

УДК 621.873

Аналіз переваг дискових гальм вантажопіднімальних кранів у порівнянні з колодковими гальмами

Карпенко Б.В., Неженцев О.Б.

Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського"

Проаналізовано сучасні конструкції дискових гальм, призначених для гальмування механізмів вантажопіднімальних кранів. Розглянуто переваги та недоліки однодискових, багатодискових та дисково-колодкових гальм. Дано рекомендації для їх запровадження в механізмах вантажопіднімальних кранів. Для механізмів пересування вантажопіднімальних кранів мостового типу та вантажних візків найбільш доцільно використовувати дисково-колодкові гальма, які при відповідному налаштуванні дозволяють підвищити надійність та знизити динамічні навантаження на елементи приводів і металоконструкції кранів, а також зменшити розгойдування вантажів.

Ключові слова: вантажопіднімальні крани; механізми; дискові гальма; аналіз конструкцій гальм; ефективність гальмування

В більшості механізмів вантажопіднімальних кранів використовуються автоматичні колодкові гальма, які мають наступні недоліки: нерівномірність стирання фрикційних поверхонь гальмівних накладок, що призводить до погіршення плавності гальмування; радіально діючі на вал сили; неоднотимного спрацювання гальм в механізмах пересування крана з роздільним приводом.

Для вирішення задачі нерівномірності стирання колодок раціонально використовувати дискові гальма, оскільки вони мають рівномірний розподіл тиску по всій фрикційній поверхні. В дискових гальмах відсутні радіально діючі на вал сили, а осьові сили не сприймаються валом і підшипниками механізмів. До переваг дискових гальм також слід віднести можливість створювати великі гальмівні моменти за рахунок збільшення кількості дисків при відносно малих габаритах.

Для вибору найбільш ефективних конструкцій дискових гальм було проведено патентний та літературний пошук, за результатами аналізу якого отримано такі результати.

Дискові гальма поділяють на наступні типи: однодискові; багатодискові без підсилення; багатодискові з підсиленням; автоматичні, які замикаються під дією ваги транспортованого вантажу (вантажостійки); дисково-колодкові [1, 2].

Наприклад, відоме дискове гальмо [3], яке містить важільні механізми навантаження, систему керування, гальмівний диск, гальмівні колодки, які конструктивно поділені на сектори, що зв'язані між собою кінематично, та на яких закріплені гальмівні накладки. Вказане дискове гальмо має недолік, який полягає в тому, що під впливом силової взаємодії гальмівних накладок гальмівний диск нерівномірно зношується та його робоча поверхня починає мати геометричні відмінності від площини, яку гальмівний диск мав на початку експлуатації. Це обумовлює зниження трибологічних характеристик дискового гальма під час припрацювання (на макрорівні) нової гальмівної колодки. В цей період буде спостерігатись інтенсивне зношування фрикційного матеріалу накладки.

Заслуговує на увагу технічне рішення дискового гальма [4], в основу якого поставлена задача виключення, при експлуатації дискового гальма, циклу припрацювання робочих поверхонь гальмівних накладок і гальмівного диску на макрорівні, та поліпшення, завдяки цьому, трибологічних характеристик гальмування та підвищення безпеки руху машини.

Суть конструкції дискового гальма [4] пояснюється схемами на рис. 1, де зображено гальмівний диск 1, який взаємодіє з гальмівними колодками 3, які мають між собою механічне з'єднання 2 та систему керування. Гальмівні колодки 3 виконані як тіла обертання, які мають зв'язок з механізмом навантаження через підшипник 4. При цьому діаметр гальмівної накладки не може бути менше, ніж відстань між зовнішнім та внутрішнім краями робочої поверхні гальмівного диску (рис. 1):

$$D \geq L,$$

де D – діаметр гальмівної накладки; L – відстань між зовнішнім та внутрішнім краями робочої поверхні гальмівного диску.

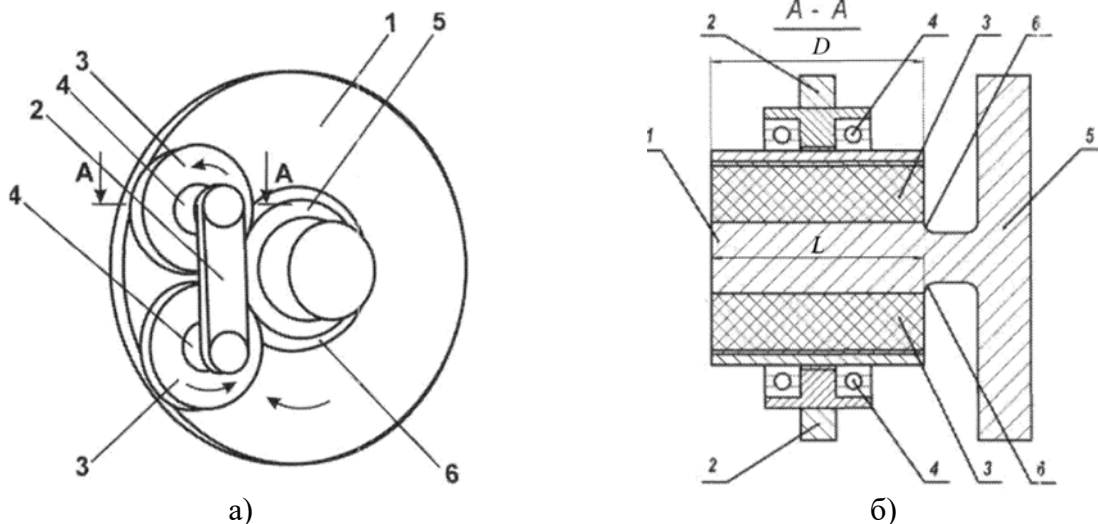


Рис. 1. Дискове гальмо

Завдяки тому, що сили тертя, які виникають при силовій взаємодії гальмівного диска 1 та колодки 3 з накладкою, нерівномірно розподіляються по площині контакту, гальмівна колодка 3 починає обертатись навколо своєї осі. Таке обертання забезпечує рівномірне зношування робочої поверхні гальмівного диска 1. На гальмівних дисках, де відсутня вентиляція, для геометричного оформлення його робочої поверхні, виконується гальтель 6, яка відокремлює внутрішню грань робочої поверхні гальмівного диска та маточину 5.

Реалізація такої конструкції дискового гальма дозволяє вирішити поставлену задачу. А саме, при заміні гальмівної колодки, виключається стадія припрацювання гальмівних накладок на макрорівні, бо робоча поверхня гальмівного диску весь час має вигляд площини, так як і робоча поверхня гальмівної накладки. Завдяки цьому, досягаються стабільні трибологічні характеристики гальмування та підвищення безпеки руху машини, у зв'язку з тим, що при заміні гальмівної колодки, з самого початку забезпечується висока щільність контакту гальмівної колодки з гальмівним диском.

Дискове гальмо працює таким чином. При гальмуванні, колодки 3 притискаються до гальмівного диска 1. В області їх контакту виникають сили тертя. У зв'язку з тим, що швидкість точок, на поверхні гальмівного диска, на різних його діаметрах буде різною, то виникає крутний момент, який змушує гальмівні колодки 3 обертатись навколо своєї осі на підшипнику 4. У підсумку поверхня гальмівного диска 1 рівномірно зношується та приймає форму площини, що виключає необхідність припрацювання нової гальмівної колодки.

Разом з тим, недоліком розглянутих однодискових гальм є термічні деформації взаємодіючих поверхонь, що виникають під впливом значних температурних навантажень у зоні тертя під час гальмування. Внаслідок цього спостерігається нерівномірне прилягання зношеної частини колодки до поверхні диска, що впливає на зниження контурної площі контакту, яка є основним показником при визначенні коефіцієнту тертя.

Для подоланням зазначеного недоліку використовуються дискові гальма [5] закритого типу, в яких на валу колеса за допомогою шліцьового з'єднання встановлено кілька гальмових дисків, що переміщуються по шліцах за напрямком їх осі обертання до повного притискання один до одного. А гальмові колодки закріплено в чотирьох супортах, встановлених симетрично з обох боків гальмових дисків. Таке конструктивне рішення значно збільшить контурну площу контакту робочих поверхонь гальма за рахунок збільшення загальної площі контакту фрикційних елементів, що збільшить термін експлуатації гальма.

Суть багатодискового гальма [5] закритого типу пояснюється схемою на рис. 2. Дискове гальмо містить гальмовий гідропривід, який складається з головного гальмового циліндру 1 та робочого контуру 2, і гальмові механізми, які включають супорти 3, на яких встановлені гальмівні колодки 4, та гальмівні диски 5, що кріпляться на осі колеса машини 6 за допомогою шліців 7. Закритий тип конструкції гальма забезпечується ковпаками 8, герметично прикріпленими до внутрішнього ободу колеса 9.

Дискове гальмо [5] функціонує наступним чином. При натисканні на поршень головного гальмового циліндру 1 тиск, що утворюється, за допомогою робочого контуру 2 передається до супортів 3, на яких закріплені гальмові колодки 4. Поршні супортів 3 притискають гальмові колодки 4 до пакету гальмових дисків 5, які встановлені на осі колеса 6 за допомогою шліців 7, що дозволяє дискам 5 рухатися вздовж осі обертання до притискання один до одного, що утворює гальмівний момент, який розподіляється поміж дисків 5.

В процесі гальмування колодки 4 та гальмові диски 5 інтенсивно нагріваються до високих температур, що є причиною деформацій робочих елементів дискового гальма, внаслідок чого зменшується контурна площа контакту гальмових колодок 4 та гальмового диску 5 і, як наслідок, зменшується коефіцієнт тертя. Завдяки тому, що у дисковому гальмі використовується кілька гальмових дисків і, як мінімум, чотири супорти 3 з встановленими на них гальмівними колодками 4, значно зменшується деформація робочих фрикційних елементів і, як наслідок, значно збільшується величина контурної площі контакту, яка позитивно впливає на коефіцієнт тертя та інтенсивність зношування.

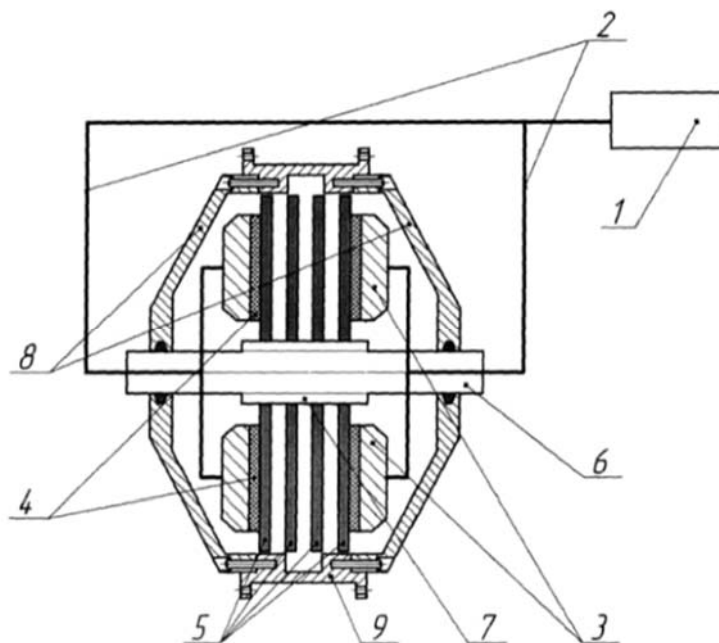


Рис. 2. Багатодискове гальмо

Для підвищення ефективності охолодження гальмівних дисків пропонується дисково-колодкове гальмо з інтенсивним охолодженням за рахунок збільшення часу примусового тепловідведення від поверхонь гальмівних дисків [6]. Поставлена задача вирішується тим, що дисково-колодкове гальмо містить (див. рис. 3): два робочі гальмівні диски 1 і 2 із забірними отворами 3 і випускними отворами 4 для проходження атмосферного повітря. Диски встановлені на валу 5 та з'єднані між собою шпильками 6 з болтами 7, гальмівні колодки 8 і 9 з фрикційними накладками 10 і 11, крильчатку 12, посаджену на підшипник кочення 13.

Дисково-колодкове гальмо працює наступним чином. При русі машини відбувається процес обертання робочих гальмівних дисків 1 і 2 (рис. 3), встановлених на валу 5, а також обертання за рахунок відцентрових сил крильчатки 12, посадженої на підшипник кочення 13. При цьому через забірні отвори 3 гальмівних дисків 1 і 2 атмосферне повітря надходить до порожнини між внутрішніми поверхнями гальмівних дисків 1 і 2 та попадає на крильчатку 12, за рахунок якої здійснюється "омивання" внутрішніх поверхонь дисків 1 і 2, що призводить до їх охолодження та стабілізації коефіцієнта тертя. Атмосферне повітря виводиться до навколишнього середовища через випускні отвори 4 в робочих гальмівних дисках та через проміжки між з'єднувальними шпильками 6 з болтами 7.

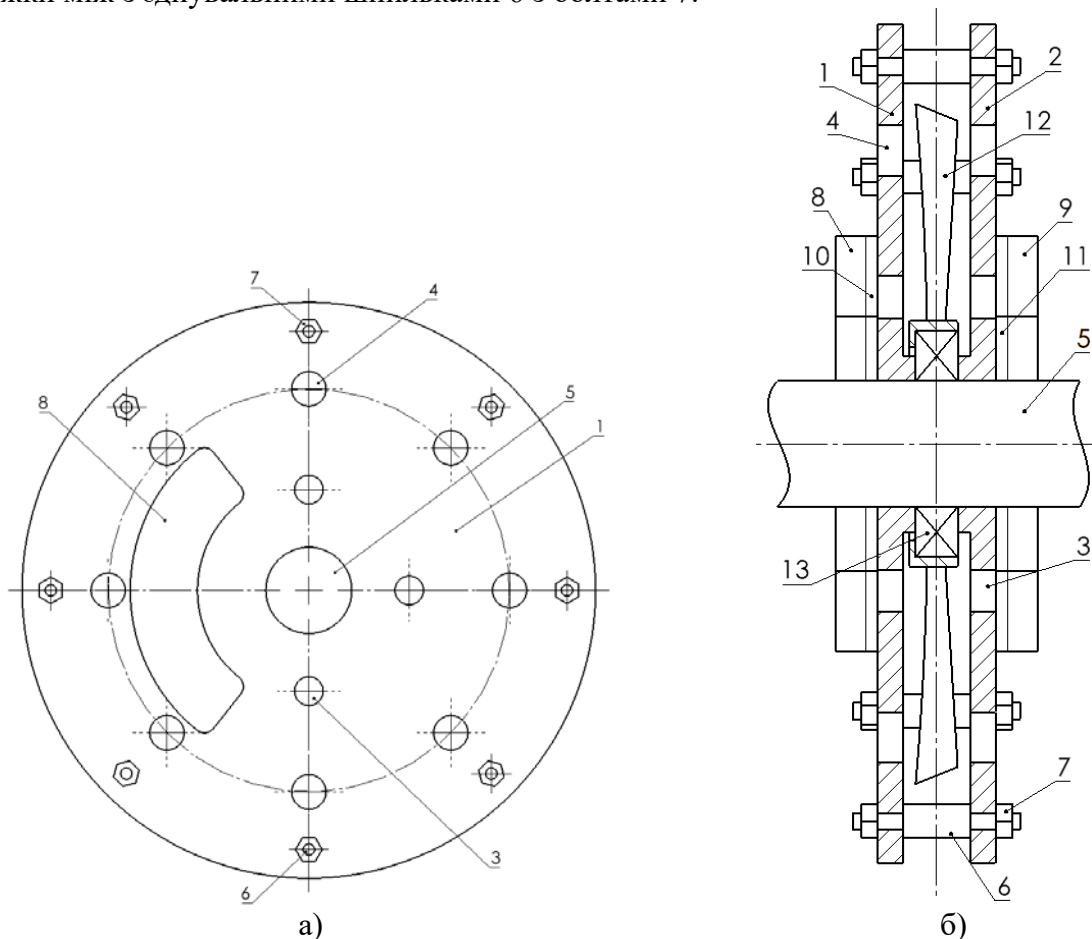


Рис. 3. Дисково-колодкове гальмо

В процесі гальмування машини дисково-колодковим гальмом, який розпочинається після того, як під впливом притискних нормальних зусиль гальмівні колодки 8 і 9 з фрикційними накладками 10 і 11 вступають у фрикційний контакт з зовнішніми поверхнями робочих гальмівних дисків 1 і 2, атмосферне повітря продовжує надходити до порожнини між внутрішніми поверхнями дисків 1 і 2 та на крильчатку 12, що обертається на підшипнику кочення 13, та продовжує здійснювати "омивання" внутрішніх поверхонь гальмівних дисків 1

і 2, що призводить до охолодження. Процес тепловідведення від внутрішніх поверхонь гальмівних дисків 1 і 2 буде продовжуватися і після зупинки машини через те, що крильчатка 12 буде продовжувати обертатися на підшипнику кочення 13 за рахунок сили інерції до того часу, поки швидкість її обертання не стане рівною нулю. Це дозволяє збільшити час примусового тепловідведення від внутрішніх поверхонь гальмівних дисків 1 і 2.

Запропоноване технічне рішення дозволяє істотно інтенсифікувати процес примусового охолодження гальмівних дисків і підвищити ресурс пар тертя дисково-колодкового гальма.

Для механізмів пересування вантажопіднімальних кранів найбільш доцільно використовувати дисково-колодкові гальма, які при відповідному налаштуванні дозволяють підвищити надійність та знизити динамічні навантаження на елементи кранів.

Список літератури

1. Воляннюк В.О. Підйомно-транспортні машини (системи): конспект лекцій Ч.1 / В.О. Воляннюк. – К.: КНУБА, 2019. – 144 с.
2. Баладінський В.Л. Пристрої та механізми вантажопідйомних машин: навч. посібник / В.Л. Баладінський, І.В. Русан, О.М. Гаркавенко, О.Ю. Вольтерс. – К.: КНУБА, 2005. – 132 с.
3. Пат. 99995 України, МПК В60Т 1/00. Дискове гальмо, опубл. 25.06.2015, Бюл. №12
4. Пат. 121627 У України, МПК F16D 49/00. Дискове гальмо / Заявл. 22.06.2017, опубл. 11.12.2017, Бюл. №23.
5. Пат. 141635 У України, МПК F16D 55/00. Багатодискове гальмо закритого типу / Заявл. 17.07.2019, опубл. 27.04.2020, Бюл. №8.
6. Пат. 153095 У України, МПК F16D 55/00, В66D 5/14. Дисково-колодкове гальмо / Заявл. 23.12.2022, опубл. 17.05.2023, Бюл. №20.

Analysis of the advantages of disc brakes for lift cranes in comparison with shoe brakes

Karpenko Bohdan, Nyezhentsev Oleksiy

Modern designs of disc brakes intended for braking mechanisms of cranes are analyzed. The advantages and disadvantages of single-disc, multi-disc, and disc-pad brakes are considered. Recommendations are given for their implementation in crane mechanisms. For the movement mechanisms of overhead cranes and cargo trolleys, it is most advisable to use disc-pad brakes, which, when properly adjusted, allow for increased reliability and reduced dynamic loads on drive elements and metal structures of cranes, as well as reduced swinging of cargo.

Keywords: cranes; mechanisms; disc brakes; brakes design analysis; braking efficiency