

ГИДРОПРИВОД

УДК 621.225

ОПТИМІЗАЦІЯ ЗАГОРІВ У РУХОМИХ З'ЄДНАННЯХ ГІДРООБ'ЄМНИХ ПЕРЕДАЧ НА ЕТАПІ ПРОЕКТУВАННЯ

О.В. Полярус, професор, д.т.н., В.В. Токаєв, аспірант, М.О. Кругова, студентка, ХНАДУ, О.М. Градобоева, начальник сектора метрології, Харківське конструкторське бюро з машинобудування імені О.О. Морозова

***Анотація.** Розроблено методику оптимізації зазорів у рухомих з'єднаннях гідрооб'ємних передач на етапі проектування на основі максимізації запропонованої цільової функції.*

***Ключові слова:** гідрооб'ємна передача, коефіцієнт корисної дії, цільова функція, вартість, оптимальна величина зазорів, витрата.*

ОПТИМИЗАЦИЯ ЗАЗОРОВ В ДВИЖУЩИХСЯ СОЕДИНЕНИЯХ ГИДРООБЪЕМНЫХ ПЕРЕДАЧ НА ЭТАПЕ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

А.В. Полярус, профессор, д.т.н., В.В. Токаев, аспирант, М.А. Круговая, студентка, ХНАДУ, О.М. Градобоева, начальник сектора метрологии, Харьковское конструкторское бюро по машиностроению имени А.А. Морозова

***Аннотация.** Разработана методика оптимизации зазоров в движущихся соединениях гидрообъемных передач на этапе проектирования на основе максимизации предложенной целевой функции.*

***Ключевые слова:** гидрообъемная передача, коэффициент полезного действия, целевая функция, стоимость, оптимальная величина зазоров, расход.*

CLEARANCE OPTIMIZATION IN MOVING JOINTS OF HYDROSTATIC DRIVES AT DESIGN STAGE

O. Poliarus, Professor, Doctor of Technical Science, V. Tokaev, postgraduate, M. Krugova, student, KhNAHU, O. Gradoboeva, Head of Metrology Section, Kharkiv Machine Design Bureau of machine building by A. Morozov

***Abstract.** A method for improving clearances in hydrostatic-drive moving joints at the design stage has been developed. This method is based on maximizing the proposed objective function.*

***Key words:** hydrostatic drive, efficiency, objective function, optimum clearance size, rate.*

Вступ

Радіальні кулькопоршневі гідропередачі привертають увагу виробників мобільних машин, перш за все, завдяки можливості забезпечення з їх допомогою оптимальної компоновки гідромеханічних трансмісій, скорочення їх маси і габаритів за рахунок унікальних швидкісних характеристик, в

порівнянні з іншими типами гідромашин. Однією з проблем, що стоїть перед розробниками вітчизняних радіальних кулькопоршневих гідронасосів, гідромоторів і гідропередач на їх базі, є оптимізація зазорів у рухомих з'єднаннях на етапі проектування з урахуванням основних енергетичних та вартісних чинників.

Аналіз публікацій

В роботі [1] проведено аналіз функціонування гідропередачі за температури робочої рідини до 130 °С, який показав можливість забезпечення працездатності гідропередачі. В роботі [2] розглянуто тенденції розвитку сучасних гідростатичних кулькопоршневих насосів, гідромоторів та гідропередач. Гідромеханічні трансмісії як засіб підвищення конкурентоспроможності розглянуто в роботі [3, 4].

Мета і постановка задачі

Метою статті є визначення оптимальних зазорів у рухомих з'єднаннях на етапі проектування гідрооб'ємної передачі. Задачею даної статті є розробка методики оптимізації зазорів у рухомих з'єднаннях гідрооб'ємних передач на етапі проектування на основі максимізації запропонованої цільової функції.

Обґрунтування цільової функції для гідрооб'ємної передачі

Оптимізація – це отримання найкращого зазору за заданим критерієм для заданих умов. Введемо цільову функцію, яка залежить від коефіцієнта корисної дії (ККД) гідрооб'ємної передачі та її вартості. Задача полягає у визначенні максимального значення цільової функції.

В цільовій функції ККД вартість мають різні розмірності. Тому вони повинні бути приведені з допомогою розмірних коефіцієнтів до однієї розмірності і бути сумірними. З урахуванням цих вимог цільову функцію є представимо простим співвідношенням

$$\varepsilon = \alpha_1 \eta(h, T) - \alpha_2 C(h), \quad (1)$$

де α_1, α_2 – вагові коефіцієнти, причому $\alpha_1 + \alpha_2 = 1$, які підкреслюють вагу того чи іншого фактора в цільовій функції; $C(h)$ – вартість гідрооб'ємної передачі залежно від значень зазорів h ; $\eta(h, T)$ – коефіцієнт корисної дії гідрооб'ємної передачі, який залежить найбільшою мірою від значень зазорів h і температури рідини T .

Максимальна відносна вартість повинна дорівнювати одиниці (як і ККД). За абсолютною величиною вона повинна відповідати максимальній вартості (в грошових одиницях), яку було або буде витрачено на ство-

рення гідрооб'ємної передачі даного типу. Знак мінус у формулі свідчить про те, що змінювання зазорів протилежно впливає на ККД і вартість гідрооб'ємної передачі.

Для простоти будемо вважати, що всі зазори в гідрооб'ємній передачі мають однакове значення h .

Обґрунтування складових цільової функції

На ККД впливають такі основні чинники як значення зазорів та температура рідини.

Загальний ККД гідропередачі визначається як добуток об'ємного η_M і гідромеханічного ККД η_O гідропередачі [1].

$$\eta = \eta_M \cdot \eta_O. \quad (2)$$

З урахуванням конкретного типу гідромашин, залежності в'язкості від величини зазорів, отримаємо вираз для загального ККД конкретного типу гідрооб'ємної передачі

$$\eta = \left(1 - \frac{\left(16,67 \cdot \Delta P \cdot \pi \cdot h^3 / 0,9 \cdot \nu (1 + \alpha \Delta T) \right) \cdot \left(\frac{D_K + D_B}{L_{\text{ш}} + L_B} \right)}{q \cdot e \cdot n_{\text{вих}}} \right) \times \left(1 - \frac{\frac{16,67 \cdot \pi \cdot h^3 \left(\frac{D_K + D_B}{L_{\text{ш}} + L_B} \right)}{\nu}}{\Delta P \cdot q \cdot e \cdot n_{\text{вих}}} \right), \quad (3)$$

де ΔP – перепад тисків, 20 МПа; h – значення зазору; ν – коефіцієнт кінематичної в'язкості; α – коефіцієнт об'ємного розширення для об'ємної ваги 0,9 г/см³, який для даної задачі дорівнює 0,00064; ΔT – температура робочої рідини; D_K – діаметр кулі, що дорівнює 63,5 мм; D_B – діаметр вала, який дорівнює 140 мм; $L_{\text{ш}}$ – довжина щілини в напрямку витоків (визначалася експериментальним шляхом, $L = 1,75$ мм); L_B – довжина щілини витоку, що складає 8 мм; 16,67 – коефіцієнт, що визначає максимальний ексцентриситет розташування кульки в циліндрі [4]; Q – робочий об'єм гідромашини, см³; e – відносний ексцентриситет; $n_{\text{вих}}$ – кількість оборотів на виході гідромашини.

Діапазон значень зазорів у межах від 17 мкм до 80 мкм зумовлений технологічними вимогами (найменший зазор) та вимогами щодо характеристик гідрооб'ємної передачі (найбільший зазор).

Залежність ККД гідрооб'ємної передачі від значень зазорів h для температури робочої рідини 100 °С приведено на рис. 1.

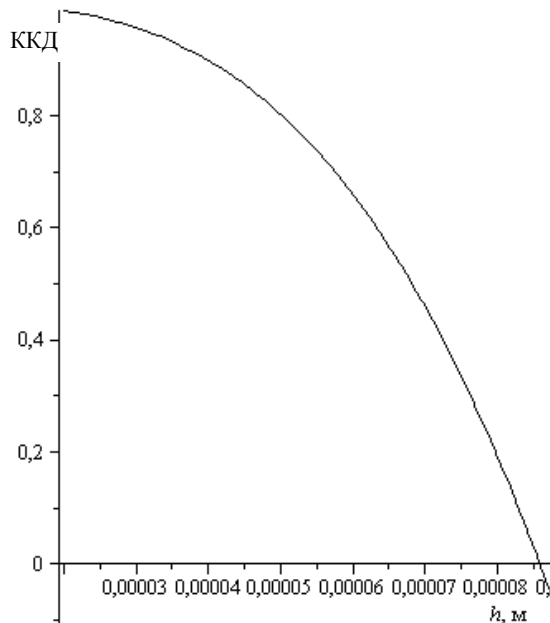


Рис. 1. Залежність коефіцієнта корисної дії від зазорів за температури 100 °С

Аналіз рис. 1 показує, що підвищення коефіцієнта корисної дії забезпечується за рахунок зменшення зазорів у гідрооб'ємній передачі.

Визначення оптимальної точності значення зазору є складною задачею. Чим менше зазор, тим вище вимоги щодо точності виготовлення частин гідрооб'ємної передачі, що зв'язані через зазор [1].

Отже, з цілого ряду причин виготовити будь-який елемент деталі з високим ступенем точності, навіть найпростіший, дуже складно. Чим точніший потрібний елемент деталі, тим дорожче буде коштувати це виготовлення. Найчастіше вартість виготовлення зростає по кривій другого порядку залежно від підвищення вимог до точності. Ось чому залежність вартості гідрооб'ємної передачі від точності виготовлення зазорів будемо розраховувати за формулою

$$C = e^{-\beta h}, \quad (4)$$

де β – коефіцієнт чутливості вартості до величини зазору.

Коефіцієнт чутливості вартості до зазору залежить, в основному, від виду металу, який використовується для виготовлення гідрооб'ємної передачі. Для розрахунків виберемо $\beta = 0,012$.

На практиці вартість гідрооб'ємної передачі дуже відрізняється залежно від її призначення, країни-виробника тощо.

Завдяки правильному вибору β можна пристосовуватись до різних умов, в яких оцінюється вартість [4].

Побудуємо графік залежності вартості гідрооб'ємної передачі від зазору при $\beta = 0,012$ (рис. 2).

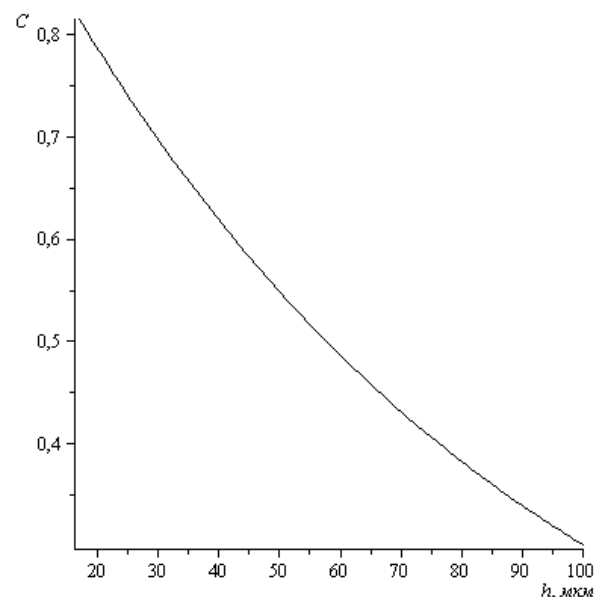


Рис. 2. Приклад залежності відносної вартості гідрооб'ємної передачі від величини зазору

З рисунку видно, що вартість гідрооб'ємної передачі суттєво знижується за збільшення зазору.

Результати математичного моделювання цільової функції і вибір оптимальних зазорів

Визначивши ККД та вартість гідрооб'ємної передачі залежно від точності виготовлення зазорів, побудуємо графік цільової функції та знайдемо максимальне її значення.

Залежно від вагових коефіцієнтів α_1 та α_2 , є можливість надавати перевагу ККД або вартості. По-перше, розглянемо випадок, коли

перевага віддається вартості, тобто $\alpha_1 = 0,2$, $\alpha_2 = 0,8$, за температури, що дорівнює 80 °С та 100 °С (рис. 3).

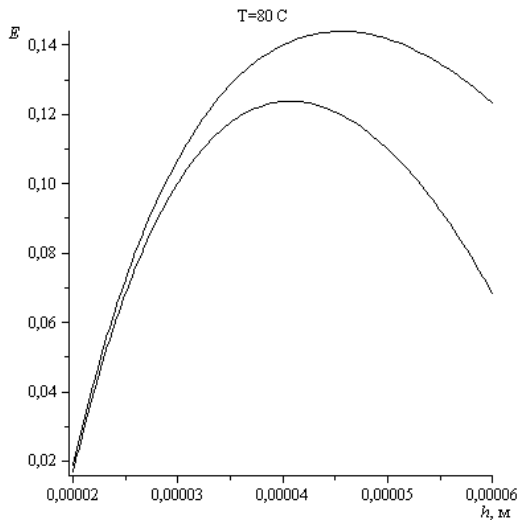


Рис. 3. Залежність цільової функції від зазору при $\alpha_1 = 0,2$, $\alpha_2 = 0,8$

Якщо надаємо пріоритет вартості, то значення зазору дорівнює 45 мкм для температури 80 °С і 43 мкм для температури 100 °С.

Розглянемо умову, за якої пріоритет віддається ККД, тобто $\alpha_1 = 0,8$, $\alpha_2 = 0,2$, за температури 80 °С та 100 °С (рис. 4).

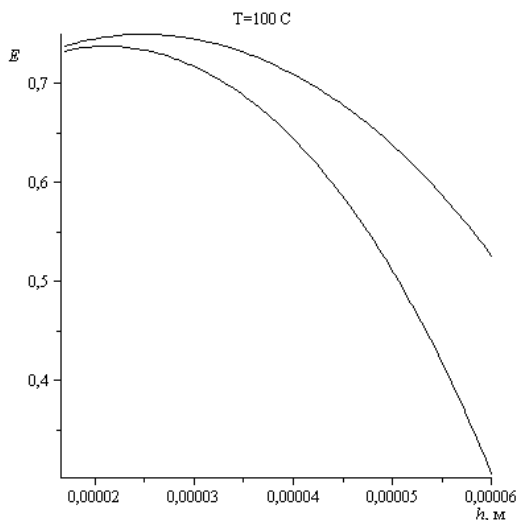


Рис. 4. Залежність цільової функції від зазору при $\alpha_1 = 0,8$, $\alpha_2 = 0,2$

У цьому випадку значення зазору за температури 80 °С дорівнює 28 мкм і при $T = 100$ °С дорівнює 35 мкм, що суттєво менше, ніж в першому випадку.

Висновки

1. Представлена методика дозволяє оцінити діапазон оптимальних значень зазорів для заданих умов експлуатації гідрооб'ємної передачі.
2. В цільовій функції враховується пріоритет або ККД передачі, або її вартості. Залежно від цього значення зазорів може істотно відрізнятися.

Література

1. Аврунин Г.А. Исследование объемной гидропередачи с шариковыми поршнями / Г.А. Аврунин, Д.В. Бирик, И.В. Кабаненко // Підвищення ефективності перевантажувальних, будівельних і колійних робіт на транспорті : зб. наук. праць УкрДАЗТ. – 2006. – Вип. 73. – С. 139–145.
2. Аврунин Г.А. Анализ современного технического уровня гидрообъемных передач / Г.А. Аврунин, И.В. Кабаненко, В.В. Хавиль // Вибрации в технике и технологиях. – 2003. – №4(30). – С. 3–6.
3. Бабаев О.М. Гидромеханические трансмиссии – средство повышения конкурентоспособности колесных и гусеничных машин / О.М. Бабаев, В.А. Глушников, В.И. Голубев и др. // Приводная техника. – 1998. – №9. – С. 36–39.
4. Башта Т.М. Объемные гидравлические приводы / Т.М. Башта, И.З. Зайченко, В.А. Ермаков и др. – М. : Машиностроение, 1969. – 627 с.

Рецензент: Н.П. Ремарчук, доцент, д. т. н., ХНАДУ.

Стаття надійшла до редакції 23 червня 2011 р.