

УДК 621.825 (075.8)

DOI: 10.15276/pidtt.2.70.2025.08

¹Малащенко В. О., ¹Кичма А. О. ²Лисяк Б. Р., ¹Предко Р. Я.

¹Національний університет „Львівська політехніка”

²Дрогобицька машинобудівельна компанія

МІЦНІСНІ ВЛАСТИВОСТІ ПІВМУФТИ ВАНТАЖНОЇ ЛЕБІДКИ ЗІ КУЛЬКОВОЮ ОБГІННОЮ МУФТОЮ

Анотація. З метою покращення роботи приводів вантажопідйомних механізмів відомі та вигідні їхні конструкції із частковою зупинкою гальмівного масивного диску тоді, коли не потрібен процес гальмування основного робочого процесу. Це приводить до деякої економії енергії для підйомних механізмів під час підйому вантажів та їхніх необхідних зупинок із необхідним гальмуванням. Таки процеси функціонування вантажних лебідок та деяких кранів є відомими із наукових закордонних робіт. Але там для з'єднання кінематичного ланцюга використовується тертя проміжних елементів, що заклинюють півмуфти. Основним недоліком таких конструкцій є можливість проковзування в кінематичних робочих парах, що приводить до зменшення надійності та строків роботи муфти. Нами розроблено нову частину привода із застосуванням кулькової обгінної муфти, що з'єднує кінематичний ланцюг за рахунок зачеплення. Проведені дослідження запропонованої муфти переконливо підтвердили те, що розроблені кулькові обгінно-запобіжні муфти можна ефективно застосовувати як пристрої для обмежування величини обертального моменту в механічних приводах машинобудування.

Ключові слова: муфти, обгінні муфти, кулькові запобіжні муфти, з'єднання приводів.

Вступ та аналіз відомих досліджень і публікацій. З'єднувально-роз'єднувальні механізми з муфтам вільного ходу постійно приділяється велика увага науково-інженерного персоналу тому, що широко застосовуються в різних областях машинознавства для передавання сталих та змінних за величиною і напрямком робочих навантажень Основними дослідженнями таких муфт є розробка нових ефективніших їх конструкцій, що покращують процес передавання робочого навантаження тільки в одному напрямку. Розроблено та запатентовано ряд кулькових обгінних муфт таких як [1...8 та інші]. На тепер відомо роботи з розробки конструкцій, принципу роботи та навантажувальної спроможності згаданих і розроблених кулькових

обгінних муфт та результати дослідження величини їх навантажень [9...12]. Відомі також дослідження терміну експлуатації та надійності цього типу муфт, а також зниження точності виготовлення і металомісткості [13...16]. Окремі дослідження нової кулькової обгінно-запобіжної муфти проведено в роботі [17], де розглянуто важливе питання, що пов'язане з ефективністю застосування нової кулькової обгінно-запобіжної муфти в механічних приводах різнотипних машин та механізмів з метою розширення функціональних їх можливостей стосовно обмеження максимального обертового моменту під час перевантажень.

Постановка задачі. Основою поставленої задачі є розробка конструкції веденої півмуфти зі встроєною кульковою обгінною муфтою, дослідження її роботоздатності та перевіркою міцнісних характеристик основних їхніх деталей.

Виклад основного змісту дослідження

На початку досліджень вибрано його об'єкт. Принципові схеми розроблених кулькових обгінно-запобіжних муфт наведена на рис.1, одна із яких і є об'єктом подальших досліджень даної статті. Таку муфту розроблено нами та її експлуатаційні можливості ретельно нами перевірено. Це дало підставу використати її конструкцію і впровадити в кінематичному ланцюгу вантажної лебідки. Тут для зміни використовується тільки ведена півмуфта муфти лебідки. Під час конструювання для розробки потрібного варіанту розглянуто ряд конструкцій з метою розробити кращу з них. Деякі із розроблених принципових схем показано на рис. 1.

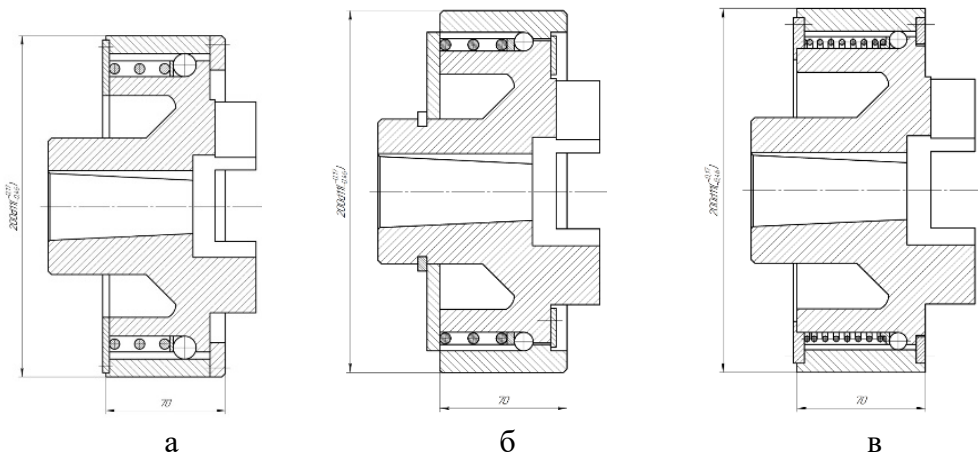


Рисунок 1 - Варіанти схем веденої півмуфти із кульковою обгінною муфтою

Особливості варіантів, що наведено на рис. 1,а,б,в достатньо видно із відповідних креслень і описувати їх немає потреби. Основною різницею розроблених варіантів є конструктивні виконання окремих

деталей та способів їх кріплення. Загальністю цих варіантів є те, що вони вмонтовані в півмуфту та виконують однотипні функції. У цьому випадку на рис. 1, в приведено використана та розрахована ведена півмуфта вантажної лебідки із встроєною в ній кульковою обгінною муфтою. Це один із можливих варіантів такий, коли кулька знаходиться у зачепленні і вся конструкція обертається та є можливість при необхідності проводити гальмування. Важливо наголосити, що тільки під час режимів роботи (це спуск вантажу, чи зупинка вантажу під час підйому та спуску) обертається вся конструкція веденої півмуфти (рис. 1, в). Важливою ознакою запропонованої конструкції є така обставина, що під час рівномірного підйманню вантажу автоматично відключається механізм гальмування. Розглянуто навантаження нової вантажної лебідки для різних робочих навантаженнях, тобто проведено силовий розрахунок привода з обгінною кульковою муфтою, що вставлена у ведену пів муфту вантажної лебідки. Для розв'язку поставленої задачі використаємо спрощену розрахункову схема привода вантажної лебідки, що наведена на рис. 2.

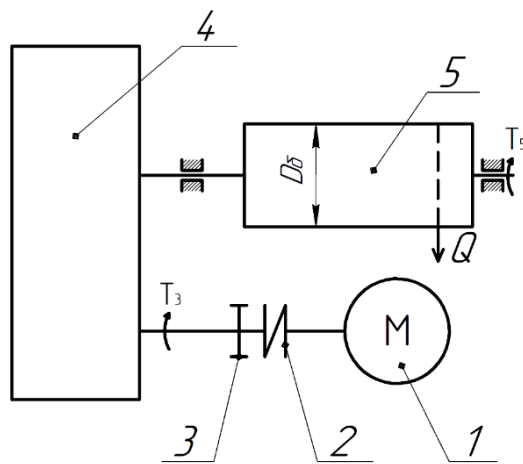


Рис 2. Розрахункова схема вантажної лебідки із кульковою обгінною муфтою: 1 – гідродвигун; 2 – муфта пружна з гумовою зірочкою; 3 – вмонтована кулькова обгінна муфта; 4 – зубчастий двоступінчастий циліндричний редуктор; 5 – вантажний барабан

В прийнятій розрахунковій схемі окремо виділено вставну частину кулькової обгінної муфти зі збереженням основних функцій лебідки. Відомо, що вантажна лебідка може знаходитися в двох основних режимах роботи. Це два основні процеси – піднімання вантажу та його опускання. Під час виконання цих основних робочих режимів навантаження можуть бути необхідними режими гальмування та утримання вантажу в потрібному його положенні. Однак, після застосування кулькової обгінної муфти гальмівний механізм

автоматично відключається при виконанні підйому корисного вантажу і також автоматично включається під час спуску корисного вантажу. Коротко можна стверджувати, що завжди гальмівний механізм вступає в дію якщо швидкість вантажного барабана стає більшою за швидкість вала двигуна. Другим важливим положенням є те, що кульки при цих випадках навантажуються корисним зусиллям, а під час рівномірного підймання вони вільно прокочуються відносно поверхні площини торців пазів веденої півмуфти. Ці особливості роботи запропонованої муфти потребують проводити силовий розрахунок тільки для кульок та контактуючих поверхонь веденої півмуфти. Вихідним параметром даного розрахунку є вантажність існуючої вантажної лебідки. Тут розглянуто силовий розрахунок для випадку, коли лебідка встановлена на крані з вантажністю з 10 т або 98100 Н. Якщо кран оснащено декількома поліспастами то на барабані лебідки максимальне навантаження зменшиться до $Q = 4000 \text{ кгм}$ або $4000 \times 9,81 = 39240 \text{ Н}$. Тоді знаючи дійсні розміри муфти можна визначити колову силу, що діє на кульки під час опускання та утримування вантажу на необхідній висоті. Під час цих процесів кульки заходять в зачеплення і є можливість при потребі проводити гальмування вантажу тому, що кульки є в зачепленні і гальмівний барабан можна гальмувати. Зрозуміло, що отриману силу приймемо за розрахункову. Будемо рахувати, що це

корисне навантаження Q створює обертальний момент T_3 по відношенню до осі обертання барабана лебідки 5, що дорівнює:

$$T_5 = Q \frac{D_6}{2} = 39240 \cdot \frac{0,35}{2} = 6867 \text{ Н.м}$$

де $D_6 = 0,35 \text{ м}$ – діаметр барабана лебідки.

Знаючи величину обертального моменту T_5 та кінематичну схему, можна визначити обертальні моменти всіх елементів кінематичної схеми рис. 2. Тоді обертальний момент на валу муфти дорівнює

$$T_3 = \frac{T_5}{u_4 \cdot \eta_5^2 \cdot \eta_4^2 \cdot \eta_{op}^3} = \frac{T_5}{u_4 \cdot \eta} = \frac{6867}{31,17 \cdot 0,893} = 246,7 \text{ Н.м}$$

де $u_4 = 31,17$ – передаточне відношення двоступеневого циліндричного редуктора 4 (рис. 2);

η_5 – коефіцієнт корисної дії опор барабану 5 (двох підшипників кочення)

$$\eta_5 = 0,99^2 = 0,980;$$

η_4 – коефіцієнт корисної дії двоступеневого редуктора (зубчастого зачеплення)

$$\eta_4 = 0,97^2 = 0,940;$$

η_{op} – коефіцієнт корисної дії опор редуктора

$$\eta_{op} = 0,99^3 = 0,970$$

Тоді загальний коефіцієнт корисної дії всієї лебідки дорівнює

$$\eta = \eta_5 \cdot \eta_4 \cdot \eta_{op} = 0,980 \cdot 0,940 \cdot 0,970 = 0,893$$

Тепер, знаючи дійсні розміри муфти та певний кінематичний ланцюг привода, можна визначити колову силу, що діє на кульки під час опускання та утримування вантажу на необхідній висоті тому, що це найбільш навантажені режими функціонування привада. Підчас цих процесів кульки заходять в зачеплення і є можливість при потребі проводити гальмування вантажу при будь-якому його положенні. Для визначення потрібної сили F_t використовуємо обертальний момент $T_3 = 246,7$ Н.м та діаметр кола центрів кульок $d = 165,68$ мм.

Із розрахункової схеми маємо загальну колову силу F та F_1 та колову силу, що діє на одну кульку

$$F = 2978 \text{ Н} \quad i \quad F_1 = 248,2 \text{ Н}.$$

На практиці рівномірного розподілення навантаження отримати не завжди можливо. Це головним чином внаслідок існуючих допусків на виготовлення та інших чинників. Тому приймаємо $K_p=1,3$ коефіцієнт нерівномірності навантаження. Тоді розрахункове навантаження та напруження на кожну кульку дорівнює

$$F_p = K_p \times F_1 = 322,6 \text{ Н}; \quad \sigma_{зм} = F_p/A = 2,262 \text{ Н/мм}^2.$$

Висновки

Отримана величина робочого напруження зминання $\sigma_{зм} = 2,262$ Н/мм² є суттєво меншою за допустиме напруження, яке для матеріалу півмуфт може змінюватися в межах 80-100 Н/мм², що повністю підтверджує роботоздатність запроєктованої кулькової обгінної муфти.

Слід наголосити, що подібний розрахунок міцності на напруження зминання проведено для рівномірного робочого навантаження, однак міцність поверхонь дотику кульок та півмуфт забезпечено і на випадок можливих їхніх суттєвих перевантажень.

Список використаних джерел

1. А.С. № 1423838, № 1423839 БИ № 34, 1988; № 1691623, БИ № 42, 1991; № 1691624, БИ № 42, 1991. Обгонная муфта. Малащенко В.А., Калинин С.Г., Петренко. П.Я.
2. А.С. № 1698520, БИ № 42, 1991. Обгонная муфта. Малащенко В.А., Рябов В.Г.
3. ДСТУ 2278 – 93. Муфти механічні. Терміни на визначення.
4. Кравець І.Є., Малащенко В.В., Сороківський О.І. Силова взаємодія між елементами кулькових муфт вільного ходу// Оптимізація виробничих процесів і технічний контроль у машинобудуванні і приладобудуванні: Вісник НУ «Львівська політехніка». – 2003, № 480. – С.73 - 76.
5. Малащенко В.О., Гащук П.М., Сороківський О.І., Малащенко В.В. Монографія. Кулькові механізми вільного ходу. – Львів: Новий Світ – 2000, 2012. – 212 с.
6. Малащенко В.О. Муфти приводів. Конструкції та приклади розрахунків. – Львів. НУ ЛП, 2006. – 196 с. і 2009. – 216с. (2-е видання).
7. Malascenko V. Sorokivskij O. The selektion of Parametrns of a Coaster Ball Clutch and Rekommodation for its Konstruktion. Transaktions of the Universies of Kosise. - 2002. - № 2. – С. 1 – 6.
8. Обгінна муфта. Патент України № 56483 А. Бюл. № 5, 2003 / В.О. Малащенко, Г. П. Куновський, І.Є. Кравець, О.І. Сороківський.
9. Protsenko, V.; Malashchenko, V.; Kłysz, S.; Nastasenko, V.; Babi, M.V.; Avramenko, O. Load capacity and design parameters of ball-type safety-overrunning clutch with inclined grooves sides. Diagnostyka 2022, 23, 2022403.
10. Борис А.О. Патент України № 126111. "Обгінно-запобіжна муфта". Держ. реєстр від 11.06.2018.
11. Malaščenko V. Sorokivskij O. The selection of Parameters of a Coaster Ball Clutch and Recommendation for its Construction. Transactions of the Universities of Koši-se. – 2002. –№2. – С. 1–6.
12. Малащенко В.О., Кравець І.Є., Сороківський О.І. Силова взаємодія між елементами кулькових муфт вільного ходу / Вісник НУ “Львівська політехніка” – 2003. – № 480. – С. 73–76.
13. Обгінна муфта. Патент України: № 53354 А. Бюл. № 1 і № 56483 А. Бюл. № 5, 2003 / В.О. Малащенко, Г.П. Куновський, І.Є. Кравець, О.І. Сороківський.

STRENGTH PROPERTIES OF THE HALF-COUPLING OF A CARGO WINCH WITH A BALL OVERRUNNING COUPLING

¹Malashchenko V. O., ¹Kichma A. O., ²Lysiak B. R., ¹Predko R. Ya.

¹National University "Lviv Polytechnic"

²Drohobytsk machine-building company

Abstract. *In order to improve the operation of the drives of the lifting mechanisms, their designs with a partial stop of the brake massive disk when the braking process of the main work process is not required are known and profitable. This leads to some energy savings for the lifting mechanisms during the lifting of loads and their necessary stops with the necessary braking. Such processes of operation of cargo winches and some cranes are known from scientific works abroad. But there, the friction of the intermediate elements that jam the half-couplings is used to connect the kinematic chain. The main disadvantage of such structures is the possibility of slipping in kinematic working pairs, which leads to a decrease in the reliability and service life of the coupling. We have developed a new part of the drive with the use of a ball overrunning clutch that connects the kinematic chain due to engagement. The conducted studies of the proposed clutch convincingly confirmed that the developed ball overrunning safety clutches can be effectively used as devices for limiting the magnitude of the rotational moment in mechanical drives of machine building.*

Key words: *couplings, bypass couplings, safety ball couplings, connection of drives.*