

УДК 621.825

Проценко В. О., к.т.н., Івченко В. В., к.ф.-м.н.

ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ МІНІМАЛЬНОГО НАВАНТАЖЕННЯ ДЕТАЛЕЙ КАНАТНО-РОЛИКОВОЇ МУФТИ ПРИ ПРОЕКТУВАННІ

Анотація. Наведено результати аналітичних досліджень навантаженості деталей канатно-роликової муфти. Розглянуто раціональний вибір геометричних параметрів муфти для забезпечення мінімального навантаження її деталей. За рахунок пошуку екстремуму функції натягу каната від геометричних параметрів муфти отримано номограми для вибору діаметра ролика та кута монтажного зміщення напівмуфт, що забезпечують мінімальний натяг каната. Виконано чисельне моделювання та наведено приклад користування номограмами та підтверджено їх достовірність.

Ключові слова: муфта, канат, натяг, момент, номограма.

Анотация. Приведены результаты аналитических исследований нагруженности деталей канатно-роликовой муфты. Рассмотрен рациональный выбор геометрических параметров муфты для обеспечения минимальной нагрузки ее деталей. За счет поиска экстремума функции натяжения каната от геометрических параметров муфты получены номограммы для выбора диаметра ролика и угла монтажного смещения полумуфт, которые обеспечивают минимальное натяжение каната. Выполнено численное моделирование и приведен пример пользования номограммами и подтверждена их достоверность.

Ключевые слова: муфта, канат, натяжение, момент, номограмма.

Annotation. The results of analytical studies of the loading of the details of the rope-roller coupling are presented. A rational choice of the geometric parameters of the coupling is considered to ensure a minimum load of its parts. Due to the search for an extreme of the rope tension function from the geometric parameters of the coupling, nomograph were obtained for selecting the roller diameter and the angle of the installation displacement of the half couplings, which ensure the minimum tension of the rope. Numerical simulation is performed and an example of using nomographs is shown and their validity is confirmed.

Keywords: coupling, rope, tension, torque, nomograph.

© Проценко В. О., Івченко В. В.

Вступ. Оптимізація параметрів машинобудівних конструкцій дає значний резерв із підвищення їх ресурсу і відповідно адекватного зниження витрат на виготовлення та експлуатацію, а відтак є важливим завданням для сучасного машинознавства [1]. Для муфт це завдання є особливо актуальним [2], оскільки їх довговічність напряму пов'язана із витратами на ремонт та монтаж сполучених муфтою агрегатів.

Постановка задачі. Для розробленої канатно-роликової муфти високої компенсуючої здатності (рис. 1) визначені основні залежності, що описують вплив конструктивних параметрів муфти (діаметрів $D_{зв}$ та $D_{вн}$ напівмуфт 1 та 4, діаметрів d_p роликів 3 та кута монтажного зміщення ξ) на навантаження деталей муфти, зокрема силу F_H натягу каната 2, що цілком обумовлює навантаження всіх інших деталей муфти.

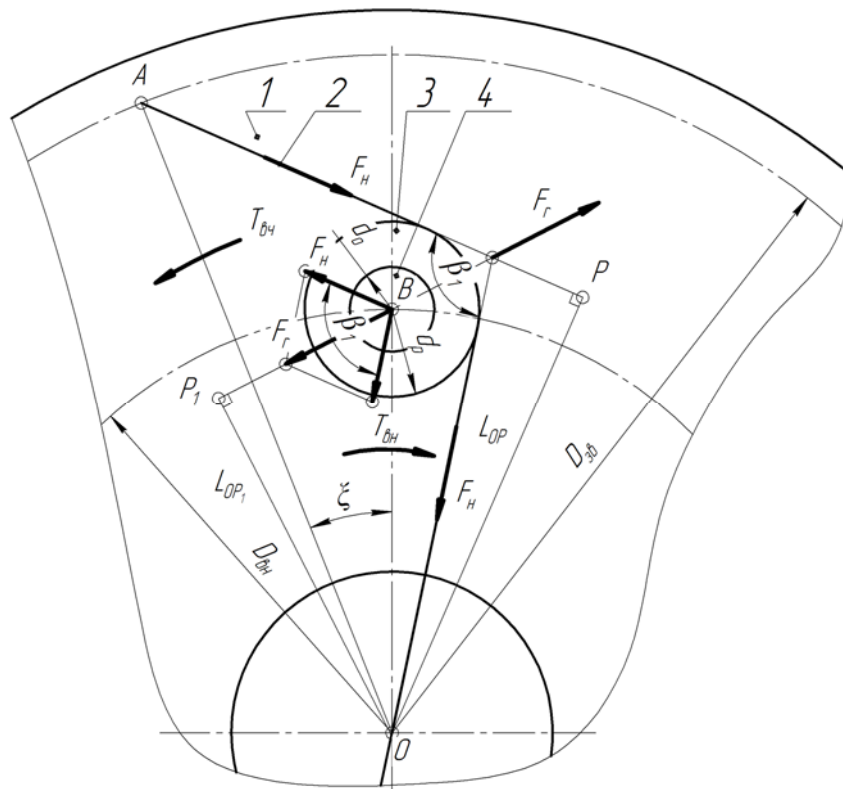


Рисунок 1 – Силова схема канатно-роликової муфти

Виконане за отриманими залежностями чисельне моделювання муфти для передачі обертового моменту $T = 16$ Нм із розмірами $D_{зв} = 120$ мм, $D_{вн} = 65$ мм, $d_p = 20$ мм, проілюстроване графіком на рис. 2, свідчить про можливість досягнення такого оптимуму співвідношення конструктивних параметрів муфти, який забезпечить

мінімальну навантаженість її деталей, що виконано раніше для інших муфт з канатними ланками [3]. Зокрема з графіка на рис. 2 можна встановити, що найменший натяг каната забезпечено при значенні кута монтажного зміщення ξ близько 50° . Якщо з вибором діаметрів D_{36} та D_{6H} у конструктора зазвичай проблем не виникає оскільки їх величина продиктована умовами компоновання приводу з муфтою, то обґрунтований вибір діаметра ролика d_p та кута монтажного зміщення ξ , які будуть найбільш раціональними при відомих діаметрах напівмуфт може бути дещо утруднений. З огляду на викладене, задачу даної роботи становить отримання інформації, що дозволить обґрунтовано вибирати розміри муфти з метою забезпечення мінімального навантаження її деталей.

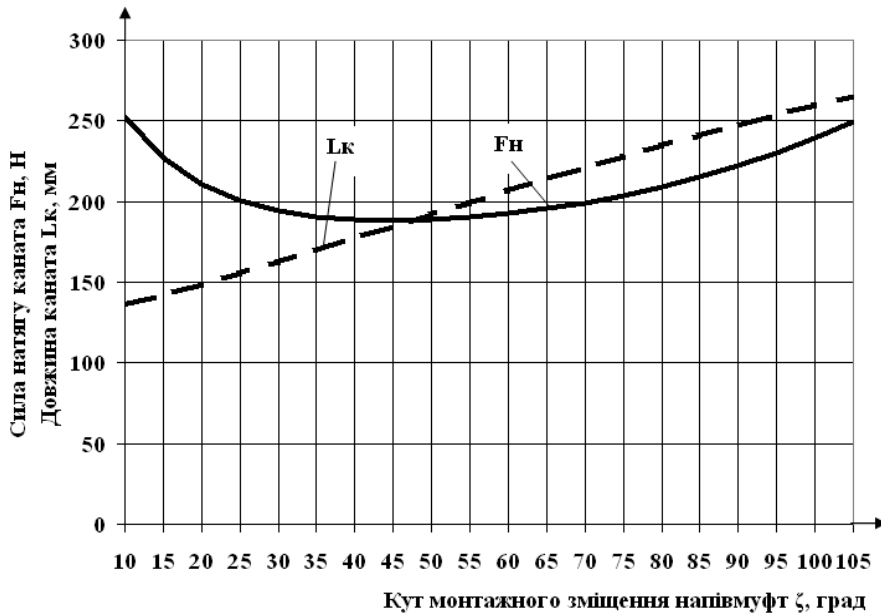


Рисунок 2 – Графік залежності сили натягу каната F_n та довжини каната L_k від величини кута монтажного зміщення напівмуфт ξ

Виклад основного матеріалу. Задачу забезпечення мінімального навантаження можна звести до пошуку мінімуму функції натягу каната F_n , з урахуванням виразів для інших геометричних параметрів, можна записати систему рівнянь (1). Якщо ввести наступні безрозмірні заміни: $p = \frac{D_{6H}}{D_{36}} = \frac{1}{\psi_D}$, $l = \frac{L_{AB}}{0,5D_{36}}$, $q = \psi_{pD} = \frac{d_p}{D_{36}}$ ($0 < p < 1, 0 < q < 1$), то систему (1) можна подати у вигляді (2).

$$\left\{ \begin{aligned} F_n &= \frac{T}{\sin \beta_2 \left[D_2 \cos \left(\arcsin \frac{d_p}{D_{6H}} \right) + d_p \operatorname{tg} \frac{\beta_2}{2} \right]}; \\ \beta_2 &= \xi + \arcsin \frac{d_p}{D_{6H}} + \arcsin \left(\frac{0,5D_2}{L_{AB}} \sin \xi \right) + \arcsin \left(\frac{0,5d_p}{L_{AB}} \right); \\ L_{AB} &= \sqrt{0,25(D_{36}^2 + D_2^2) - 0,5D_{36}D_{6H} \cos \xi}. \end{aligned} \right. \quad (1)$$

$$\left\{ \begin{aligned} F_n &= \frac{T/D_{36}}{\sin \beta_2 \left[p \cos \left(\arcsin \frac{q}{p} \right) + q \operatorname{tg} \frac{\beta_2}{2} \right]}; \\ \beta_2 &= \xi + \arcsin \frac{q}{p} + \arcsin \left(\frac{p}{l} \sin \xi \right) + \arcsin \left(\frac{q}{l} \right); \\ l &= \sqrt{1 + p^2 - 2p \cos \xi}. \end{aligned} \right. \quad (2)$$

Перша похідна від функції F_n (2) по куту монтажного зміщення ξ є достатньо громіздким виразом, тому далі її не наводимо. Прирівняна до нуля ця похідна утворює трансцендентне рівняння. Це рівняння вирішували чисельним методом, послідовно приймаючи параметр q з ряду $q = 0,1 \dots 0,9$ з дискретністю $0,1$. Результати розв'язання наведені на рис. 3 у вигляді номограм залежності кута монтажного зміщення ξ_F , що забезпечує мінімальний натяг канатів від коефіцієнта діаметрів напівмуфт ψ_D при фіксованих коефіцієнтах діаметра ролика ψ_{pD} . Користуватися цими номограмами можна як при виборі кута ξ_F при відомому співвідношенні діаметрів напівмуфт ψ_D так і для вибору за відомим кутом монтажного зміщення ξ_F співвідношення діаметрів ψ_{DF} , що здатне забезпечити мінімальне навантаження деталей муфти.

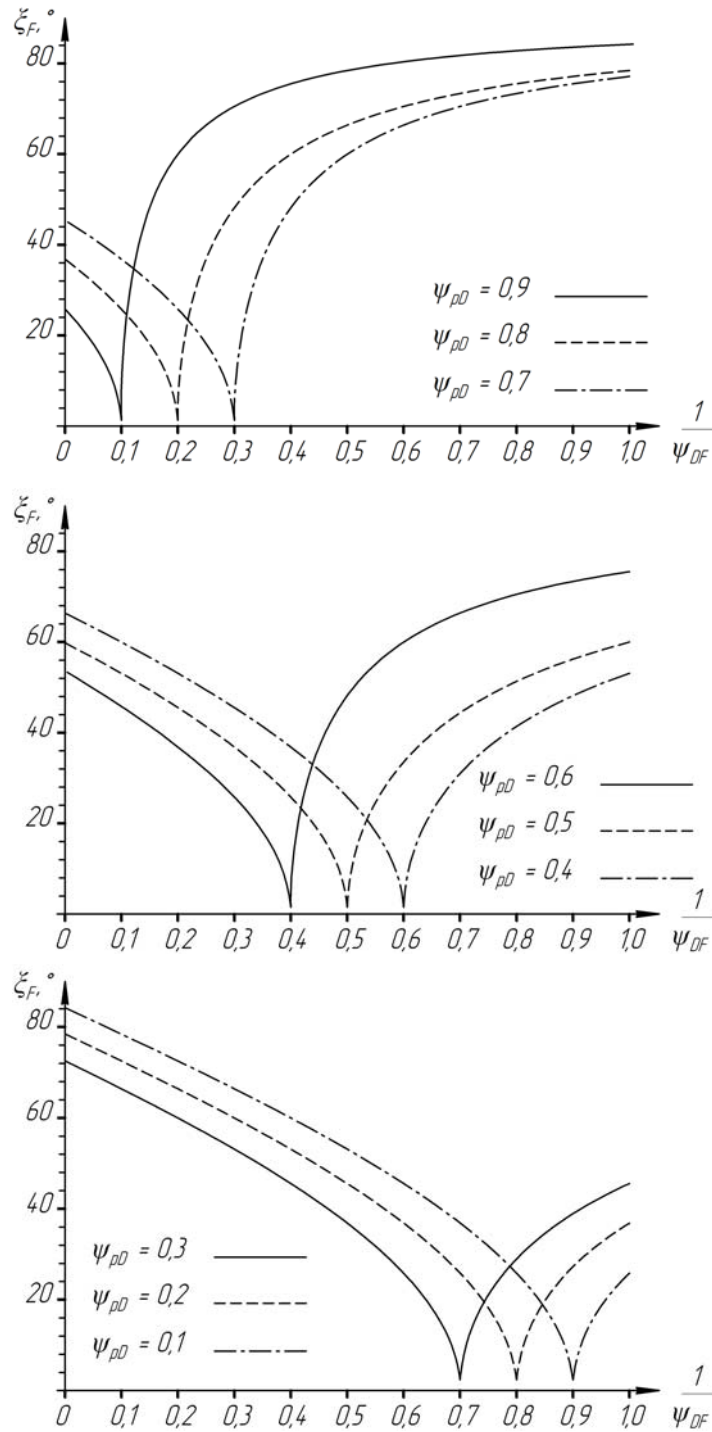


Рисунок 3 – Номограми для вибору геометричних параметрів муфт, що забезпечують мінімальне навантаження деталей

В якості прикладу користування отриманими результатами наведемо розв'язання наступної задачі. Необхідно вибрати діаметр ролика та кут монтажного зміщення при розробленні муфти, що

сполучає вали на яких можна встановити фланці, що дозволяють прийняти діаметри розташування кола на якому закріплено кінці каната $D_{зв} = 120$ мм, а кола на якому закріплено осі роликів $D_{вн} = 65$ мм, необхідно вибрати діаметр роликів d_p та кут монтажного зміщення напівмуфт ξ_F , що забезпечить мінімальний натяг каната та відповідно навантаження інших деталей муфти. Відомі величини діаметрів дають коефіцієнт діаметрів напівмуфт $\psi_D = D_{зв} / D_{вн} = 120 / 60 = 2$, або $1/\psi_D = 0,5$. Якщо прийняти діаметр ролика $d_p = 24$ мм, то будемо мати коефіцієнт діаметра ролика $\psi_{pD} = d_p / D_{зв} = 24 / 120 = 0,2$. Використовуючи відповідну $\psi_{pD} = 0,2$ криву із отриманих номограм (рис. 4) рухаючись вертикально від осі абсцис із точки $1/\psi_D = 0,5$ до перетину з кривою $\psi_{pD} = 0,2$, а від цієї кривої горизонтально до перетину з віссю ординат, отримаємо значення потрібного оптимального кута монтажного зміщення $\xi_F \approx 46^\circ$.

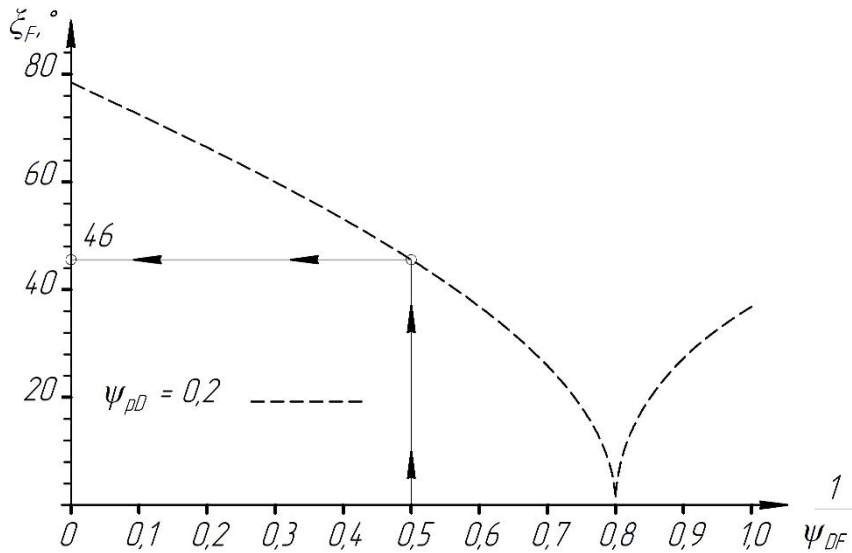


Рисунок 4 – Приклад користування номограмою для вибору геометричних параметрів муфти

Приймаючи момент муфти $T = 20$ Нм і використовуючи отримані раніше геометричні та силові співвідношення, отримаємо графік залежності натягу каната від кута монтажного зміщення при означених інших розмірах муфти (рис. 5). Цей графік дає можливість констатувати, що мінімум натягу каната буде саме при куті монтажного зміщення $\xi \approx 46^\circ$, що ілюструє можливості для практики та достовірність отриманих номограм. Номограмами можна користуватись і в «зворотньому» порядку – при відомих куті монтажного зміщення ξ та коефіцієнті діаметра ролика ψ_{pD} вибрати

наприклад потрібний коефіцієнт діаметрів ψ_{DF} , що здатен забезпечити мінімум навантаження деталей.

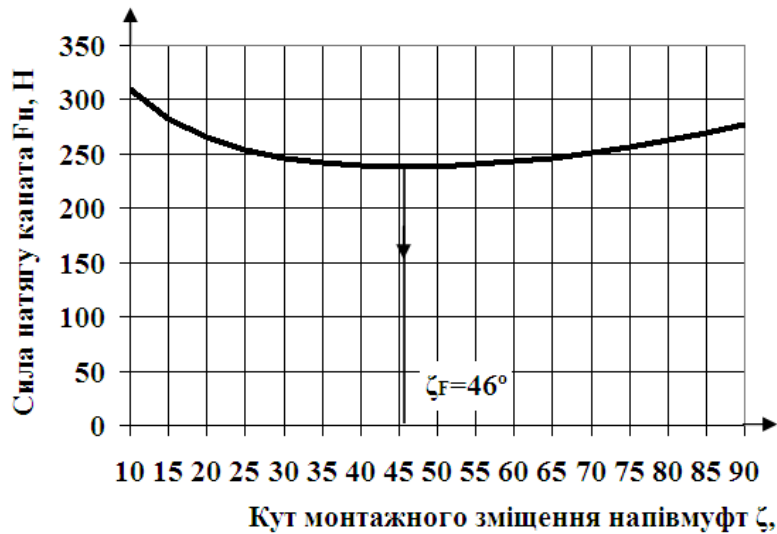


Рисунок 5 – Графік залежності натягу каната від кута монтажного зміщення муфти

Таким чином, в результаті виконаних теоретичних досліджень впливу конструктивних параметрів на навантаженість канатно-роликкових муфт отримані номограми, що дозволяють виконувати вибір оптимальних з точки зору мінімального навантаження деталей розмірів муфт при їх проектуванні. Наведено чисельний приклад користування номограмами та підтверджено їх достовірність.

ЛІТЕРАТУРА

1. Павлице В.Т. Основи конструювання та розрахунок деталей машин. – Львів: Афіша, 2003. – 560 с.
2. Сергеев С.А. Цепные муфты: анализ и синтез. Монография. – Старый оскол: ТНТ, 2016. – 392 с.
3. Проценко В.О. Забезпечення мінімальної навантаженості канатних пружних елементів муфти при проектуванні / В.О. Проценко, О.Ю. Клементьєва // Вісник Хмельницького національного університету. – Хмельницький: ХНУ. – 2016. - №1 (233) – С. 109 -111.