

ГЕОМЕТРИЧНІ УМОВИ ІСНУВАННЯ МУФТИ З ТОРЦЕВИМИ КАНАТАМИ ТАНГЕНЦІАЛЬНОГО РОЗТАШУВАННЯ

Проценко В.О., Бабій М.В., Клементьєва О.Ю.

Херсонська державна морська академія

У статті запропоновано нову конструкцію муфти з торцевою установкою канатів тангенціального розташування. Описані основні переваги цієї муфти порівняно з існуючими конструкціями. За рахунок виконання теоретичних досліджень встановлено основні геометричні обмеження та сформульовано п'ять умов геометричного існування муфт запропонованої конструкції. Отримано математичні вирази для перевірки виконання встановлених геометричних умов існування муфти.

Ключові слова: муфта, канат, неспіввісність, компоновка.

Вступ. Сучасні вимоги до забезпечення ресурсозбереження у промисловому виробництві вимагають створення прогресивних конструкцій елементів приводів машин. Серед найбільш важливих та відповідальних особливе місце належить з'єднувальним муфтам, які на сьогодні містять, як правило, пружні елементи спеціальної конструкції, складні та дорогі. З огляду на це, розробка конструкцій та обґрунтування параметрів муфт, що містять в якості пружних елементів деталі масового виробництва, може дати значний резерв для зниження собівартості машинобудівної продукції і тому є актуальним завданням. Одним із напрямів вирішення цього завдання є розробка та дослідження пружно-компенсуючих муфт, у яких роль пружних елементів виконують сталеві канати.

Аналіз виконаних досліджень та постановка задачі. На сьогодні відомий порівняно невеликий обсяг робіт, виконаних у галузі канатних муфт [1, 2]. Ці роботи дещо вивели задачу проектування цих пристроїв за межі емпіризму, однак методики проектування більшості конструкцій на сьогодні не створені. В роботі [3] запропонована методика проектування муфти з торцевою установкою прямих канатів [4], у якій пальці обох напівмуфт встановлені в один ряд на одному діаметрі. В такій муфті кількість пальців і канатів обмежується довжиною кола розташування пальців, на якому канати розташовані хордально. При великих навантаженнях і жорстких вимогах до компактності описана муфта матиме невелику кількість коротких канатів великого діаметра, що означатиме її високу жорсткість та великі навантаження від неї на вали за умов наявності неспіввісностей. Тому удосконалення конструкції цієї муфти в напрямі збільшення кількості канатів сприятиме зниженню її жорсткості та підвищенню компенсуючої здатності. Задачею даної роботи є розроблення конструкції та оцінка основних геометричних умов існування муфти з торцевою установкою прямих канатів удосконаленої конструкції, що на наступному етапі досліджень дасть можливість розробити методику проектування таких муфт.

Виклад основного матеріалу. Для розв'язання поставленої задачі запропонована конструкція муфти, яка при аналогічних муфті [4] розмірах може мати в декілька разів більшу кількість канатів, що адекватно підвищенню навантажувальної здатності та зниженню додаткових навантажень на вали.

Муфта (рис. 1) 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 у 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, що встановлені на їх різьбові кінці 13. Канати пропущені в поперечні пази 14 втулок 9 і пази 15 пальців 5 і 7. Пальці 5 і 7 встановлені у своїх напівмуфтах на різних діаметрах, які виключають інтерференцію суміжних втулок зовнішньої 1 і внутрішньої 2 напівмуфт. Це виконано для того, щоб канати не були розміщені на діаметрі розташування пальців хордально, як у базовій муфті. Це, по-перше, дає можливість збільшити їх кількість при

практично незмінних габаритах, а по-друге, дозволяє виконання муфтою запобіжних перевантаженні муфти і висмикуванні одного з кінців канатів, не відбувався удар суміжних пальців і ведуча напівмуфта могла вільно обертатися.

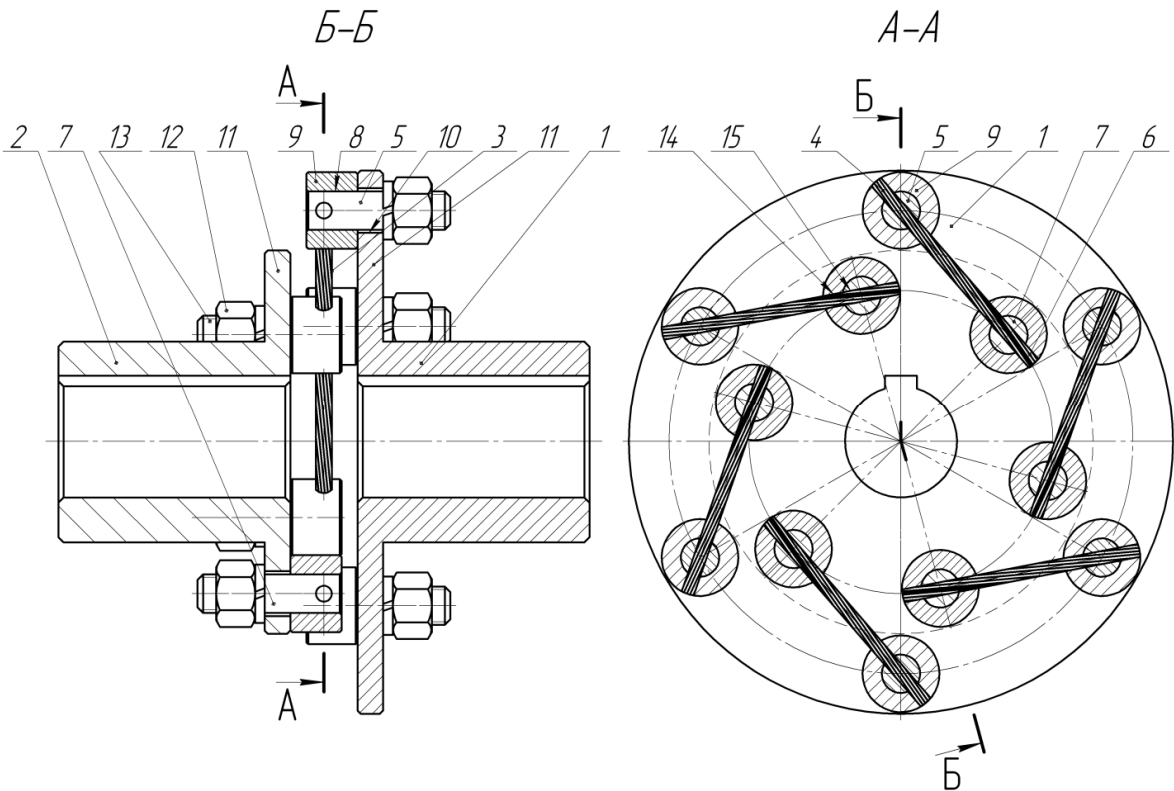


Рисунок 1 – Схема запропонованої муфти

Намагання збільшити кількість канатів z може призвести до неможливості компоновки муфти через наявність деяких геометричних обмежень, які висувають до існування конкретної конструкції муфти обмежувальні умови. Аналіз цих умов та їх математичний опис наведено нижче. Перевірку умов доцільно виконувати при конструюванні муфти після проектних розрахунків на міцність основних її елементів і визначення діаметра каната d_k та втулки $d_{вт}$, діаметрів розташування пальців зовнішньої $D_{зв}$ та внутрішньої $D_{вн}$ напівмуфт.

1. Умова можливості виконання затягування пальців внутрішньої напівмуфти при близькому «сусідстві» гайок суміжних пальців внутрішньої напівмуфти (рис. 2). Умова перевіряється з метою оцінки можливості складання муфти та забезпечення перевищення кроком пальців внутрішньої напівмуфти $t_{вн}$ відстані A , регламентованої стандартом:

$$\begin{cases} t_{вн} = D_{вн} \sin \frac{\pi}{z} \\ t_{вн} \geq A \end{cases} \quad (1)$$

де A – розмір «під ключ», згідно з ГОСТ 13682-80 [5].

При невиконанні першої умови необхідно зменшити z та повторити розрахунок на міцність.

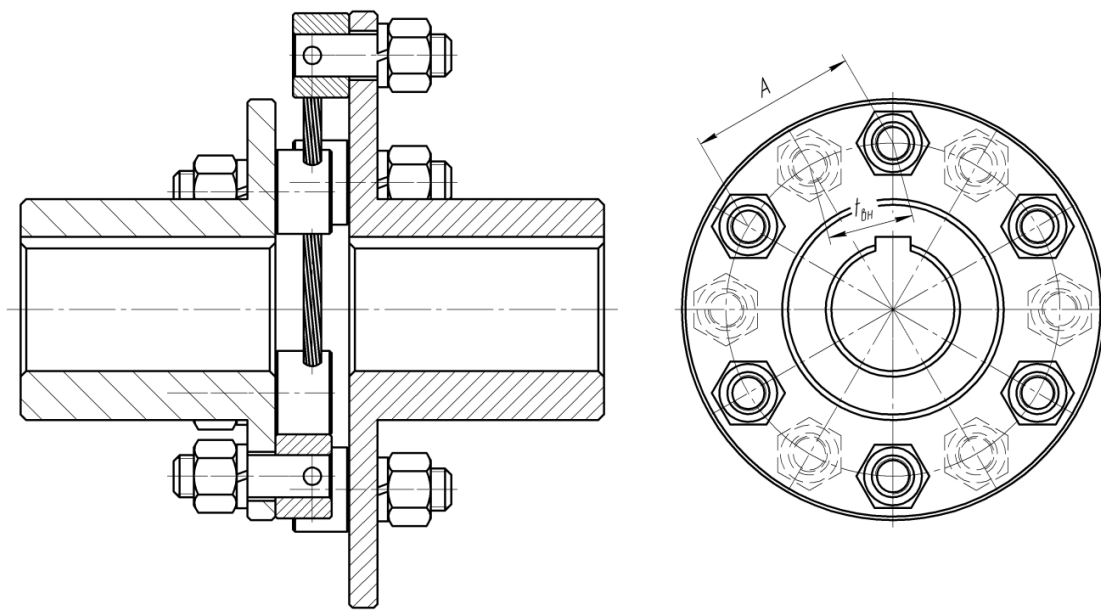


Рисунок 2 – Схема до першої умови (пунктиром показані гайки «зайвих» пальців)

2. Умова можливості «сусідства» суміжних втулок внутрішньої напівмуфти за рахунок наявності зазора κ_1 між ними (рис. 3). Умова перевіряється з метою унеможливлення їх інтерференції і перевищення кроком муфти $t_{вн}$ діаметра втулки $d_{вт}$:

$$\begin{cases} \kappa_1 = (t_{вн} - d_{вт}) \\ \kappa_1 \geq (2...4) \text{ мм} \end{cases} \quad (2)$$

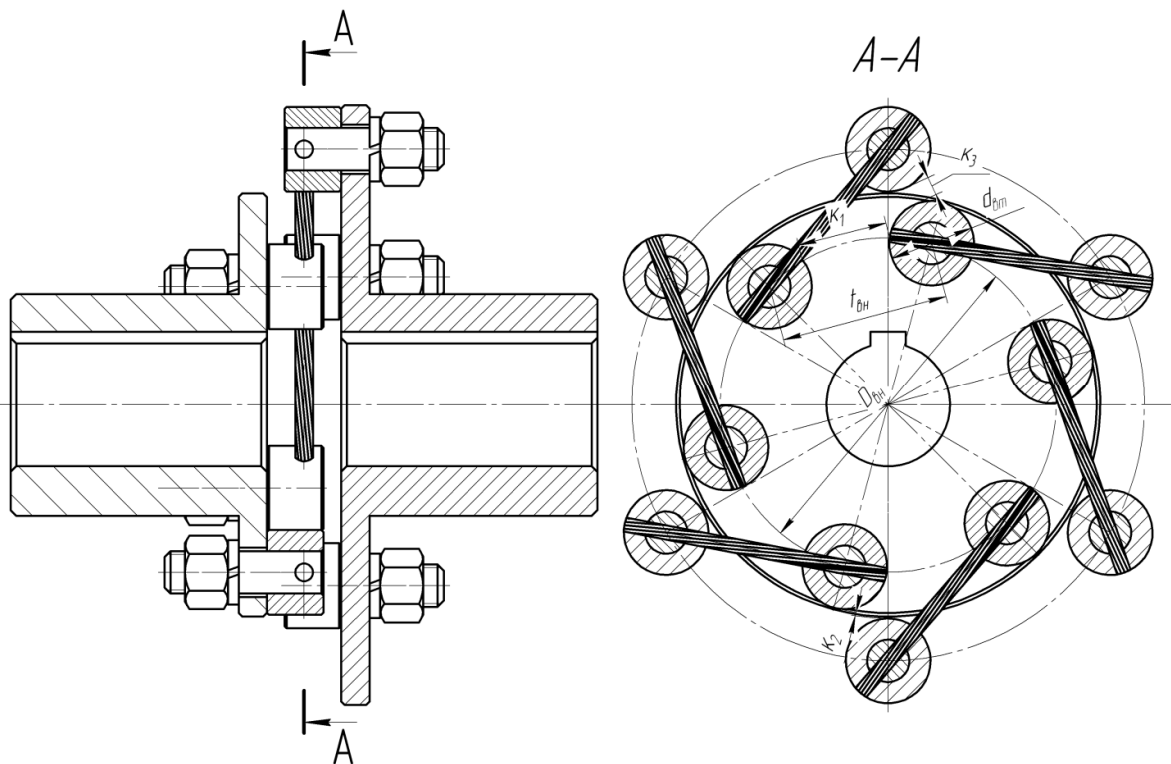


Рисунок 3 – Схема до другої, третьої та четвертої умов

При невиконанні другої умови необхідно зменшити z та повторити розрахунок на міцність.

3. Умова можливості відносного провертання напівмуфт при висмикуванні канатів за рахунок наявності зазора κ_2 між ними (рис. 3). Умова перевіряється для забезпечення безударного обертання ведучої напівмуфти відносно веденої у випадку висмикування канатів при перевантаженні для забезпечення виконання муфтою запобіжної функції, а також уникнення удару втулок при роботі муфти в умовах неспіввісності:

$$\begin{cases} \kappa_2 = 0,5(D_{зв} - D_{вн}) \\ \kappa_2 \geq (2...3)[\Delta_r] \end{cases}, \quad (3)$$

де $[\Delta_r]$ – очікувана радіальна неспіввісність, при якій працюватиме муфта.

При невиконанні третьої умови необхідно збільшити діаметр $D_{зв}$ та виконати перевіркою розрахунок міцності основних елементів.

4. Умова відсутності інтерференції втулки зовнішньої напівмуфти та суміжної втулки внутрішньої напівмуфти виконується за наявності зазора κ_3 між ними (рис. 3, рис. 4). Умова перевіряється з метою забезпечення безударної роботи муфти. Слід відзначити, що ця умова може нівелюватися попередньою і виконувати її перевірку доцільно при відсутності необхідності виконання муфтою запобіжних функцій та високих вимог до її компактності при розташуванні пальців зовнішньої напівмуфти між пальцями внутрішньої напівмуфти.

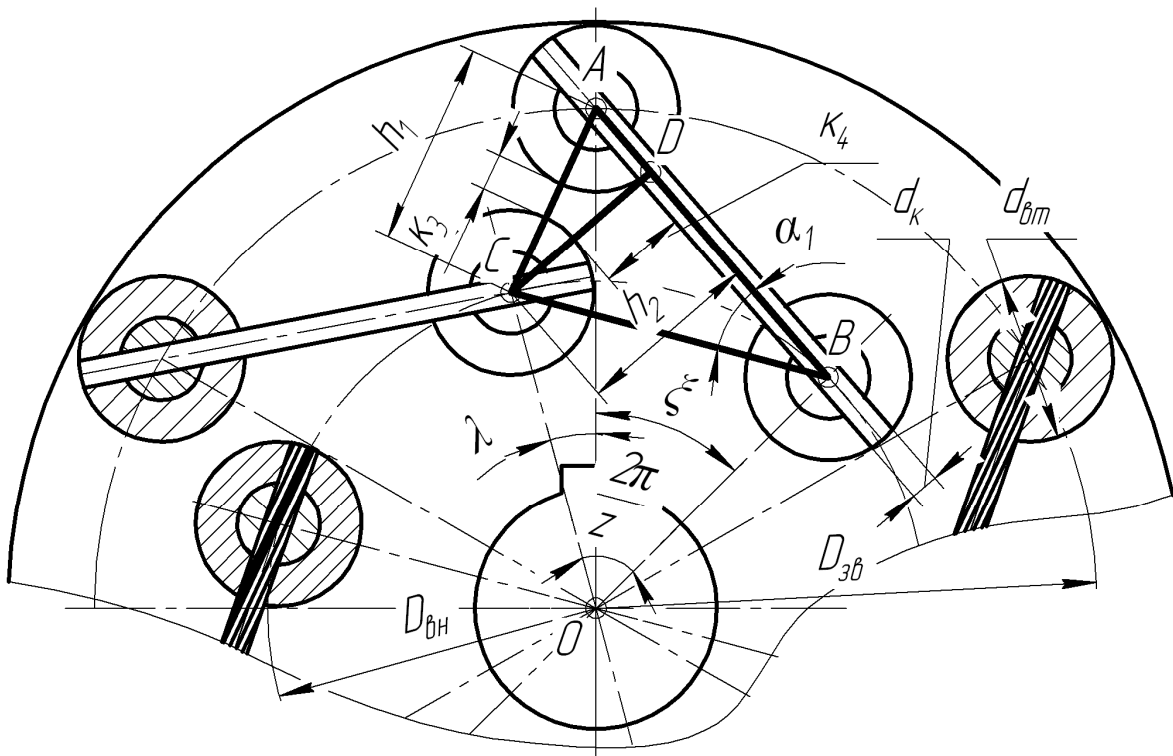


Рисунок 4 – Схема до четвертої та п'ятої умов

$$\begin{cases} \kappa_3 = h_1 - d_{\text{вн}} \\ \kappa_3 \geq [\Delta_r] \end{cases}, \quad (4)$$

де $h_1 = AC$ – відстань між центрами втулки зовнішньої напівмуфти та суміжної втулки внутрішньої напівмуфти.

Для визначення h_1 розглянемо трикутник AOC , звідки, за теоремою косинусів, врахувавши, що $OA = 0,5D_{36}$, а $OB = 0,5D_{\text{вн}}$ отримуємо:

$$\begin{aligned} AC &= \sqrt{OA^2 + OC^2 - 2OA \times OC \times \cos \lambda}, \\ h_1 &= \sqrt{0,25(D_{36}^2 + D_{\text{вн}}^2) - 0,5D_{36}D_{\text{вн}} \cos \lambda}. \end{aligned} \quad (5)$$

Центральний кут λ між центром втулки зовнішньої напівмуфти A та центром C суміжної втулки внутрішньої напівмуфти становить:

$$\lambda = \frac{2\pi}{z} - \xi. \quad (6)$$

Кутове зміщення напівмуфт ξ повинно бути відомим з початку проектування, орієнтовно $\xi = \left(\frac{2\pi}{z} \dots \frac{4\pi}{z} \right)$.

5. Умова відсутності інтерференції втулки внутрішньої напівмуфти та суміжного з нею каната виконується за наявності зазора κ_4 між ними (рис. 4). Умова перевіряється для забезпечення нормальних умов роботи канатів муфти.

$$\begin{cases} \kappa_4 = h_2 - 0,5(d_{\text{вн}} + d_{\text{к}}) \\ \kappa_4 \geq (2\dots 4)\text{мм} \end{cases}. \quad (7)$$

З трикутника ABC відстань $h_2 = CD$ можна визначити зі співвідношення:

$$h_2 = CD = CB \sin \alpha_1 = t_{\text{вн}} \sin \alpha_1. \quad (8)$$

Кут α_1 між віссю каната AB та хордою CB можна також визначити з трикутника ABC використовуючи теорему косинусів і враховуючи, що $AB = L_{\text{к}}$, $CB = t_{\text{вн}}$, $AC = h_1$:

$$\begin{aligned} AC^2 &= CB^2 + AB^2 - 2CB \times AB \times \cos \alpha_1; \\ h_1^2 &= t_{\text{вн}}^2 + L_{\text{к}}^2 - 2t_{\text{вн}}L_{\text{к}} \cos \alpha_1. \end{aligned} \quad (9)$$

Звідки отримуємо вираз:

$$\alpha_1 = \arccos \frac{t_{\text{вн}}^2 + L_{\text{к}}^2 - h_1^2}{2t_{\text{вн}}L_{\text{к}}}. \quad (10)$$

Послідовні обчислення за формулами (10) та (8) дадуть можливість перевірити п'яту умову відповідно до виразів (7). При невиконанні п'ятої умови необхідно збільшити діаметр D_{36} та (або) змінити значення кута ξ та повторити розрахунок.

Висновок. Запропоновано нову конструкцію муфти з торцевою установкою канатів тангенціального розташування удосконаленої конструкції, в якій за рахунок тангенціального розташування канатів стало можливим збільшити їх кількість. Збільшення кількості канатів в такій муфті дає можливість підвищити її навантажувальну здатність та безвідмовність. Також у цьому варіанті стає можливим знизити жорсткість та підвищити компенсуючу здатність муфти за рахунок застосування більшої кількості канатів меншого діаметра ніж у відомих конструкціях. За рахунок виконання теоретичних

досліджень встановлено основні геометричні обмеження та сформульовано п'ять умов геометричного існування муфт запропонованої конструкції: можливості затягування кріпильних елементів, можливості «сусідства» втулок внутрішньої муфти, можливості відносного обертання напівмуфт, відсутності інтерференції втулок зовнішньої та внутрішньої напівмуфт, відсутності інтерференції канатів та суміжних втулок внутрішньої напівмуфти. Отримано математичні вирази для перевірки виконання цих умов.

Напрямки подальших досліджень. Подальші дослідження слід зосередити на оптимізації її конструктивних параметрів. Наприклад, очевидно, що при збільшенні довжини каната L_k експлуатаційні показники муфти покращаться, знизиться її жорсткість та підвищиться демпфування. З огляду на це цікавою і актуальною є задача пошуку умов компоновки муфти для забезпечення максимальної довжини каната. Важливими також є задачі динаміки та обчислення зазорів між елементами при її роботі в умовах змінних навантажень та неспіввісностей. Не менший резерв для дослідження мають питання конструювання муфти та ресурсу її слабких ланок – канатів, однак найбільш впевнену відповідь на питання довговічності та браковки канатів можуть дати лише тривалі випробування натурних зразків муфт у лабораторних чи виробничих умовах.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Отчет о научно-исследовательской работе № 72025333 «Разработка и исследование демпфирующих силовых передаточных устройств с канатными связями для главного привода крана» (рук. Ивашин Б. И.). – Одесса : ОПИ, 1972. – 52 с.
2. Проценко В. О. Синтез пружно-компенсующих муфт з канатними елементами : автореферат дис. канд. техн. наук : спец. 05.02.02 – машинознавство / В. О. Проценко. – Львів, 2012. – 21 с.
3. 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.
4. Патент на корисну модель МПК F 16 D 3/70, № 63804. Пружна муфта з торцевою установкою канатів / Проценко В. О. ; патентовласник Херсонський національний технічний університет. – заявка у 201102364 від 28.02.2011, опубл. 25.10.2011, Бюл. № 20.
5. Анурьев В. И. Справочник конструктора-машиностроителя : В 3 т. / Под ред. Н. И. Жестковой. – М. : Машиностроение, 2006. – 928 с.

REFERENCES

1. Otchet o nauchno-issledovateljskoj rabote № 72025333 «Razrabotka i issledovanie dempfiruyutikh siloperedatochnihkh ustrojstv s kanatnimi svyaziyami dlya glavnogo privoda kрана» (ruk. Ivashin B. I.). – Odessa : OPI, 1972. – 52 s.
2. Protsenko V. O. Sintez pruzhno-kompensuyuchikh muft z kanatnimi elementami : avtoreferat dis. kand. tekhn. nauk: spec. 05.02.02 – mashinoznnavstvo / V. O. Protsenko. – Ljviv, 2012. – 21 s.
3. Protsenko V. O. Proektuvannya mufti z torcevoyu ustanovkoyu pryamikh kanativ / V. O. Protsenko. // Girnichy, budiveljni, dorozhni, meliorativni mashini. – K. : KNUBA. – 2011. – Vip. 77 – S. 44-50.
4. Patent na korisnu modelj MPK F 16 D 3/70, № 63804. Pruzhna mufta z torcevoyu ustanovkoyu kanativ / Protsenko V. O. ; patentovlasnik Khersonskijiy nacionalnij tekhnichnij universitet. – zayavka u 201102364 vid 28.02.2011, opubl. 25.10.2011, Byul. № 20.
5. Anurjev V. I. Spravochnik konstruktora-mashinostroitelja: V 3 t. / Pod red. N. I. Zhestkovoyj. – M. : Mashinostroenie, 2006. – 928 s.

Проценко В.А., Бабій М.В., Клементьева О.Ю. ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ СУЩЕСТВОВАНИЯ МУФТЫ С ТОРЦЕВЫМИ КАНАТАМИ ТАНГЕНЦИАЛЬНОГО РАСПОЛОЖЕНИЯ

В статье предложена новая конструкция муфты с торцевой установкой канатов тангенциального расположения. Описаны преимущества этой муфты в сравнении с существующими конструкциями. За счет выполнения теоретических исследований установлены основные геометрические ограничения и сформулированы пять условий существования муфт предложенной конструкции. Получены математические выражения для проверки выполнения установленных геометрических условий существования муфты.

Ключевые слова: муфта, канат, несоосность, компоновка.

Protsenko V.O., Babiy M.V., Klementyeva O.Yu. GEOMETRICAL CONDITIONS OF EXISTENCE OF COUPLING WITH TANGENTIAL LOCATED ROPES

The new design of coupling with tangential located ropes is proposed in the article. The advantages of this coupling compared to existing are designs. By providing theoretical researches established the basic geometric constraints and formulated five conditions for the existence of proposed design coupling. The mathematical expression for the verification of the existence of the conditions set by the geometric coupling.

Keywords: coupling, rope, misalignment, layout.

© Проценко В.О., Бабій М.В., Клементьева О.Ю.

Статтю прийнято
до редакції 06.06.15