

Будівельні машини і технологічне обладнання

УДК 621.878: 634

В.П. Ковбаса, д.т.н., проф.;
Я.В. Коваль, аспірант (НУБіПУ, Київ)

ВИЗНАЧЕННЯ РАЦІОНАЛЬНИХ ГЕОМЕТРИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ГРЕЙФЕРНОГО МЕХАНІЗМУ

АННОТАЦІЯ. Наведено методику визначення оптимальних параметрів грейферного механізму, що забезпечує необхідний закон руху вихідного ланцюга.

Ключові слова: Довжина ланки, ведуча ланка, гідроциліндр, щелепи, глибина заглиблення.

АННОТАЦИЯ. Приведена методика определения оптимальных параметров грейферного механизма, что обеспечивает необходимый закон движения исходного звена

Ключевые слова: Длина звена, ведущее звено, гидроцилиндр, челюсти, глубина заглиблення.

SUMMARY. The technique of definition of optimum parameters haven the mechanism that provides the necessary law of movement of an initial link is resulted.

Keywords: Length of a link, leading link, the hydrocylinder, jaws, depth of introduction.

Вступ в багатьох механізованих технологічних процесах використовуються робочі органи, що є частиною грейферного механізму. Так механізм такого типу застосовується для корчування пнів разом з кореневою системою. При цьому для забезпечення мінімальної енергонасиченості процесів важливим є витрата енергії у механізмі передачі. Нажаль аналіз відомих результатів досліджень свідчить про відсутність адекватного розв'язання задачі оптимізації параметрів грейферного механізму [1,2].

Метою даних досліджень є розробка методу оптимізації параметрів грейферного механізму, що забезпечує необхідний закон руху вихідного ланцюга.

Виклад основного матеріалу.

Для досягнення поставленої мети виникла необхідність розв'язання задачі знаходження мінімуму роботи ведучої ланки грейферного механізму.

Загальний вигляд грейферного механізму наведено на рис.1.

Враховуючи симетричність навантаження на робочий орган можна розглядати лише одну частину механізму, а саме контур r_1, r_2, r_3, r_4 . На кінцеву точку O , а отже і C діє зусилля з боку матеріалу яке може бути представлене у вигляді виразу:

$P_0(1 + a \sin(\varphi_4))$, де P_0 сила опору ґрунту та коріння на початку занурення щелепи, a - коефіцієнт пропорційності зростання опору, φ_4 - кут повороту щелепи.

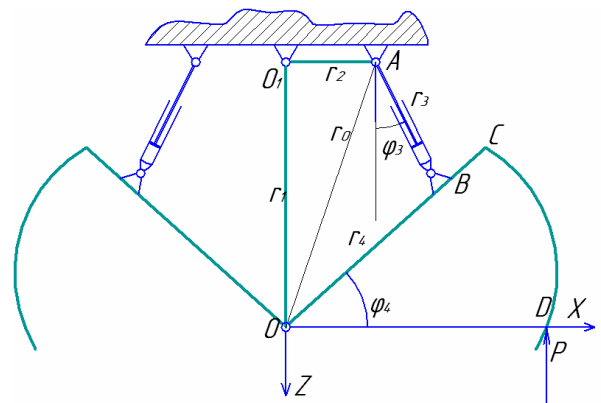


Рис.1 Схема грейферного механізму

Раціональні параметри грейферного механізму можуть бути визначені шляхом знаходження мінімуму роботи привідного ланцюга:

$$A = \int_0^s P_s ds, \quad (1)$$

де P_s - сила приведена до ведучої ланки, s - зміна довжини ведучої ланки.

Приведена до ведучої ланки сила опору переміщенню щелепи виражається як:

$$P_s = -\left(P_0(1 + a \sin(\varphi_4))\right) \frac{|OC| \cos(\varphi_4)}{r_4 \cos(\varphi_3)} \quad (2)$$

Оскільки P_s є функція зміни кута повороту ланки r_4 , то інтегрувати вираз (1) необхідно за незалежною змінною φ_4 . Тоді вираз (1) набуде вигляду:

$$A = \int_0^s P_s ds = \int_{\varphi_{4min}}^{\varphi_{4max}} P_s s'_{(\varphi_4)} d\varphi_4 \quad (3)$$

Межі інтегрування у виразі (3) можуть бути визначені зі схеми взаємодії щелеп корчувача з пнем (рис.2.).

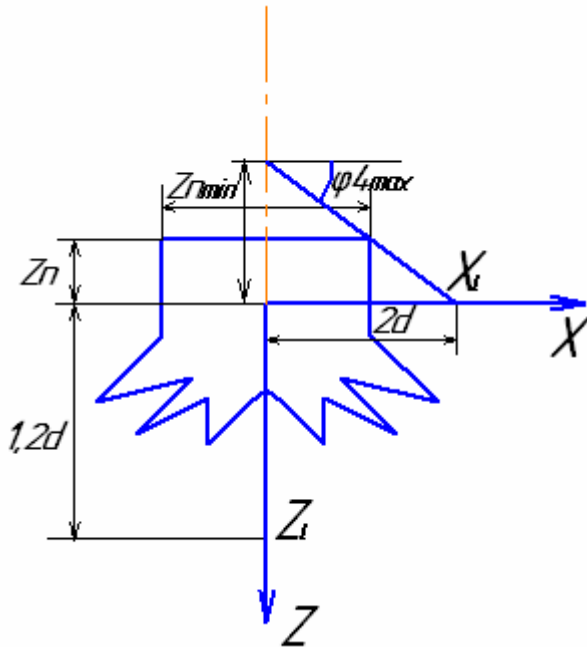


Рис. 2 Схема взаємодії ланки щелепи з пнем

Згідно досліджень [3,4] найбільший радіус зони корчування у горизонтальному напрямку від осі пня становить $2d$ (два діаметри пня), а найбільша глибина заглиблення щелепи - $(1.2 \div 1.3)d$. При цьому висота пня при правильному спилуванні становить $z_n = 0.3d$. З рис. 2, верхня границя інтегрування φ_{4max} (3) становитиме

$$\varphi_{4max} = \arctg\left(\frac{0,3d}{2d - 0,5d}\right) = \arctg\left(\frac{1}{4,5}\right).$$

Цей кут відповідає нижньому положенню ланки r_4 , а отже і максимальному заглибленню щелепи у ґрунт. Верхньому по-

ложенню щелепи, а отже і нижній межі інтеграла відповідатиме кут

$$\varphi_{4min} = \pi/2 - \varphi_{4max}.$$

Величини φ_3 та s можуть бути знайдені наступним шляхом. Векторне рівняння для замкненого контуру має вигляд

$$\vec{r}_1 + \vec{r}_2 + \vec{r}_3 + \vec{r}_4 = 0 \quad (4)$$

Проекції цього рівняння на вісі координат будуть відповідно

$$r_2 + r_3 \sin(\varphi_3) - r_4 \cos(\varphi_4) = 0; \quad (5)$$

$$r_1 - r_3 \cos(\varphi_3) - r_4 \sin(\varphi_4) = 0$$

Спільний розв'язок рівнянь (5) дає вісім пар коренів, з яких одна пара відповідає дійсним значенням кутів повороту φ_3 та φ_4 ланок r_3 та r_4 :

$$\varphi_4 = \arccos \left(\frac{\frac{r_1^2}{2r_2} + \frac{r_2}{2-r_3^2} + \frac{r_1^4 r_3^2}{2r_2(r_1^2 r_3^2 + r_2^2 r_3^2)}}{r_4} + \frac{\left(\frac{r_1^2 r_2 r_3^2}{2(r_1^2 r_3^2 + r_2^2 r_3^2)}\right)}{r_4} + \frac{r_1^2 r_3^4}{2r_2(r_1^2 r_3^2 + r_2^2 r_3^2)} + \frac{r_4^2}{2r_2} - \frac{r_1^2 r_3^2 r_4^2}{2r_2(r_1^2 r_3^2 + r_2^2 r_3^2)} + \frac{\left(\left(\begin{array}{l} -r_1^4 r_2^2 r_3^2 - 2r_1^2 r_2^4 r_3^2 - r_2^6 r_3^2 + \\ + 2r_1^2 r_2^2 r_3^4 + 2r_2^4 r_3^4 - r_2^2 r_3^6 + \\ + 2r_1^2 r_2^2 r_3^2 r_4^2 + 2r_2^4 r_3^2 r_4^2 + 2r_2^2 r_3^4 r_4^2 - \\ - r_2^2 r_3^2 r_4^4 \end{array} \right) \right)}{2r_2(r_1^2 r_3^2 + r_2^2 r_3^2)} \right)}{r_4} \right)$$

$$\varphi_3 = \arccos \frac{r_1^3 r_3 + r_1 r_2^2 r_3 + r_1 r_3^3 - r_1 r_3 r_4^2}{2(r_1^2 r_3^2 + r_2^2 r_3^2)} + \sqrt{\frac{-r_1^4 r_2^2 r_3^2 - 2r_1^2 r_2^4 r_3^2 - r_2^6 r_3^2 + 2r_1^2 r_2^2 r_3^4 + 2r_2^4 r_3^4 - r_2^2 r_3^6 + 2r_1^2 r_2^2 r_3^2 r_4^2 + 2r_2^4 r_3^2 r_4^2 + 2r_2^2 r_3^4 r_4^2 - r_2^2 r_3^2 r_4^4}{2(r_1^2 r_3^2 + r_2^2 r_3^2)}} \quad (6)$$

Крім того кут φ_3 може бути виражений з другого рівняння (5):

$$\varphi_3 = -\arccos\left(\frac{r_1 - r_4 \sin(\varphi_4)}{r_3}\right).$$

Позначивши довжину ланки $r_3 = S + s$, де S - початкова довжина ланки, s - приріст довжини ланки, можна отримати з другого рівняння (5), підставивши в нього значення φ_3 з (6) величину s :

$$s = -S + \sqrt{\frac{r_1^2 + r_2^2 + r_4^2 + 2\sqrt{r_2^2 \cdot r_4^2 \cdot \cos(\varphi_4)^2} - 2 \cdot r_1 \cdot r_4 \cdot \sin(\varphi_4)}{2}} \quad (6)$$

Похідна, що входить у вираз (3) має вигляд:

$$s'_{(\varphi_4)} = \frac{\left(\frac{-2 \cdot r_1 \cdot r_4 \cdot \cos(\varphi_4) - 2 \cdot r_2^2 \cdot r_4^2 \cdot \cos(\varphi_4) \cdot \sin(\varphi_4)}{\sqrt{r_2^2 \cdot r_4^2 \cdot \cos(\varphi_4)^2}} \right)}{2 \sqrt{\frac{r_1^2 + r_2^2 + r_4^2 + 2\sqrt{r_2^2 \cdot r_4^2 \cdot \cos(\varphi_4)^2} - 2 \cdot r_1 \cdot r_4 \cdot \sin(\varphi_4)}{2}}} \quad (7)$$

Робота ведучої ланки (3) з урахуванням (2), (7) та (8) матиме вигляд:

$$A = -\frac{1}{2r_4 dP_0} \left(\begin{aligned} & 0,867 \cdot r_1 \cdot (a \cdot r_1 + r_4) + \\ & -0,423 \cdot a \cdot r_1 - \frac{3,904 \cdot r_1 \cdot (a \cdot r_1 + r_4)}{r_4} + \\ & + \frac{2,704 \cdot r_1 \left(2 \cdot a \cdot r_1^2 + 2 \cdot r_1 \cdot r_4 - a \cdot r_4^2 \right)}{r_4^2} + \\ & + \frac{\sqrt{r_2^2 \cdot r_4^2} \left(-0,905 \cdot a \cdot r_4 - -3,904 (a r_1 + r_4) \right)}{r_4^2} + \\ & + \frac{8 \cdot r_1 (a \cdot r_1 + r_4) \sqrt{r_1^2 - r_4^2} \cdot \arctg\left(\frac{-0,802 r_1 + r_4}{\sqrt{r_1^2 - r_4^2}}\right)}{r_4^2} + \\ & + \frac{4 \cdot r_1 \sqrt{r_2^2 \cdot r_4^2} (a \cdot r_1 + r_4) \cdot (0,011 - \log(1,012(r_1 - 0,216 \cdot r_4)))}{r_4^3} \end{aligned} \right) +$$

$$\left(\begin{aligned} & -0,423 \cdot a \cdot r_1 - \frac{3,904 \cdot r_1 (a \cdot r_1 + r_4)}{r_4} + \\ & + \frac{0,437 \cdot r_1 (2ar_1^2 + 2r_1 r_4 - ar_4^2)}{r_4^2} + \\ & + \frac{\sqrt{r_2^2 \cdot r_4^2} \left(0,905 \cdot a \cdot r_4 - -0,867 (a \cdot r_1 + r_4) \right)}{r_4^2} + \\ & + \frac{1}{2r_4} dP_0 + \frac{8 \cdot r_1 (a \cdot r_1 + r_4) \sqrt{r_1^2 - r_4^2} \cdot \arctg\left(\frac{-0,109 \cdot r_1 + r_4}{\sqrt{r_1^2 - r_4^2}}\right)}{r_4^2} + \\ & + \frac{4 \cdot r_1 \sqrt{r_2^2 \cdot r_4^2} (a \cdot r_1 + r_4) \cdot (0,011 - \log(1,012(r_1 - 0,216 \cdot r_4)))}{r_4^3} \end{aligned} \right) \quad (8)$$

Для знаходження раціональних параметрів грейферного механізму необхідно ввести обмеження, що забезпечать відсутність положень невизначеної рівноваги. Таке обмеження можна представити у вигляді:

$$r_1^2 + r_2^2 - m(r_4^2 + r_3^2) = 0,$$

де $m = 1.1 \div 1.2$ - коефіцієнт зміщення.

Тоді функція для знаходження екстремуму з обмеженням матиме вигляд:

$$FA = A + \lambda(r_1^2 + r_2^2 - m(r_4^2 + r_3^2)), \quad (9)$$

де λ - множник Лагранжа.

Для пошуку екстремуму функції (9) необхідно розв'язати систему рівнянь з похідних першого порядку по довжинах ланцюгів та множнику Лагранжа. Ці похідні мають вигляд:

$$dps_1 = \frac{\partial FA}{\partial r_1} = r_1 \lambda - \frac{1}{2r_4} dP_0 \cdot K + \frac{1}{2r_4} dP_0 \cdot L;$$

$$\frac{\partial FA}{\partial r_2} = 2r_2 \lambda - \frac{1}{2r_4} dP_0 \cdot M + \frac{1}{2r_4} dP_0 \cdot N;$$

$$\frac{\partial FA}{\partial r_4} = \frac{1}{2r_4} dP_0 \cdot O + \frac{1}{2r_4^2} \cdot R +$$

$$+ \frac{1}{2r_4} dP_0 \cdot S - \frac{1}{2r_4^2} \cdot T;$$

$$\frac{\partial FA}{\partial \lambda} = r_1^2 + r_2^2 - m(r_4^2 + 4,84s^2),$$

де: K, L, M, N, O, R, S, T – функції довжин ланок грейферного механізму.

Спільне розв'язання системи рівнянь складених з часткових похідних числовим методом при заданій довжині $r_3 = S + s$ та для заданого діаметра пня d урахуванням того, що наприклад для гідроциліндра $S = (1.15 - 1.20)s$, можуть бути визначені оптимальні розміри ланок грейферного механізму.

Так, наприклад при $d = 0.3$ м, $s = 0.2$ м оптимальні довжини ланок мають значення: $r_1 = 0.84$, $r_2 \rightarrow 0$, $r_4 = 0.59$.

Висновки. Шляхом мінімізації функції роботи видучої ланки грейферного механізму визначено оптимальні співвідношення довжин ланок, що забезпечують мінімум витрат енергії.

Література

1. *Б.А. Таубер.* Грейферные механизмы. М.: ГНТИ машиностроительной литературы. 1960, -327 с.

2. *Артоболевский И.И.* «Теория механизмов и машин». Главная редакция физико-математической литературы. М.: 1988 639с.

3. *Египко С.В.* Рабочее оборудование к одноковшовому экскаватору для корчевания одиночных пней // Агрпромышленные машины и оборудование: Сб. науч. Тр./ НГМА. – Новочеркасск, 2006 – вып 7. – с. 34-36

4. *Египко С. В., Михеев А.В.* Анализ сил действующих на пни при их выкорчевывании // Вопросы мелиорации / Россельхоз и ФГНУ ЦНТИ «Мелиоинформ» - 2005 Вып 3-4, с. 89-96.

Рецензент: В.С. Ловейкін, д.т.н., проф. (НУБіПУ)

Отримано: 20.11.2009р.