

crystallization model and improve the operation of the DSCS and the soft pressing system, which are responsible for product quality.

Proposals have been made to supplement the DSCS with a subsystem for adjusting the irrigation density in sections of the SCZ and a subsystem for setting models of crystallization and secondary cooling of the ingot.

To study the operation of the improved control system, models of crystallization and cooling of the ingot in the SCZ were created, which are based on the numerical solution of the problem of non-stationary thermal conductivity. Research have shown that the proposed innovations make it possible to bring the actual temperature of the ingot surface as close as possible to the reference profile, which increases the quality of the obtained products.

Keywords. *continuous casting machine, ingot, secondary cooling, irrigation density, automated control system, experiment, computer simulation.*

Стаття надійшла 20.05.2022 р.

УДК 621.873.11

doi.org/10.31498/2522-9990252023286697

Крупко В.Г., Суглобов В.В.

ЗАСТОСУВАННЯ ХВИЛЬОВИХ ЛАНЦЮГОВИХ ПЕРЕДАЧ В ПРИВОДАХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ МАШИН

Запропоновано конструкції хвильових ланцюгових передач, які дозволяють змінювати передатне відношення привода механізму з можливим вистосом веденого елемента або без нього, а також забезпечити імпульсний рух веденої ланки, наприклад робочого органу (ковша).

Ключові слова. *Хвильові ланцюгові передачі, приводи технологічних машин.*

Постановка проблеми. В сучасних галузях господарського комплексу України при виконанні будівельних, землерийних, транспортно-складських та інших технологічних операцій, досить широке застосування знаходять машини і механізми, які забезпечують виконання технологічних операцій, а відповідно і рух робочих органів зі змінною, іноді пульсуючою швидкістю. Так, навантаження і транспортування насипних масових вантажів у будівництві, гірничій промисловості, пов'язане не тільки з підніманням і переміщенням вантажів, але і таких процесів, як руйнування зовнішнього середовища та заповнення і розвантаження робочих органів (ківшів, відвалів, грейферів), що потребує зміни швидкості для підвищення їх продуктивності. Тому розробка нових і удосконалення існуючих приводів виконавчих механізмів, з метою забезпечення широкого спектра швидкостей робочих органів технологічних машин, що дозволить зменшити енергоємність процесів є досить актуальною науково – технічною задачею.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. 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 одноківшових екскаваторів, що забезпечує хвильова ланцюгова передача.

Хвильову передачу (рис. 1) можна назвати передачею із зовнішнім обкатуванням гнучкого зв'язку. Серед традиційних хвильових передач є аналогії [1,2], в яких ролики генератора хвиль мають зовнішнє розташування по відношенню до жорсткого колеса (циліндру). Передача, розглянута на (рис. 1) являється модифікацією існуючого механізму.

Мета дослідження. Метою роботи є обґрунтування конструкції хвильових ланцюгових передач, які дозволяють змінювати передатне відношення привода механізму з можливим виступом веденого елемента або без нього, а також забезпечити імпульсний рух веденої ланки, наприклад робочого органу (ковша)

Основний матеріал дослідження. Конструктивна схема хвильових ланцюгових передач (рис. 1) дозволяє здійснити передачу руху таким чином:

- жорстке колесо 3 виконується збірним з двох паралельних співвісних дисків;
- між дисками розташовується генератор хвиль 1 з «утопленими» в зазор між цими дисками роликками, що деформують гнучкий елемент (ланцюг);
- гнучке колесо утворюється з ланцюга 5 в результаті відсутності жорсткого дна та збільшення периметру гнучкої частини, яка перетворюється в гнучкий зв'язок;
- додається новий – ведений диск 4 кінематично об'єднаний з жорстким колесом та генератором хвиль гнучким зв'язком.

Миттєве значення передатного числа для цієї передачі знаходиться з виразу:

$$U_{\text{мит}} = \frac{R_2}{R} \cdot \frac{1}{\sin(\varphi_0 + \varphi) - \frac{R_0 - r}{R}} \quad (1)$$

де, $\varphi = 0,5 - \alpha_0$

$$\alpha_0 = \arccos \frac{R_0 - r}{R}$$

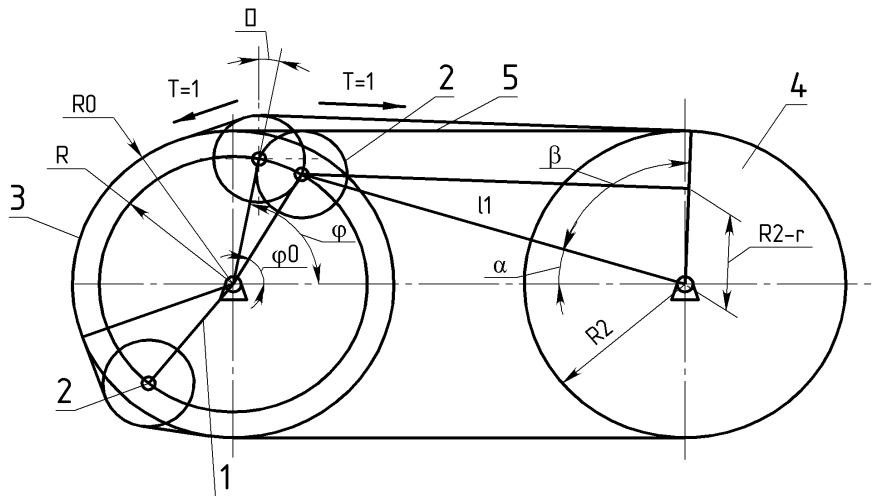


Рисунок 1 – Хвильова передача з зовнішнім обкатуванням гнучкого зв'язку (неспіввісна) передача

Принцип дії такої передачі полягає у пульсуючому русі веденої ланки, наприклад, зірочки 4, яка буде повертатися відносно вісі веденого колеса на кут, що відповідає переміщенню ланцюга 5 котком (роликком) 2 з радіусом r на шлях, рівний кількості ланок, що вступають в контакт з цим роликком. Таким чином, обертання водила з роликками 2 з постійною кутовою швидкістю, забезпечує пульсуючу кутову швидкість обертання зірочки 4. Геометрична схема та основні параметри провідного елемента ланцюгової хвильової передачі визначаються зі схеми (див.рис.1), звідки видно, що центри котків з радіусом r розміщені на колі радіусом R . Нерухома зірочка ланцюгової передачі може виконуватися з різним числом зубів, радіус діляльного кола зірочки R_0 [3,4].

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

Машинобудування і зварювальне виробництво

$$r_{\phi} = r + 0,5h, \quad (2)$$

де h – ширина ланцюга;

r – радіус котка .

Кут активної взаємодії котка з ланцюгом, в межах якого виконується поворот веденої зірочки на заданий кут φ_3 (рис. 1), визначиться за формулою:

$$\cos \alpha = \frac{R_0 - r_{\phi}}{R}. \quad (3)$$

Ланцюг та ведена зірочка залишаються нерухомими під час часу, відповідному повороту водила на кут (рис. 1):

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.1), при цьому протилежно розташований каток переходить з положення IV в положення V. Канатний барабан при цьому повертається на кут:

$$\varphi_3 = \frac{\Delta S \cdot 360}{\pi D_3}, \quad (4)$$

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

При подальшому обертанні водила (рис.1) 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 прийняте рівним двом, для забезпечення достатнього числа зубів зірочки, що знаходяться в зачепленні з ланцюгом [1].

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

$$R_n = R_0 + r + \Delta, \quad (5)$$

де Δ - гарантований проміжок між зубами зірочки і ланцюгом.

Середнє значення передатного числа хвильового ланцюгового приводу:

$$i_{u,n} = \frac{\pi \cdot D_3}{k \cdot (t_u + \Delta z)}, \quad (6)$$

де k – кількість котків водила.

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

Доцільність застосування хвильових ланцюгових передач в приводах землерийних машин має наступне обґрунтування.

Найбільш наглядним прикладом використання технологічних машин, де необхідно змінювати швидкість робочих органів, можна вважати процес взаємодії ківшів екскаваторів з ґрунтом, будівельними матеріалами або гірничими породами, коли перед робочим органом виникає значне ущільнення матеріалу що руйнується і накопичується в ківшах. Це явище

Машинобудування і зварювальне виробництво

істотно впливає на процес різання ґрунтів за рахунок ущільненого ґрунту (нароста), який утворюється в зоні взаємодії ріжучої кромки і ґрунту [1,2], що називають також «ущільненим ядром» [3], (рис 2). Процес наросту утворення або у відповідності з термінологією різання металів «ґрунтовий нарост» проявляється у формуванні на поверхні робочої зони ножа землерийної машини тіла з ущільненого ґрунту при різанні. Це явище істотно знижує ефективність технологічного процесу, оскільки різання здійснюється вже безпосередньо ґрунтовим наростом. Руйнування і відновлення ґрунтового наросту на ножі при деяких умовах контрольовані. Можливо як часткове рішення даної проблеми застосування дискретного руху робочого органу, що дозволить змінити швидкість руйнування ґрунту процесом наросту утворення, то зменшити час циклу «руйнування- відновлення» ґрунтового наросту з меншим обсягом і щільністю останнього.

Для зменшення впливу такого явища , а також для зменшення енергоємності процесів копання оператори землерийних машин досить часто застосовують зміну швидкості робочого органу за рахунок ручного керування процесом різання(копання) ґрунтів Зміна швидкості робочого органу дозволяє руйнувати ущільнене ядро ґрунту , але це приводить до підвищення навантажень на привода і системи керування механізмами. Проведені теоретичні і експериментальні дослідження [4,5] дозволили установити ефективність застосування хвильових ланцюгових передач для отримання нерівномірного (пульсуючого) руху веденого елемента передачі.

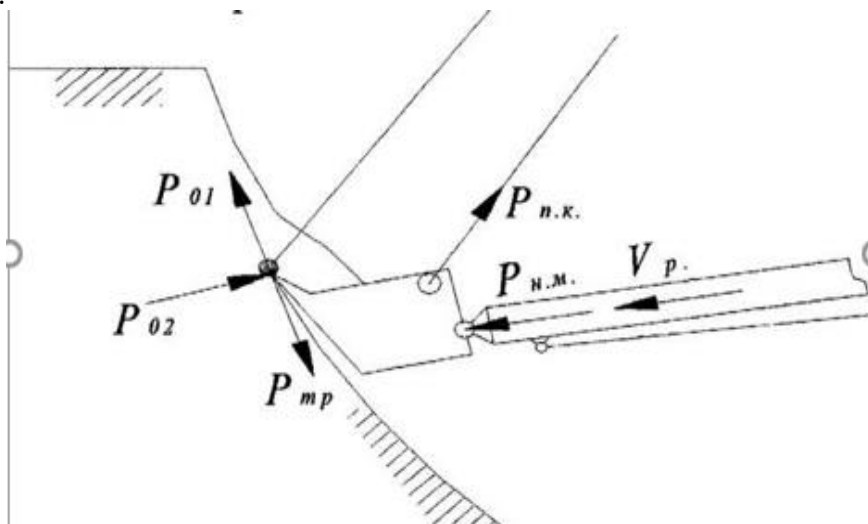


Рисунок 2 - Процес утворення «нароста» (утворення ядра) при копанні ґрунтів ківшом екскаватора «прямої» лопати.

Застосування механізмів з приводом на основі хвильового ланцюгового редуктора відкриває широкі перспективи в напрямку інтенсифікації землерийних робіт, а удосконалення конструкцій приводів дозволить досягти, зниження енергоємності процесів землерийних машин [5,6]. Враховуючи особливості процесів копання гірничих порід і навантаження насипних вантажів застосування приводів ,що забезпечують нерівномірну (пульсуючу)швидкість приведе до підвищення продуктивності землерийних машин.

До складу механізму натиску з канатною схемою напору входять рукоять з ковшем, канатний барабан напірної лебідки або рейкової зубчатої передачі, сідлові підшипники у механізмах натиску зубчато-рейкових.

Для забезпечення підвищення надійності, спрощення конструкції, підвищення строку дії та зменшення вартості ремонту механізму натиску екскаватора можна застосувати

Машинобудування і зварювальне виробництво

конструкцію, де багаторядний ланцюг закріплюється безпосередньо з двох боків на рукояті напірного механізму, охоплюючи нерухому зірочку хвильового ланцюгового редуктора [3,4].

Безпосереднє зчеплення багаторядного ланцюга хвильового ланцюгового редуктора з нерухою зірочкою є гарантією від мимовільного переміщення ланцюга, і, що витікає з вищевикладеного, від мимовільного пересування робочого обладнання, що, загалом, підвищує надійність та безпечність самого напірного механізму. Закріплення багаторядного ланцюга безпосередньо на рукояті напірного механізму дає можливість вилучити з конструкції зубчасту передачу „шестерня-рейка”, що значно зменшує імовірність аварійних зупинок та ремонтів екскаватора, та значно спрощує конструкцію напірного механізму.

На рис. 3 зображений механізм натиску екскаватора, який складається із рукояті 1, закріпленої за допомогою сідлового підшипника 2, переміщення якої здійснюється багаторядним ланцюгом 3 хвильового ланцюгового редуктора 4 через відхиляючі ролики 5 [4].

Механізм натиску екскаватора з хвильовою ланцюговою передаючою працює таким чином: багаторядний ланцюг 3, закріплений на кінцях рукояті 1, отримує переміщення від хвильового ланцюгового редуктора 4. Відхиляючі ролики 5 забезпечують переміщення багаторядного ланцюга 3 у потрібній площині, а також безперебійну роботу хвильового ланцюгового редуктора 4, що вкупі гарантує переміщення рукояті 1 вздовж сідлового підшипника 2.

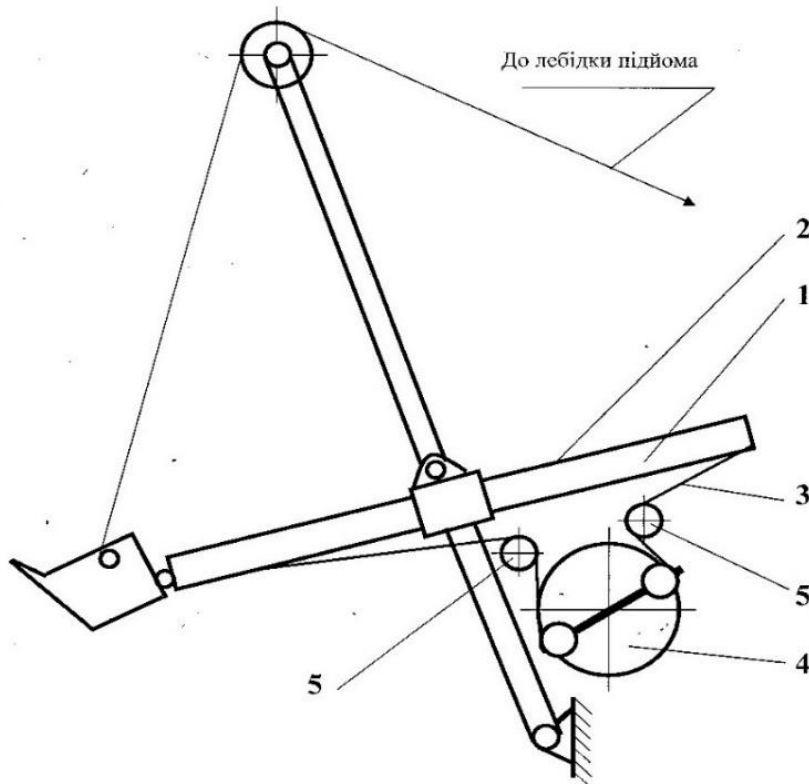


Рисунок 3 – Конструктивна схема механізму натиску ковша екскаватора - прямої механічної лопати.

ВИСНОВКИ

Машинобудування і зварювальне виробництво

Запропоновані в роботі хвильові ланцюгові передачі мають цілий ряд специфічних позитивних особливостей до яких відносяться:

- забезпечення нерівномірної (пульсуючої) швидкості руху веденого елемента ,яка залежить від конструктивних параметрів передачі ;
- дозвіл змінювати в широкому діапазоні передатне відношення привода механізму з можливим вистоем веденого елемента або без нього;
- забезпечення при відповідній кутовій швидкості ведучого елемента імпульсний рух веденої ланки, наприклад робочого органу (ковша), що показано на механізмі натиску екскаватора ;

Застосування привода з хвильовою ланцюговою передачею механізму натиску дозволить підвищити ефективність роботи екскаватора і подолати негативний вплив явища ущільнення ґрунтів в процесі копанні.

Список використаних джерел:

1. Малащенко В.О., Янків В.В. Деталі машин. Проектування елементів механічних приводів: Навчальний посібник.- Львів: Новий світ. - 2018. - 264 с.
2. Патент України на корисну модель № 68714 МПК Е 02F 16 G 13/00 від 16 08.2004 р. - Хвильовий ланцюговий редуктор. *Дорохов М.Ю. Крупко В.Г.*
3. *Крупко В.Г., Кучер Н.О.* Хвильові ланцюгові передачі у приводах землерийних машин/ Вестник ХНАДУ: сб. научных трудов. - Харьков, Вып.73.- 2016.- С 184-189.
4. *Крупко В.Г., Дорохов М.Ю.* Розробка привода сучасних підйомно-транспортних машин із хвильовим ланцюговим передаточним механізмом/ Підйомно-транспортна техніка. - Дніпропетровськ, №2(10). - 2004. -С. 41-45.
5. Патент України на корисну модель №67932 МПК Е 02 F 3/08 від 15.07.2004 р. - Натискний механізм екскаватора. *Альошичев П.В., Дорохов М.Ю. Крупко В.Г.*

Крупко В.Г., Суглобов В.В.

ПРИМЕНЕНИЕ ВОЛНОВЫХ ЦЕПНЫХ ПЕРЕДАЧ В ПРИВОДАХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАШИН

Предложены конструкции волновых цепных передач, позволяющие изменять передаточное отношение привода механизма с возможным вистоем ведомого элемента или без него, а также обеспечить импульсное движение ведомого звена, например рабочего органа (ковша).

Ключевые слова. Волновые цепные передачи, приводы технологических машин.

Krupko V.G., Suglobov V.V.

APPLICATION OF WAVE CHAIN TRANSMISSIONS IN DRIVES OF TECHNOLOGICAL MACHINES

Designs of wave chain transmissions are proposed, which allow changing the transmission ratio of the mechanism drive with or without the possible resistance of the driven element, as well as to provide impulse movement of the driven link, for example, the working body (bucket).

Keywords. Wave chain transmissions, drives of technological machines.

Стаття прийнята 20.05.2023 р.