зірочки R_0 [1].

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. 4), визначиться за формулою:

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

Ланцюг та канатний барабан залишаються нерухомими під час часу, відповідному повороту водила на кут (рис. 4):

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

Характерні положення центрів котків водила показані на рис. 4 (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.4), 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 .

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

$$\Delta S = abc - \overset{\cup}{ac}, \quad (4)$$

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

$$\Delta S = \Delta z \cdot t_y, \quad (5)$$

де Δz – різниця довжин периметра abc та дуги $\overset{\cup}{ac}$.

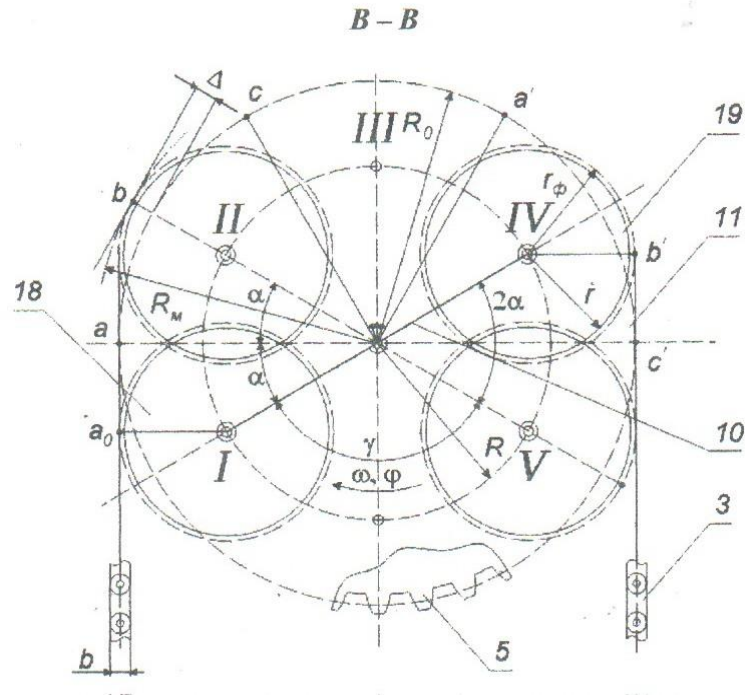


Рисунок 3 – Розрахункова схема хвильової ланцюгової передачі.

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.4), при цьому протилежно розташований каток переходить з 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 зірочки, встановлених на канатному барабані.

При подальшому обертанні водила (рис.4) 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 в наведеному випадку прийняте рівним двом, для забезпечення достатнього числа зубів зірочки, що знаходяться в зачепленні з ланцюгом [8], але по необхідності це число може змінюватись в межах від одного до п'яти.

Очевидно, що для нормальної роботи приводу необхідно, щоб в положенні котка з центром в точці II ланцюг був повністю виведений із зачеплення згідно співвідношенню:

$$R_n = R_0 + r + \Delta, \quad (7)$$

де Δ - гарантований проміжок між зубами зірочки і ланцюгом.

Середнє значення передатного числа хвильового ланцюгового приводу:

Машинобудування і зварювальне виробництво

$$i_{ц.н} = \frac{\pi \cdot D_3}{k \cdot (t_u + \Delta z)}, \quad (8)$$

де k – кількість котків водила.

Таким чином дана методика дає можливість визначити основні геометричні та кінематичні параметри хвильової ланцюгової передачі на прикладі механізму підйома крану, основними з яких є: фіктивний радіус котка, кут повороту водила, переміщення ланцюга, кут оберту канатного барабана, середнє значення передатного відношення.

На робочій поверхні котків 15 і 16 виконані проточування 20 для центрування багаторядного ланцюга під час роботи приводу.

Виконання провідного елемента ланцюгової передачі, що служить для підвісу та повороту барабана, у вигляді двох нерухомих зірок, забезпечених розміщеним між ними водилом з двома котками, забезпечує, автоматичне покроковий круговий рух барабана тільки за рахунок принципу дії механічної передачі «води́ло - нерухо́мі зірочки - барабан», або замість барабана це може бути кінцевий ведений елемент (наприклад ківш, роторне колесо, стрічка конвеєра та інші робочі органи). Нерухо́мі зірочки 5 і 6 гарантують зупинку багаторядного ланцюга 3, а отже, і механізму підйому вантажу в цілому, у момент зупинки електродвигуна 2, або при раптовому руйнуванні з'єднувальної муфти 1, що забезпечує безпеку роботи обладнання [3].

Таким чином, обертання водила з роликками 9 з постійною кутовою швидкістю, забезпечує пульсуючу кутову швидкість обертання зірочки 11, а зміна кількості котків та геометричних параметрів складових елементів передачі дозволить досягти зданого закону руху кінцевих елементів виконавчих механізмів.

ВИСНОВКИ

Обґрунтовано доцільність застосування передатних механізмів з хвильовими ланцюговими передачами та розроблено методику визначення їх основних параметрів для приводів технологічних машин. Розглянуті особливості конструкцій хвильових ланцюгових передач та їх основних елементів, кінематичних параметрів та методика їх визначення. Обґрунтовано конструкції (кінематичні схеми) приводів технологічних машин з передатними механізмами на основі хвильових ланцюгових передач.

Запропоновано застосування приводів з нерівномірним «пульсуючим» рухом виконавчого органу, що забезпечує хвильова ланцюгова передача. Виконання провідного елемента ланцюгової передачі, що служить для підвісу та повороту барабана, у вигляді двох нерухомих зірок, забезпечених розміщеним між ними водилом з двома котками, забезпечує, автоматичний покроковий круговий рух барабана тільки за рахунок принципу дії механічної передачі «води́ло - нерухо́мі зірочки - барабан». При цьому, обертання водила з роликками з постійною кутовою швидкістю, забезпечує пульсуючу кутову швидкість обертання зірочки, а зміна кількості роликків та геометричних параметрів складових елементів передачі дозволить досягти заданого закону руху кінцевих елементів виконавчих механізмів.

Список використаних джерел

1. Малащенко В.О., Янків В.В. Деталі машин. Проектування елементів механічних приводів: Навчальний посібник.-Львів: Новий світ-2000,2018.-264с.

Машинобудування і зварювальне виробництво

2. А.С. № 1234308. Степанов Е.А., Крупко В.Г., Бондаевский Г.И., Шнюков В.С. Привод для преобразования непрерывного вращательного движения пошаговое вращение. Бюл.изобрет №20, 1986.

3. Патент України на корисну модель № 68714 МПК Е 02F 16 G 13/00 від 16 08.2004р. Хвильовий ланцюговий редуктор. Дорохов М.Ю. Крупко В.Г.

4. Крупко В.Г. Хвильові ланцюгові передачі у приводах землерийних машин. / В.Г. Крупко, Н.О. Кучер // Вестник ХНАДУ: сб. научных трудов.. Вып.73.Харьков, 2016. С 184-189.

5. Крупко В.Г. Розробка привода сучасних підйомно-транспортних машин із хвильовим ланцюговим передаточним механізмом. / В.Г. Крупко, М.Ю. Дорохов // Підйомно-транспортна техніка. №2(10)-Дніпропетровськ.2004 -98 с.С41-45.

6. Патент України на корисну модель №67932 МПК Е 02 F 3/08 від 15.07.2004р. Натискний механізм екскаватора. Альошичев П.В., Дорохов М.Ю. Крупко В.Г.

7. Крупко В.Г. Оптимизация геометрических параметров волнового цепного привода. / В.Г. Крупко, М.Ю. Дорохов, В.А. Койнаш // Підйомно-транспортна техніка. №1(9)-Дніпропетровськ.2005 -102 с.С33-37.

Suglobov V.V., Krupko V.G., Krupko I.V.

JUSTIFICATION OF DESIGNS OF DRIVES WITH WAVE CHAIN GEARS

The work examines the use of modern construction, road, lifting and transport, earthmoving and other types of machines, which are technological, in the reconstruction of war-ravaged infrastructure, industrial, civil buildings, roads and other objects. The effective operation of the mentioned machines largely depends on constructions of working bodies, their executive mechanisms and one of the main components of technical systems, namely drives and transmission mechanisms. Transmission mechanisms provide the necessary mode of operation, set parameters and laws of movement of working bodies, or other final elements of machines. The work provides examples of the improvement of drive designs based on modern research on mechanical transmissions, the search for new physical effects that will allow to increase the efficiency of the use of machines, and reduce energy costs for technological operations.

It is proposed to use actuators with uneven "pulsating" movement of the executive body, which is provided by wave chain transmission. The execution of the leading element of the chain transmission, which serves to suspend and rotate the drum, in the form of two fixed stars, equipped with a carrier with two rollers placed between them, ensures automatic step-by-step circular movement of the drum only due to the principle of operation of the mechanical transmission "carrier - fixed stars - drum". Instead of a drum, a final driven element (for example, a bucket, a rotary wheel, a conveyor belt and other working bodies) can be used. Immovable sprockets guarantee the stop of the multi-row chain, and therefore the load lifting mechanism as a whole, at the moment of stopping the electric motor, or in case of sudden destruction of the connecting coupling, which ensures the safety of the equipment. At the same time, the rotation of the carrier with rollers at a constant angular speed provides a pulsating angular speed of rotation of the sprocket, and a change in the number and geometric parameters of the constituent elements of the transmission will allow to achieve a given law of movement of the final elements of the executive mechanisms.

Keywords: wave chain transmissions, pulsating movement of the executive body, constructions of process drives, ensuring the given laws of movement of the final elements of the equipment.

Стаття надійшла 01.12.2023 р.