

УДК 621.825.5/.7

Проценко В.О., к.т.н.; Клементьєва О.Ю.

Херсонська державна морська академія

МЕХАНІЗМ ПЕРЕДАЧІ НАВАНТАЖЕННЯ МУФТАМИ З ТОРЦЕВИМИ КАНАТАМИ В УМОВАХ РАДІАЛЬНОЇ НЕСПІВВІСНОСТІ

***Анотація.** Робота відноситься до галузі машинознавства та деталей машин. Виконане теоретичне дослідження роботи муфт з торцевою установкою канатів в умовах радіальної неспіввісності. Із застосуванням метода замкнених векторних контурів встановлено розподіл видовження всіх канатів муфт за наявності радіальної неспіввісності. Показано, що навантаження може нести тільки частина канатів муфти, тому муфти необхідно намагатися проектувати із якнайбільшою кількістю канатів. За наявності радіальної неспіввісності муфти з торцевою установкою канатів навантажуватимуться сполучені вали за рахунок неврівноваженості колового зусилля. Встановлено, що навантаження канатів відбувається за асиметричним циклом*

***Ключові слова:** муфта, канат, неспіввісність, механізм, навантаження.*

***Аннотация.** Работа относится к области машиноведения и деталей машин. Выполнено теоретическое исследование работы муфт с торцевой установкой канатов в условиях радиальной несоосности. С применением метода замкнутых векторных контуров установлено распределение удлинения всех канатов муфт при наличии радиальной несоосности. Показано, что нагрузку может нести только часть канатов муфты, поэтому муфты требуется стремиться проектировать с возможно большим количеством канатов. При наличии радиальной несоосности муфты с торцевой установкой канатов будут нагружать соединенные валы за счет неуровновешенности окружного усилия. Установлено, что нагружение канатов происходит по асимметричному циклу.*

***Ключевые слова:** муфта, канат, несоосность, механизм, нагрузка.*

***Annotation.** Operation treats to area of machinery and parts of machines. Theoretical probe of operation couplings with face installation ropes in the conditions a radial misalignment is performed. With application of a method closed vector head loops distribution of elongation all couplings ropes in the presence of a radial misalignment is fixed. It is displayed that the part of ropes of a coupling can bear a load only,*

therefore couplings are required to aspire to be designed with possible a considerable quantity of ropes. In the presence of radial misalignment couplings with face installation ropes will load joint shafts at the expense of an unbalance of enviroing effort. It is fixed that the stressing of ropes occurs on a dissymmetric cycle.

Keywords: *coupling, rope, misalignment, mechanism, load.*

Вступ. Пружно-компенсуючі муфти серед інших своїх задач повинні уможливлувати роботу приводу ними оснащеного в умовах неспіввісностей поєднуваних валів. Загальновідомо, що наявність неспіввісності викликає перерозподіл навантаження між несівними елементами муфт та появу додаткових навантажень на вали [1-3]. Ці явища суттєво різняться для різних типів муфт, тому їх вивчення для подальшого урахування навантажень та уточнення розрахунків деталей машин має велике значення.

Аналіз виконаних досліджень та постановка задачі. Муфти з канатними пружними елементами є прогресивними з точки зору поєднання ресурсощадності та простоти конструкції. Ці факти обумовлює доступність канатів та їхні високі міцнісні характеристики, а також наявність демпфування. Муфти оснащені канатами, що розроблені і досліджуються авторами та іншими дослідниками достатньо прості за конструкцією і перспективні. Інформація про дослідження канатних муфт однак натеper достатньо бідна, крім патентних джерел, одичного експериментального дослідження муфт [4] та робіт авторів. Зокрема, робота муфт з канатними пружними елементами досліджена недостатньо, що формує умови для подальшого наукового пошуку. Тому метою даної роботи є теоретичне встановлення механізму передачі муфтою навантаження в умовах такого виду розцентровки найбільш небезпечного для муфти та приводу нею оснащеного.

Виклад основного матеріалу. Розглянемо роботу муфт з торцевою установкою канатів хордального та тангенціального розташування [5], оскільки вони характеризуються високою навантажувальною здатністю та не створюють осьового навантаження на вали.

Основною задачею при цьому є знаходження довжини будь-якої канатної ланки муфти, оскільки вони за наявності радіальної неспіввісності видовжуються по різному (рис. 1), а відтак несуть різні частини загального навантаження муфти. Для обчислення довжин канатів розглянемо схему муфти, оснащеної одним канатом, що працює в умовах радіальної неспіввісності Δ_r . Неважко помітити, що за такої апроксимації та припущення про шарнірне закріплення канатів у напівмуфтах, муфту можна розглядати як шарнірний чотириланковий механізм із перемінною довжиною ланки AB (рис. 2). Ведучу

напівмуфту зображає ланка OA , ведену - ланка O_1B , канат - ланка AB , відстань OO_1 дорівнює радіальній неспіввісності Δ_r . Куту координату точки закріплення каната (центрів затискних елементів) на ведучій напівмуфті (A_i) позначатимемо $\varphi_{вчi}$, а на веденій (B_i) - $\varphi_{внi}$. На подальших етапах аналізу відлік кутів координат будемо виконувати від осі X , що лежить в площині радіального зміщення напівмуфт (площина радіального зміщення - площина в якій лежать осі обох поєднаних напівмуфт за наявності між ними радіального зміщення), а відлік кутів φ_m повороту муфти від осі Y до неї перпендикулярної. Першим положенням каната вважатимемо таке положення в якому його вісь паралельна цій площині, а відтак кут повороту муфти в цьому положенні вважатимемо нульовим.

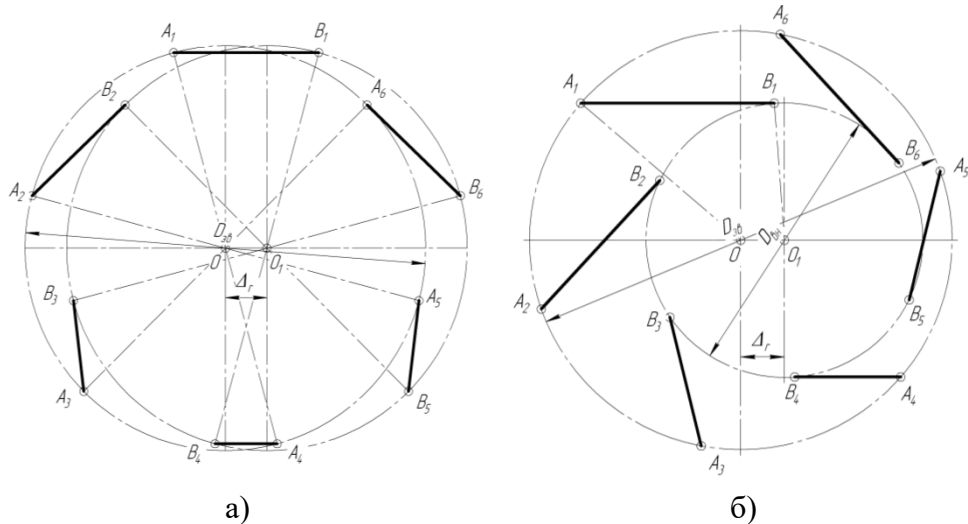


Рисунок 1 – Схема роботи муфт з торцевою установкою канатів хордального (а) та тангенціального (б) розташування в умовах радіальної неспіввісності

Задачу відшукування довжин канатів (ланки AB) в кожному їх положенні розв'язуватимемо методом замкнених векторних контурів проф. В'яч.А. Зінов'єва [6, 7]. Цей метод знайшов широке розповсюдження для вирішення задач подібного роду [8]. Для отримання подальших викладок уявляємо кінематичну схему замінюючого механізму у вигляді замкненого векторного контура AOO_1B (рис. 2), для якого можна записати векторне рівняння:

$$\vec{V}_1 + \vec{V}_2 = \vec{V}_3 + \vec{V}_4, \tag{1}$$

- де $\vec{V}_1 = OA$ - радіус ведучої напівмуфти;
- $\vec{V}_2 = L_{ki}$ - довжина каната;
- $\vec{V}_3 = \Delta_r$ - радіальна неспіввісність;
- $\vec{V}_4 = AB$ - радіус веденої напівмуфти.

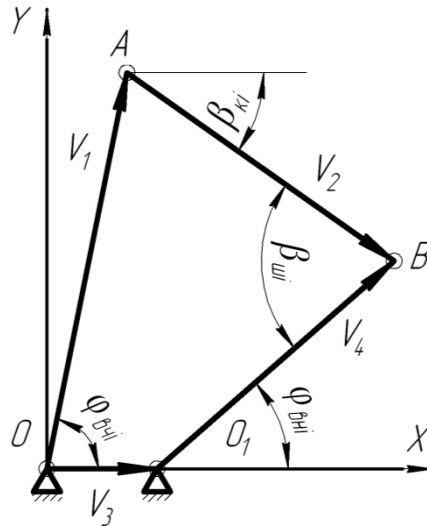


Рисунок 2 – Схема замкнутого векторного контура замінючого механізму

Складене рівняння (1) в проекціях на осі координат матиме вигляд системи (2):

$$\begin{cases} X : V_1 \cos \varphi_{вчi} + V_2 \cos \beta_{ki} = V_3 \cos 0 + V_4 \cos \varphi_{внi} \\ Y : V_1 \sin \varphi_{вчi} + V_2 \sin \beta_{ki} = V_3 \sin 0 + V_4 \sin \varphi_{внi} \end{cases} \quad (2)$$

Після перетворень і перегрупування отримаємо:

$$\begin{cases} V_2 \cos \beta_{ki} = V_3 + V_4 \cos \varphi_{внi} - V_1 \cos \varphi_{вчi} \\ V_2 \sin \beta_{ki} = V_4 \sin \varphi_{внi} - V_1 \sin \varphi_{вчi} \end{cases}, \quad (3)$$

Зводимо обидва рівняння системи (2) в квадрат і додаємо, де після перетворень отримаємо:

$$V_2^2 (\cos^2 \varphi_{ki} + \sin^2 \varphi_{ki}) = (V_3 + V_4 \cos \varphi_{внi} - V_1 \cos \varphi_{вчi})^2 + (V_4 \sin \varphi_{внi} - V_1 \sin \varphi_{вчi})^2, \quad (4)$$

$$V_2 = \sqrt{(V_3 + V_4 \cos \varphi_{внi} - V_1 \cos \varphi_{вчi})^2 + (V_4 \sin \varphi_{внi} - V_1 \sin \varphi_{вчi})^2}. \quad (5)$$

З системи (3), отримаємо також вирази для обчислення кутів β_{ki} нахилу канатів до осі X:

$$\cos \beta_{ki} = \frac{V_3 + V_4 \cos \varphi_{внi} - V_1 \cos \varphi_{вчi}}{V_2}, \quad (6)$$

$$\sin \beta_{ki} = \frac{V_4 \sin \varphi_{внi} - V_1 \sin \varphi_{вчi}}{V_2}. \quad (7)$$

Для відшукування кутів $\beta_{шi}$ нахилу осей канатів до радіуса веденої напівмуфти OB використаємо метод змінюваних трикутників [9] для чого розглянемо трикутники OA_1O_1 та $O_1A_1B_1$ (рис. 2) для яких можна записати:

$$\begin{cases} AO_1^2 = AO^2 + OO_1^2 - 2AO \times OO_1 \times \cos \varphi_{вчi} \\ AO_1^2 = AB^2 + O_1B^2 - 2AB \times O_1B \times \cos \beta_{ui} \end{cases} \quad (8)$$

Звідки після перетворень отримаємо:

$$\cos \beta_{ui} = \frac{AB^2 + OB^2 - AO^2 - OO_1^2 + 2AO \times OO_1 \times \cos \varphi_{вчi}}{2AB \times OB} \quad (9)$$

Для запровадження отриманих виразів у практику аналізу канатних муфт, розглянемо детальніше згадані їх конструкції - муфти з торцевою установкою канатів хордального та тангенціального розташування. Зокрема для них необхідно отримати вирази, що дозволять визначити кутові координати кожного з канатів муфт для подальшого обчислення довжини кожної ланки та видовження канатів.

Для муфти з хордальним розташуванням канатів в першому положенні (рис. 3), з урахуванням розгляду трикутника OA_1C_1 отримаємо формули для кутових координат напівмуфт у першому положенні:

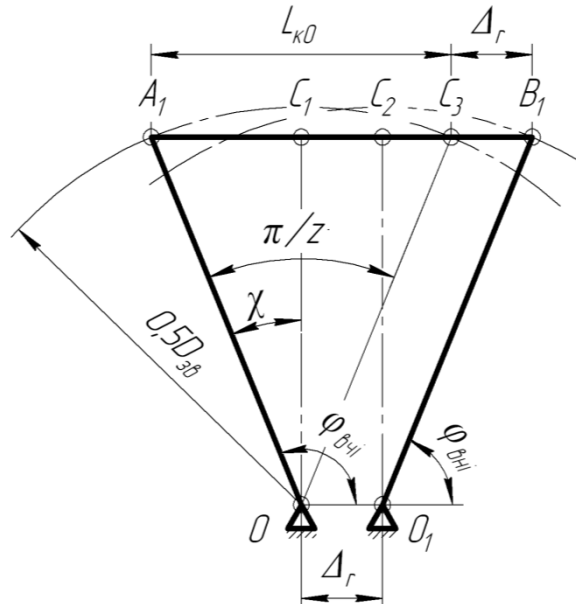


Рисунок 3 – Схема до розрахунку параметрів муфти з канатами хордального розташування

$$\chi = \arcsin \frac{0,5A_1C_3}{OA_1} = \arcsin \frac{0,5(A_1B_1 - B_1C_3)}{OA} = \arcsin \frac{0,5(L_{k1} - \Delta_r)}{0,5D_{36}} \quad (10)$$

де L_{k1} – довжина каната в першому положенні.

Враховуючи, що

$$L_{k1} - \Delta_r = L_{k0} + \Delta_r - \Delta_r = L_{k0} = D_{36} \sin \frac{\pi}{2z} \quad (11)$$

де L_0 - початкова довжина каната в недеформованому стані (при $\Delta_r=0$).

Тоді матимемо:

$$\chi = \arcsin \frac{L_{\kappa 0}}{D_{3\phi}}. \quad (12)$$

Тоді кутові координати центрів затискних елементів першого каната:

$$\varphi_{\phi 1} = \frac{\pi}{2} + \chi = \frac{\pi}{2} + \arcsin \frac{L_{\kappa 0}}{D_{3\phi}}, \quad (13)$$

$$\varphi_{\phi n 1} = \frac{\pi}{2} - \chi = \frac{\pi}{2} - \arcsin \frac{L_{\kappa 0}}{D_{3\phi}}. \quad (14)$$

Відтак кутові координати центрів затискних елементів будь-якого каната:

$$\varphi_{\phi i} = \varphi_{\phi 1} + \frac{2\pi}{z}(i-1) = \frac{\pi}{2} + \arcsin \frac{L_{\kappa 0}}{D_{3\phi}} + \frac{2\pi}{z}(i-1), \quad (15)$$

$$\varphi_{\phi n i} = \varphi_{\phi n 1} + \frac{2\pi}{z}(i-1) = \frac{\pi}{2} - \arcsin \frac{L_{\kappa 0}}{D_{3\phi}} + \frac{2\pi}{z}(i-1), \quad (16)$$

$$\varphi_{\phi i} - \varphi_{\phi n i} = 2 \arcsin \frac{L_{\kappa 0}}{D_{3\phi}}. \quad (17)$$

З урахуванням отриманих формул (15) та (16), а також (5) - (7) та (9) отримаємо вирази для обчислення довжини та кутів поворотку каната муфти з хордально розташованими канатами відносно осі X , враховуючи що для хордальної муфти $V_1 = V_4 = 0, 5D_{3\phi}, V_3 = \Delta_r$:

$$L_{\kappa i} = \sqrt{[\Delta_r + 0, 5D_{3\phi} (\cos \varphi_{\phi n i} - \cos \varphi_{\phi i})]^2 + [0, 5D_{3\phi} (\sin \varphi_{\phi n i} - \sin \varphi_{\phi i})]^2}, \quad (18)$$

$$\cos \beta_{\kappa i} = \frac{\Delta_r + 0, 5D_{3\phi} (\cos \varphi_{\phi n i} - \cos \varphi_{\phi i})}{L_{\kappa i}}, \quad (19)$$

$$\sin \beta_{\kappa i} = \frac{D_{3\phi} (\sin \varphi_{\phi n i} - \sin \varphi_{\phi i})}{2L_{\kappa i}}. \quad (20)$$

$$\cos \beta_{\omega i} = \frac{L_{\kappa i}^2 - \Delta_r^2 + 2D_{3\phi} \Delta_r \cos \varphi_{\phi i}}{2L_{\kappa i} D_{3\phi}} \quad (21)$$

Для муфти з тангенціально розташованими канатами, аналогічно вважатимемо першим положенням таке, за якого вісь каната паралельна площині радіального зміщення та осі X . Розгляд рис. 4 та аналіз трикутників OA_1C_1 та $O_1B_1C_3$ дає можливість отримати формули для кутових координат центрів затискних елементів каната у першому положенні.

$$\cos \chi = \frac{O_1C_3}{O_1B_1} = \frac{h}{0, 5D_{\phi n}}, \quad (22)$$

де h - висота трикутника OA_1C_1 .

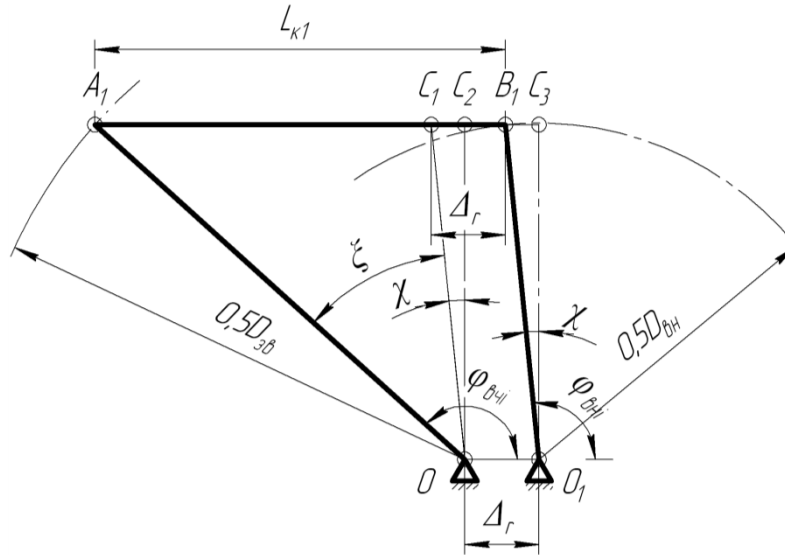


Рисунок 4 – Схема до розрахунку параметрів муфти з канатами тангенціального розташування

В той же час, записуючи формулу для площі трикутника OA_1C_1 як половину площі паралелограма побудованого на його сторонах OA_1 та OC_1 :

$$h = \frac{2S_{OA_1C_1}}{A_1C_1} = \frac{2 \times 0,5 \times OA_1 \times OC_1 \times \sin \xi}{L_{\kappa 0}} = \frac{0,25 D_{36} D_{6H} \sin \xi}{L_{\kappa 0}}. \quad (23)$$

З урахуванням (22) та (23) отримаємо:

$$\cos \chi = \frac{0,5 D_{36} \sin \xi}{L_{\kappa 0}}. \quad (24)$$

Тоді вирази для обчислення кутових координат центрів затискних елементів канатів матимуть вигляд:

$$\varphi_{\text{вч}1} = \frac{\pi}{2} + \chi + \xi = \frac{\pi}{2} + \arccos \frac{0,5 D_{36} \sin \xi}{L_{\kappa 0}} + \xi, \quad (25)$$

$$\varphi_{\text{вн}1} = \frac{\pi}{2} + \chi = \frac{\pi}{2} + \arccos \frac{0,5 D_{36} \sin \xi}{L_{\kappa 0}}, \quad (26)$$

$$\varphi_{\text{вч}i} = \varphi_{\text{вч}1} + \frac{2\pi}{z}(i-1) = \frac{\pi}{2} + \arccos \frac{0,5 D_{36} \sin \xi}{L_{\kappa 0}} + \xi + \frac{2\pi}{z}(i-1), \quad (27)$$

$$\varphi_{\text{вн}i} = \varphi_{\text{вн}1} + \frac{2\pi}{z}(i-1) = \frac{\pi}{2} + \arccos \frac{0,5 D_{36} \sin \xi}{L_{\kappa 0}} + \frac{2\pi}{z}(i-1). \quad (28)$$

$$\varphi_{\text{вч}i} - \varphi_{\text{вн}i} = \xi. \quad (29)$$

З урахуванням отриманих формул (27) та (28), а також (5) - (7) та (9) матимемо вирази для обчислення довжини та кутів поворотку каната муфти з тангенціально розташованими канатами відносно

першого положення, враховуючи що для такої муфти $V_1 = 0,5D_{36}, V_4 = 0,5D_{6H}, V_3 = \Delta_r$:

$$L_{ki} = \sqrt{[\Delta_r + 0,5D_{6H} \cos \varphi_{6H} - 0,5D_{36} \cos \varphi_{6H}]^2 + [0,5D_{6H} \sin \varphi_{6H} - 0,5D_{36} \sin \varphi_{6H}]^2}, \quad (30)$$

$$\cos \beta_{ki} = \frac{\Delta_r + 0,5D_{6H} \cos \varphi_{6H} - 0,5D_{36} \cos \varphi_{6H}}{L_{ki}}, \quad (31)$$

$$\sin \beta_{ki} = \frac{D_{6H} \sin \varphi_{6H} - D_{36} \sin \varphi_{6H}}{2L_{ki}}. \quad (32)$$

$$\cos \beta_{wi} = \frac{L_{ki}^2 + 0,25(D_{6H}^2 - D_{36}^2) - \Delta_r^2 + D_{36} \Delta_r \cos \varphi_{6H}}{L_{ki} D_{6H}}. \quad (33)$$

Видовження канатів можна обчислити за формулою:

$$\Delta L_{ki} = L_{ki} - L_{k0}. \quad (34)$$

Враховуючи те, що для обох варіантів муфт $\varphi_{6H} - \varphi_{6H} = const$ ((12) та (29)), кути поворотів канатів та шарнірів обчислюватимуться за формулами:

$$\Delta \beta_{wi} = \beta_{wi} - \beta_{wi}. \quad (35)$$

Чисельне моделювання за отриманими формулами виконували для муфт із канатами хордального та тангенціального розташування у яких $z = 4$ та 6 , $D_{36} = 145$ мм, $D_{6H} = 95$ мм. На рис. 5 та рис. 6 показано графіки зміни видовдження канатів ΔL_{ki} та кутів $\Delta \beta_{wi}$ для муфти із хордально розташованими канатами при радіальному зміщенні $\Delta_r = 1,5$ мм. Оскільки канати в модельних муфтах розташовані з кроком 60° ($z = 6$) та 90° ($z = 4$), то за графіками можна також оцінити згадані параметри для всіх канатів муфти.

Аналіз наведених графіків дозволяє стверджувати, що канати муфт за наявності радіального зміщення видовжуються неоднаково. Так згідно графіка на рис. 5, у випадку шестиканатної муфти додатне видовження мають канати №1 (0°), №2 (60°) та №6 (300°), інші канати стискаються і відповідно навантаження не несуть. Для чотирьоканатної муфти ситуація ще гірша - тут навантаження нестиме практично тільки канат №1 (0°), що свідчить про доцільність прагнути при конструюванні збільшити кількість канатів, щоб більша їх частина несла навантаження. Натягнуті канати розташовані над площиною радіального зміщення, а стиснуті - під нею в напрямку обертання муфти. Тут слід відзначити, що наведені міркування справедливі, крім уже наведених припущень, за таких обставин, коли видовження канатів від зовнішнього навантаження набагато менші ніж видовження від неспіввісності. Відповідно забезпечити зменшення нерівномірності розподілу навантаження між канатами можна досягнути за рахунок збільшення їх піддатливості. Так коли видовження першого каната під активним навантаженням перевищить $2\Delta_r$, то найбільш стиснений

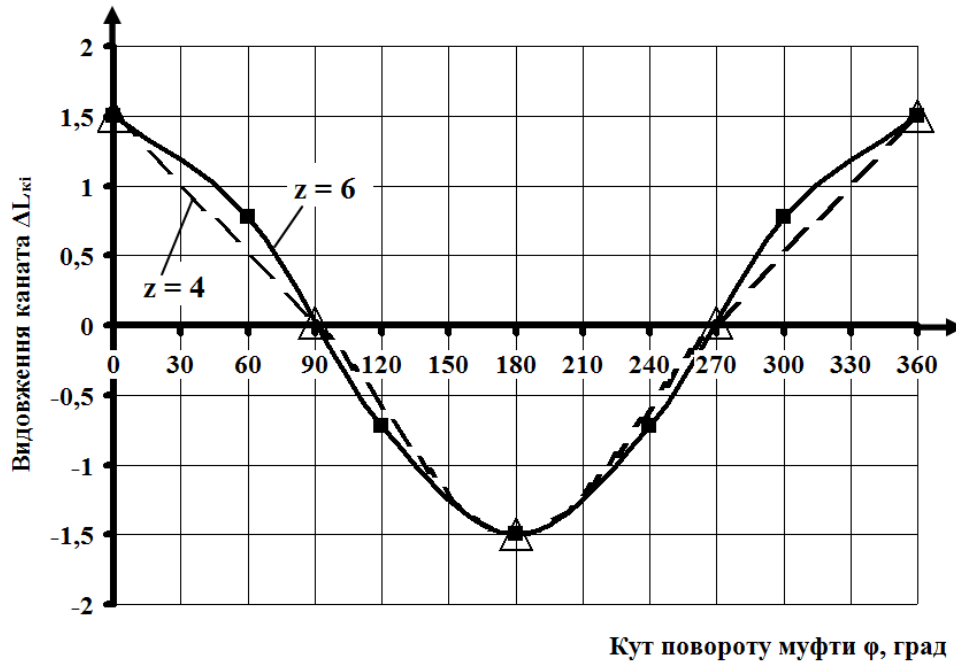


Рисунок 5 – Графік зміни видовження канатів за один оберт муфти

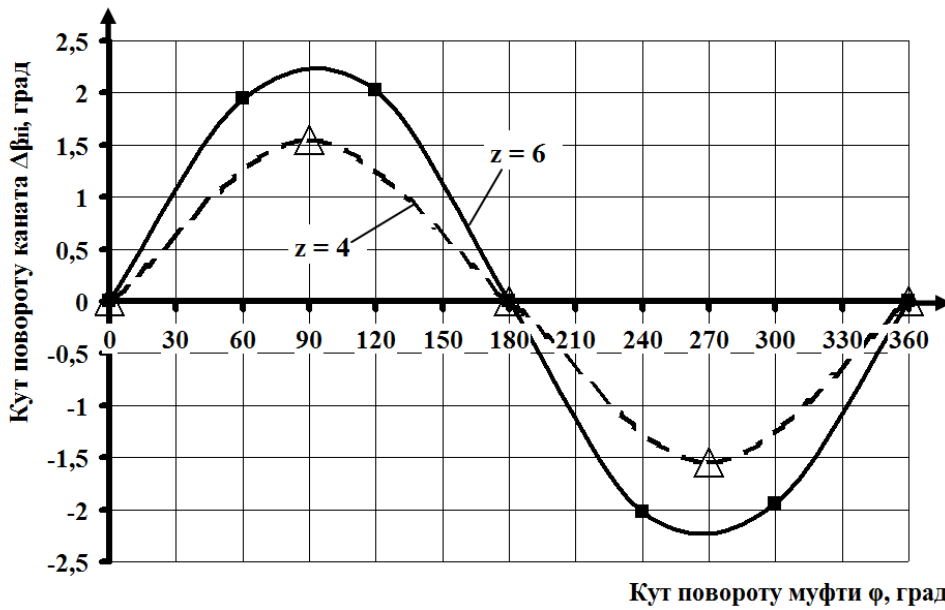


Рисунок 6 – Графік зміни кута повороту канатів за один оберт муфти

четвертий канат (для шестиканатної муфти) зможе отримати видовження та здатність передавати активне навантаження. У всякому разі, найбільш навантаженим завжди буде той канат, вісь якого в даний момент часу паралельна площині радіального зміщення, його довжина буде на $2\Delta_l$ більша ніж довжина протилежного на 180° . Відповідно за один оберт муфти довжина кожного каната коливатиметься на

величину $2\Delta_r$ (від $+\Delta_r$ до $-\Delta_r$), а навантаження канатів відбуватиметься теоретично за асиметричним циклом. Зовнішнє навантаження муфти за наявності радіального зміщення розподілятиметься між натягнутими канатами нерівномірно, що викличе незрівноваженість колового зусилля відносно осей напівмуфт та появу радіального навантаження на вали, що необхідно враховувати при розрахунку муфт, сполучених ними валів та їх підшипників. У випадку шарнірного закріплення канатів у напівмуфтах на величину радіального навантаження напівмуфт основний вплив матимуть пружні сили від видовження канатів, а у випадку жорсткого закріплення ще й зусилля від їх згину (про що свідчить зміна кута $\Delta\beta_{ui}$ на рис. 6).

Слід відзначити, що наведені міркування отримані за прийняття багатьох допущень, але уявлення про роботу муфт, оснащених канатними елементами вони дають. Тому можна зробити наступні висновки:

1. Встановлено, що радіальне зміщення значно впливає на перерозподіл навантаження між канатами муфт з торцевою їх установкою, про що свідчить їх неоднакове видовження, обчислене за отриманими формулами. За один оберт муфти частина її канатів видовжується, а частина - стискається. Це свідчить про доцільність проектування муфт з більшою кількістю канатів, щоб більша їх частина несла навантаження. Натягнуті канати розташовані над площиною радіального зміщення, а стиснуті - під нею в напрямку обертання муфти.

2. Встановлено, що найбільш навантаженим завжди є той канат, вісь якого в даний момент часу паралельна площині радіального зміщення, його довжина буде на $2\Delta_r$ більша ніж довжина протилежного на 180° . Відповідно за один оберт муфти довжина кожного каната коливатиметься на величину $2\Delta_r$ (від $+\Delta_r$ до $-\Delta_r$), а навантаження канатів відбуватиметься теоретично за асиметричним циклом.

3. Показано, що забезпечення зменшення нерівномірності розподілу навантаження між канатами можна досягнути за рахунок збільшення їх піддатливості. У випадку перевищення видовження каната, вісь якого розташована паралельно площині радіального зміщення над нею величини $2\Delta_r$, найбільш стиснений канат, розташований паралельно площині радіального зміщення під нею зможе отримати видовження та здатність передавати активне навантаження.

4. Зовнішнє навантаження муфти за наявності радіального зміщення розподілятиметься між натягнутими канатами нерівномірно, що викличе незрівноваженість колового зусилля відносно осей напівмуфт та появу радіального навантаження на вали, що необхідно враховувати при розрахунку муфт, сполучених ними валів та їх підшипників.

5. У випадку шарнірного закріплення канатів у напівмуфтах на величину радіального навантаження напівмуфт основний вплив матимуть пружні сили від видовження канатів, а у випадку жорсткого закріплення ще й зусилля від їх згину.

ЛІТЕРАТУРА

1. Опанасенко Н.Р. Идентификация характеристик муфт с элементами, имеющими нестабильные параметры: автореферат дис. канд. техн. наук спец. 05.02.02 – машиноведение и детали машин / Н.Р. Опанасенко. – Харьков, 1981. – 17 с.

2. Тарабасов Н.Д., Учаев П.Н. Цепные муфты. Проектирование, изготовление и эксплуатация: Справочник. - М.: Машиностроение, 1987. – 256 с.

3. Колесник К.К. Зниження віброактивності приводних систем з пружними муфтами: автореферат дис. канд. техн. наук спец. 05.02.09 – динаміка та міцність машин / К.К. Колесник. – Львів, 2003. – 22 с.

4. Отчет о научно-исследовательской работе № 72025333 «Разработка и исследование демфирующих силовых передаточных устройств с канатными связями для главного привода крана» (рук. Ивашин Б.И.). – Одесса: ОПИ, 1972. – 52 с.

5. Проценко В.О. Навантажувальна здатність муфт із торцевою установкою канатів різних варіантів розташування / В.О. Проценко, О.Ю. Клементьєва // Науковий вісник національного університету біоресурсів та природокористування України. Серія «Техніка та енергетика АПК». – Київ: НУБІП. – 2016. - №240 – С. 357 -364.

6. Зиновьев Вяч.А. Курс теории механизмов и машин. – М.: Физматгиз. - 1960. – 431 с.

7. Артоболевский И.И. Теория механизмов. – М.: Наука. - 1967. – 719 с.

8. Пасіка В.Р. Теоретичні основи синтезу комбінованих механізмів зі змінною довжиною вхідної ланки на базі вихідних важільних і мальтійських механізмів: автореф. дис. ... д-ра техн. наук: 05.02.02 / В.Р. Пасіка; Нац. ун-т "Львів. політехніка". – Л., 2011. – 40 с.

9. Озол О.Г. Теория механизмов и машин. – М.: Наука, 1984. – 432 с.

10. Деталі машин. Розрахунок та конструювання: підручник / Г.В. Архангельський, М.С. Воробйов, О.І. Дубинець та ін. – К.: Талком, 2014. – 684 с.