

НАВАНТАЖУВАЛЬНА ЗДАТНІСТЬ МУФТ ІЗ ТОРЦЕВОЮ УСТАНОВКОЮ КАНАТІВ РІЗНИХ ВАРІАНТІВ РОЗТАШУВАННЯ

В. О. Проценко, кандидат технічних наук
О. Ю. Клементьєва, аспірантка*
Херсонська державна морська академія
e-mail: vesnyk_ksma@ukr.net

Анотація. Подано теоретичні дослідження навантажувальної здатності муфт із торцевою установкою канатів хордального та тангенціального розташування. Досліджено можливості забезпечення рівної навантажувальної здатності цих двох конструкцій муфт. Дослідження навантажувальної здатності муфт із тангенціальним розташуванням виконано з урахуванням геометричних обмежень їх існування. Результати чисельного моделювання, що проілюстровані графіками, дають змогу наочно оцінити отримані результати. У результаті проведених досліджень встановлено, що за однакових габаритів, кількості канатів та їх робочого натягу, муфта з хордальним їх розташуванням має більшу навантажувальну здатність, ніж муфта із тангенціальним розташуванням канатів. Показано, що способом забезпечення рівної їх навантажувальної здатності є збільшення кількості канатів при незмінному їх діаметрі та робочому натягу.

Ключові слова: муфта, канат, навантаження, компоновка, обмеження

Проектування сучасних машин потребує створення ефективних конструкцій їх деталей, які, за можливості, повинні характеризуватися рівномірністю. Для цього необхідно мати чітке уявлення про вплив специфіки роботи різних машин на вимоги до деталей і складальних одиниць загального призначення. Це потребує нових теоретичних та експериментальних досліджень деталей машин.

У попередніх працях авторів [1, 2] запропоновано нові конструкції муфт із торцевою установкою канатів – муфти з канатами хордального розташування та муфти з канатами тангенціального розташування. Виконано обґрунтування деяких конструктивно-силових параметрів таких муфт, проте співвідношення характеристик (зокрема навантажувальної здатності) цих муфт для виявлення випадків переважного застосування кожної конструкції, не встановлено.

* Науковий керівник – кандидат технічних наук В. О. Проценко

© В. О. Проценко, О. Ю. Клементьєва, 2016

Мета досліджень – теоретичне дослідження навантажувальної здатності муфт з торцевою установкою канатів хордального і тангенціального розташування.

Матеріали та методика досліджень. Розглянемо подібну для обох муфт конструктивну схему, показану на рис. 1 на прикладі муфти з тангенціальним розташуванням канатів.

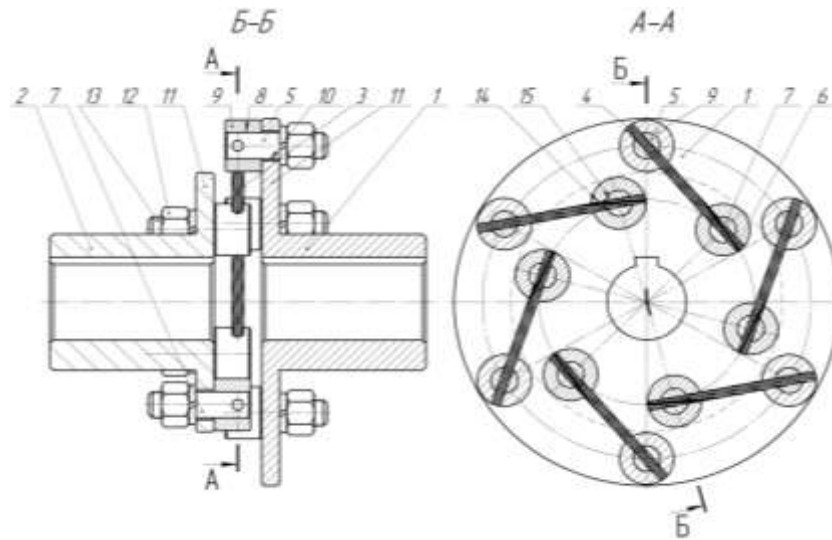


Рис. 1. Схема муфт із торцевою установкою прямих канатів (на прикладі муфти з канатами тангенціального розташування)

Муфта складається з двох напівмуфт – зовнішньої 1 і внутрішньої 2, що сполучені за рахунок пружних елементів 3, якими є канати, кожен з яких закріплений одним кінцем 4 в пальці 5, встановленому в зовнішній напівмуфті 1, а іншим кінцем 6 в пальці 7, встановленому у внутрішній напівмуфті 2. Пальці 5 і 7 пропущені в осьові отвори 8 втулок 9 та отвори 10 фланців 11 напівмуфт 1 і 2 та затягнуті гайками 12, встановленими на їх різьбові кінці 13. Канати пропущені в поперечні отвори 14 втулок 9 і отвори 15 пальців 5 і 7. Пальці 5 і 7 в муфті з тангенціальним розташуванням канатів встановлені у своїх напівмуфтах на колах різних діаметрів $D_{зв}$ та $D_{вн}$, а в муфті з хордальним розташуванням – на колі одного діаметра $D_{зв}$ (для якого осі канатів є хордами).

З метою оцінки навантажувальної здатності було розглянуто розрахункову схему муфти з хордальним розташуванням канатів, у якої $D_{зв} = 145$ мм, $d_k = 4,0$ мм, $d_{вн} = 24$ мм. При цьому встановлено, що на діаметрі $D_{зв} = 145$ мм можна розташувати $z = 8$ канатів завдовжки $L_k \approx 56$ мм. Приймавши допустиму робочу силу натягу канатів $F_H = 1000$ Н (для зручності обрахунку), встановлено, що ця муфта при хордальному розташуванні канатів може передавати момент $T_x = 536$ Нм.

Результати досліджень. Розрахункову схему муфти з торцевою установкою канатів тангенціального розташування показано на рис. 2.

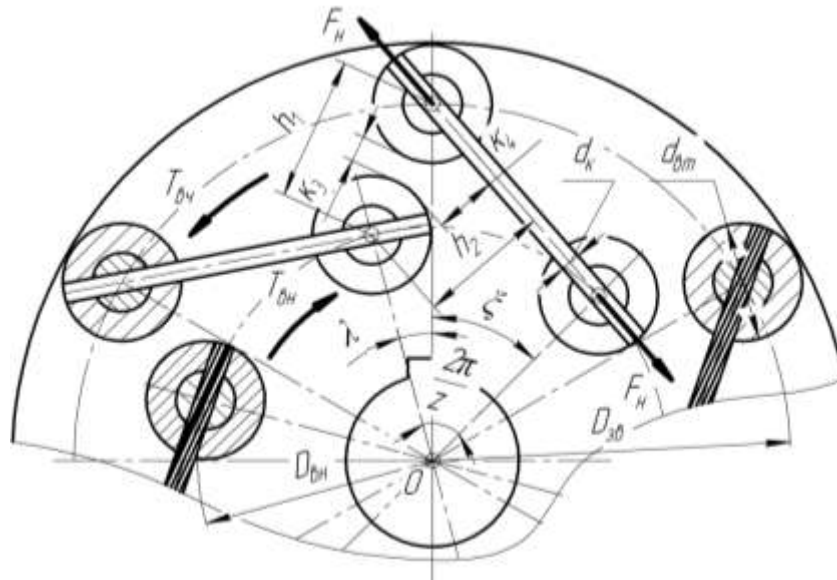


Рис. 2. Розрахункова схема муфти з торцевою установкою прямих канатів тангенціального розташування

Одними з основних вихідних даних під час перевірки зазначених умов існування муфти, крім згаданих, є кут монтажного зміщення напівмуфт ξ , який визначає навантаженість канатів та навантажувальну здатність муфти, тому за рахунок його зміни можна виконувати зміну моменту муфти. Кут ξ визначає також виконання геометричних умов існування муфти – відсутність інтерференції втулок зовнішньої та внутрішньої напівмуфт (1) і відсутність інтерференції канатів та суміжних втулок внутрішньої напівмуфти (2). Перша зі згаданих умов виконується за наявності зазору k_3 між ними. Друга умова виконується за наявності зазору k_4 між ними. Таким чином, забезпечення вказаної умови зводиться до обчислення величини відстані h_2 між віссю C втулки внутрішньої напівмуфти та віссю AB каната.

$$k_3 = k_1 - d_{em} > 0 \quad (1)$$

$$k_4 = k_2 - 0,5(d_{em} + d_k) > 0 \quad (2)$$

$$h_1 = 0,5 (D_{36} - D_{6H} \cos \lambda) \times \sqrt{1 + B^2} \quad (3)$$

$$h_2 = \frac{0,5 (D_{36} - D_{6H} \cos \lambda) \times \sqrt{1 + B^2} \times C}{\sqrt{1 + C^2}} \quad (4)$$

де

$$A = \frac{D_{6H} \sin \xi}{D_{36} - D_{6H} \cos \xi} \quad (5)$$

$$B = \frac{D_{\text{вн}} \sin \lambda}{D_{\text{зв}} - D_{\text{вн}} \cos \lambda}, \quad (6)$$

$$C = \frac{A + B}{1 - A \times B}, \quad (7)$$

$$\lambda = \frac{2\pi}{z} - \xi \quad (8)$$

Іншою умовою існування муфти з тангенціально розташованими канатами є умова забезпечення можливості затягування гайок (9).

$$t_{\text{вн}} = D_{\text{вн}} \sin \frac{\pi}{z} \geq A \quad (9)$$

де $[A]$ – розмір «під ключ» згідно з ГОСТом 13682-80.

Момент, що здатна передати муфта з тангенціально розташованими канатами становить:

$$T_m = \frac{z D_{\text{зв}} D_{\text{вн}} \sin \xi F_n}{4 \sqrt{0,25(D_{\text{зв}}^2 + D_{\text{вн}}^2) - 0,5 D_{\text{зв}} D_{\text{вн}} \cos \xi}} \quad (10)$$

Для встановлення взаємного впливу конструктивних параметрів муфт із тангенціальним розташуванням канатів було виконане чисельне моделювання за наведеними формулами (1)–(10) для кількох варіантів співвідношень конструктивних параметрів муфт.

Під час розрахунків використовували основні конструктивні параметри аналогічні муфті з хордально розташованими канатами, що наведені вище, крім цього вважали, що наближено $A \geq 6d_k$. Результати чисельного моделювання для кількох варіантів співвідношень конструктивних параметрів муфт наведені нижче як графіки.

Варіант 1. Кількість канатів z (8 шт.), їх натяг F_n , діаметр d_k та зовнішній габарит муфти ($D_{\text{зв}} = 145$ мм, $D_{\text{вн}} = 110$ мм) з тангенціально розташованими канатами відповідають кількості та параметрам канатів, а також габариту муфти-прототипу з хордально розташованими канатами. Графіки взаємного впливу конструктивних параметрів подано на рис. 3.

Аналіз графіків, поданих на рис. 3 дає можливість стверджувати, що обмеження по затягуванню гайок, згідно з умовою (9), за такої кількості канатів відсутнє, оскільки суцільна пряма лінія $t_{\text{вн}}$ лежить вище, ніж штрихова пряма $[A]$.

Інтерференція суміжних втулок, а також канатів і втулок згідно з умовами (1) та (2) відсутня при кутах $\xi \approx 0 \dots 27^\circ$. Лімітуючим компоновочним параметром є розрахунковий зазор k_3 , який при куті ξ менше за 27° приймає значення більше від нуля (цій позиції відповідає вертикальна лінія границі компоновочних обмежень на графіку). Крім

цього, графік показав, що за однакових габаритів, кількості та натягу канатів, муфта з хордальним їх розташуванням має на 18 % більшу навантажувальну здатність ($T_x = 536$ Нм) порівняно з муфтою із тангенціальним розташуванням канатів ($T_m = 439$ Нм).

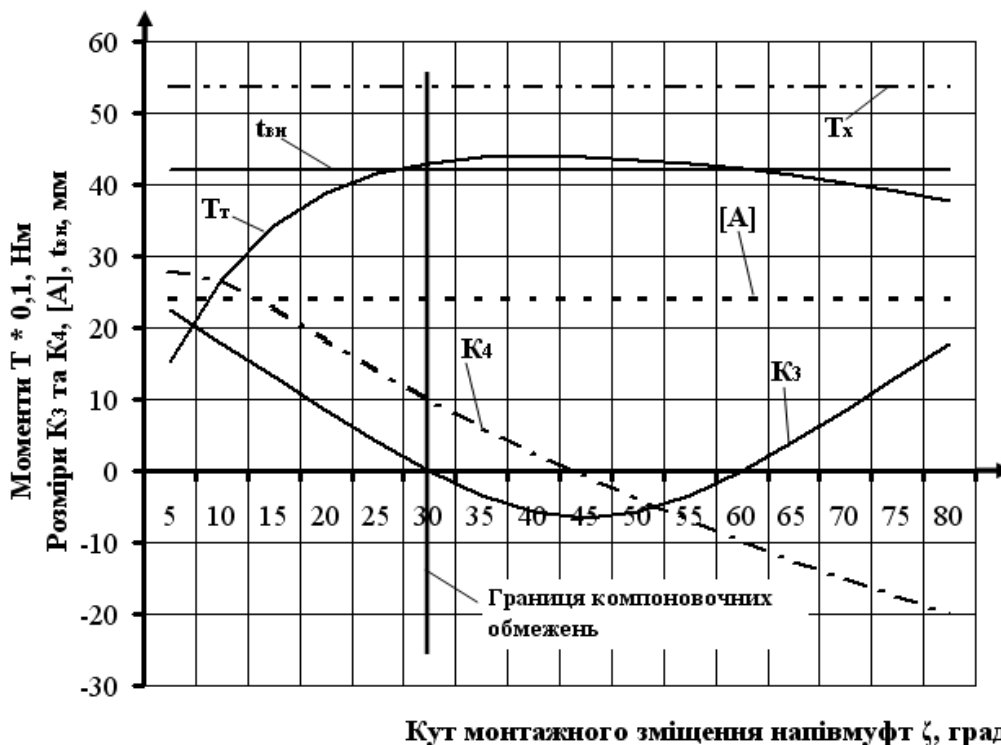


Рис. 3. Графіки взаємного впливу конструктивних параметрів на компоновочні розміри та навантажувальну здатність муфти з тангенціально розташованими канатами по першому варіанту

Варіант 2. Кількість канатів z , у муфті з тангенціально розташованими канатами збільшена на 50 % (з 8 до 12 шт.), їх натяг F_H та діаметр d_k , а також зовнішній габарит ($D_{3в} = 145$ мм, $D_{вн} = 110$ мм) відповідають муфті-прототипу з хордально встановленими канатами. Графіки взаємного впливу конструктивних параметрів подано на рис. 4.

Аналіз графіків на рис. 4 свідчить, що обмеження по затягуванню гайок згідно з умовою (9), за такої кількості канатів (12 шт.) також відсутнє. Інтерференція суміжних втулок, а також канатів і втулок, згідно з умовами (1) та (2), відсутня при кутах $\xi \approx 0 \dots 13^\circ$. Лімітуючим компоновочним параметром є розрахунковий зазор K_3 , який при куті ξ менше за 13° приймає значення більше від нуля (цій позиції відповідає вертикальна лінія границі компоновочних обмежень на графіку). Дані рис. 4 дають змогу стверджувати, що за однакових габаритів, діаметра та натягу встановлених канатів муфти з хордальним і тангенціальним їх розташуванням можуть мати практично однакову навантажувальну здатність ($T_x = 536$ Нм, $T_m = 515$ Нм), однак її забезпечення потребує збільшення кількості канатів у муфті з тангенціальним їх розташуванням на 50 % (з 8 до 12 шт.).

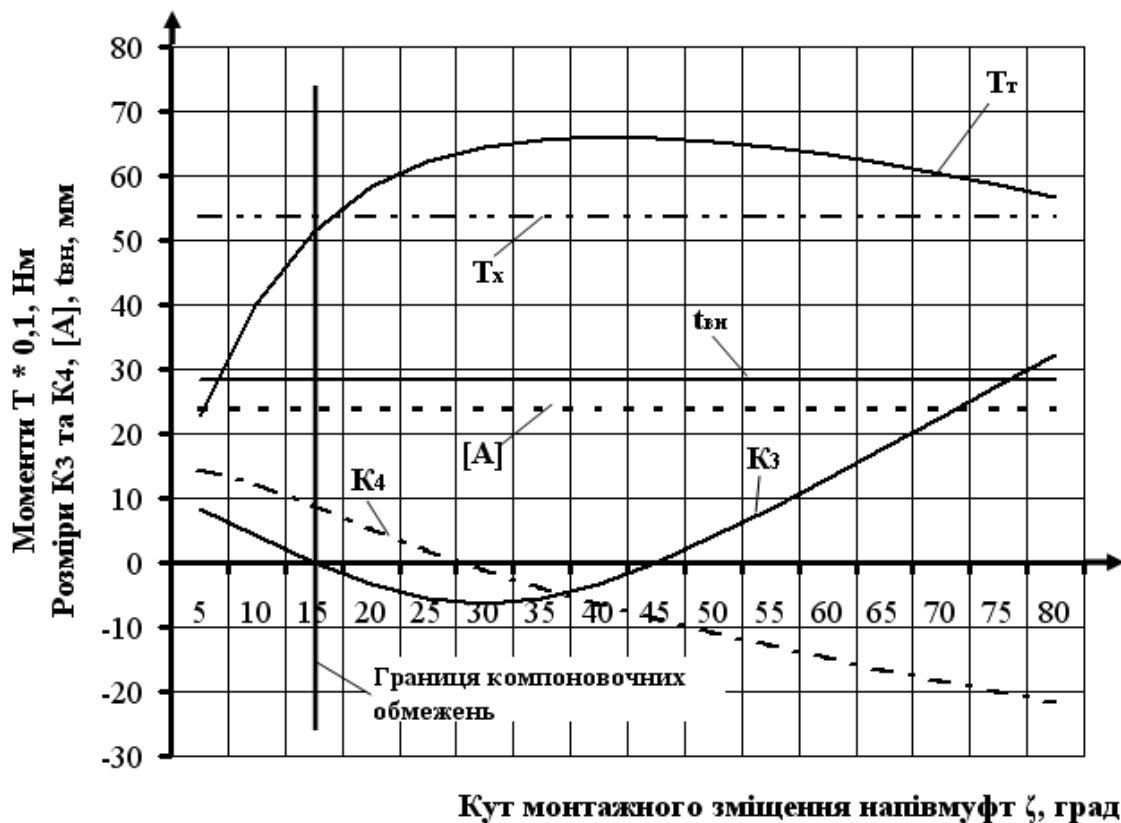
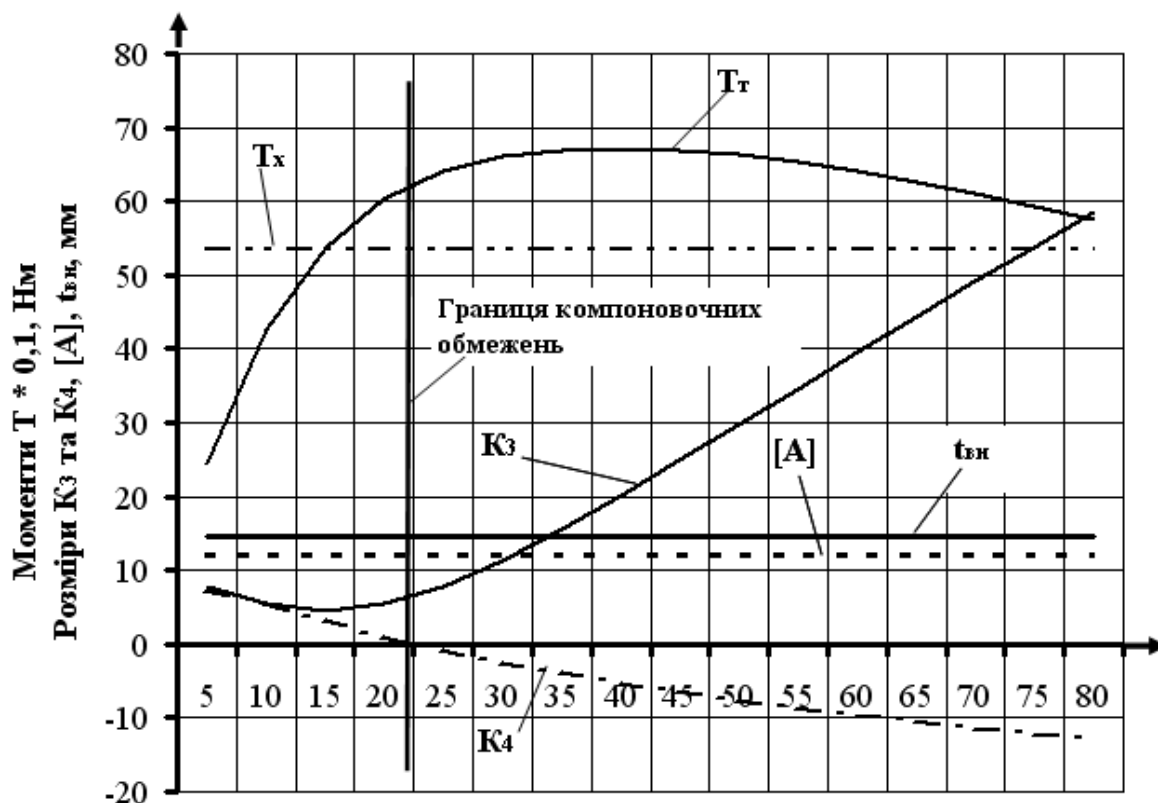


Рис. 4. Графіки взаємного впливу конструктивних параметрів на компоновочні розміри та навантажувальну здатність муфти з тангенціально розташованими канатами по другому варіанту

Варіант 3. Діаметр канатів d_k у муфті з тангенціальним їх розташуванням зменшений вдвічі (з 4 до 2 мм) із відповідним зменшенням вдвічі діаметрів пальців та втулок, а також допустимого робочого натягу канатів до F_n (з 1000 до 500 Н). Зовнішній габарит залишений без змін ($D_{ze} = 145$ мм, $D_{en} = 112$ мм). За рахунок зменшення діаметрів втулок d_{em} у цьому варіанті вдалося збільшити кількість канатів з втричі (з 8 до 24 шт.). Графіки взаємного впливу конструктивних параметрів подано на рис. 5.

Аналіз графіків на рис. 5 дає змогу встановити, що обмеження по затягуванню гайок у цьому варіанті відсутні, але резерв для збільшення кількості канатів залишається незначний. Інтерференція суміжних втулок, а також канатів і втулок відсутня при кутах $\xi \approx 0 \dots 20^\circ$. Лімітуючим компоновочним параметром є розрахунковий зазор k_4 , який при куті ξ менше, ніж 20° приймає значення більше від нуля (цій позиції відповідає вертикальна лінія границі компоновочних обмежень на графіку). Муфта з тангенціально розташованими канатами в такому варіанті може передавати момент $T_m = 603$ Нм, який практично дорівнює моменту муфти-прототипу з хордально розташованими канатами ($T_x = 536$ Нм).



Кут монтажного зміщення напівмуфт ζ , град

Рис. 5. Графіки взаємного впливу конструктивних параметрів на компоновочні розміри та навантажувальну здатність муфти з тангенціально розташованими канатами по третьому варіанту

Таким чином, за однакових габаритів, рівну навантажувальну здатність муфт із хордальним і тангенціальним розташуванням канатів можна забезпечити за рахунок оснащення останньої, втричі більшої, кількості канатів вдвічі меншого діаметра та допустимого натягу.

Висновки

1. Показано, що за однакових габаритів, кількості канатів ($z = 8$) та їх робочого натягу, муфта з хордальним їх розташуванням має на 18 % більшу навантажувальну здатність ($T_x = 536$ Нм), ніж муфта із тангенціальним розташуванням канатів ($T_m = 439$ Нм).

2. Встановлено, що за однакових габаритів, діаметра та робочого натягу встановлених канатів, муфти з хордальним і тангенціальним їх розташуванням можуть мати практично однакову навантажувальну здатність ($T_x = 536$ Нм, $T_m = 515$ Нм), однак її забезпечення потребує збільшення кількості z канатів у муфті з тангенціальним розташуванням на 50% (з 8 до 12 шт.).

3. Показано, що в муфті з тангенціально розташованими канатами, за зменшення діаметра та робочого натягу канатів удвічі й збільшення їх кількості втричі, можливо забезпечити навантажувальну здатність ($T_m = 603$ Нм), адекватну базовій муфті з хордально розташованими канатами ($T_x = 536$ Нм) за незмінних габаритів.

Список літератури

1. Проценко В. О. Проектування муфти з торцевою установкою прямих канатів / В. О. Проценко // Гірничі, будівельні, дорожні, меліоративні машини. – К. : КНУБА. – 2011. – Вип. 77. – С. 44–50.
2. Проценко В. О. Геометричні та силові параметри муфти з торцевою установкою канатів тангенціального розташування / В. О. Проценко, В. О. Настасенко, О. Ю. Клементьєва // Підйомно-транспортна техніка. Науково-технічний та виробничий журнал. – Одеса : Інтерпрінт, 2015. – № 4 (48). – С. 53–59.

НАГРУЗОЧНАЯ СПОСОБНОСТЬ МУФТ С ТОРЦЕВОЙ УСТАНОВКОЙ КАНАТОВ РАЗНЫХ ВАРИАНТОВ РАСПОЛОЖЕНИЯ

В. А. Проценко, О. Ю. Клементьєва

Аннотация. *Представлены теоретические исследования нагрузочной способности муфт с торцевой установкой канатов хордального и тангенциального расположения. Исследованы возможности обеспечения равной нагрузочной способности этих двух конструкций муфт с учетом геометрических ограничений их существования. В результате выполнения исследований установлено, что при одинаковых габаритах, количестве канатов и их рабочем натяжении, муфта с хордальным их расположением имеет большую нагрузочную способность, чем муфта с тангенциальным расположением канатов. Показано, что равную нагрузочную способность муфт с тангенциальным расположением канатов можно обеспечить за счет увеличения их количества.*

Ключевые слова: *муфта, канат, нагрузка, компоновка, ограничения*

LOAD CAPACITY OF COUPLINGS WITH FACE INSTALLATION ROPES WITH DIFFERENT LOCATION

V. Protsenko, O. Klementyeva

Annotation. *The article deals with theoretical researches the load capacity of couplings with face installation of ropes chordal and tangential arrangement. The possibilities of ensuring equal load capacity of these two designs of couplings based on geometric constraints of their existence. As a result of researches found that in the same space, the number of ropes and their work tension, coupling with chordal their location has a larger load capacity than the coupling with tangential arrangement of ropes. It is shown that an equal load capacity coupling with the tangential arrangement of the ropes can be achieved by increasing their number.*

Key words: *coupling, rope, load, arrangement, restrictions*