

УДК 622.242.5 (043)

ПОКРАЩЕННЯ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ СТРІЧКОВО-КОЛОДКОВИХ ГАЛЬМ БУРОВИХ ЛЕБІДОК З РУХОМИМИ ФРИКЦІЙНИМИ НАКЛАДКАМИ

Д.О.Вольченко

ІФНТУНГ, 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15, тел. (03422) 42353
e-mail: public@nung.edu.ua

Рассматривается конструкция ленточно-колодочного тормоза с подвижными накладками и закономерности изменения в ней конструктивных и эксплуатационных параметров, и пути повышения работоспособности внешних и внутренних фрикционных узлов. Впервые применительно к парам трения введены понятия «прямая» и «обратная» пара трения, а также статический и динамический коэффициенты взаимного перекрытия прямых и обратных пар трения. Приведено обоснование процессов, имеющих место на поверхностях прямых и обратных пар трения и показано их влияние на работоспособность тормоза.

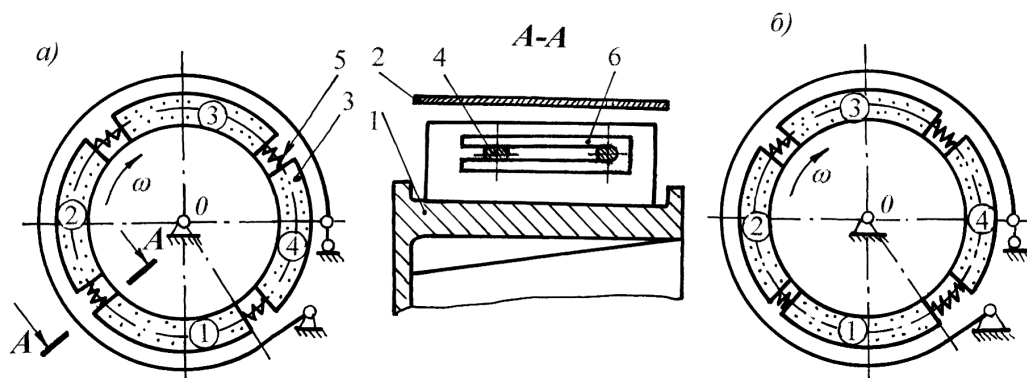
The construction of band-shoe brake with mobile shoes and changing rules of construction and operation parameters and ways for increasing efficiency of outside and inside friction units are shown. For the first time terms "direct" and "reverse" friction pair and mutual covering coefficients for direct and reverse friction pairs coestatical and dynamical are applied to fricton pairs. Substantiation of processes exists on direct and revers friction pairs surfaces are bring up and their influence on brake efficiency is shown.

Вирішення важливої для України проблеми забезпечення паливно-енергетичного комплексу енергоресурсами вимагає прискорення темпів проходки свердловин із застосуванням нових та удосконалених конструкцій нафтогазового обладнання, яке відповідало б регламентованим нормам його експлуатаційної надійності. Надійність та ефективність бурової установки значною мірою залежить від правильного вибору конструктивних та експлуатаційних параметрів фрикційних вузлів стрічково-колодкового гальма.

У роботі [1] була запропонована розробка і аналіз конструкцій різних типів фрикційних вузлів стрічково-колодкових гальм бурових лебідок. Одним з таких гальм є гальмо з рухомими фрикційними накладками. Нагадаємо про його конструктивні особливості.

На рис. 1 зображена схема стрічково-колодкового гальма з рухомими фрикційними накладками, встановленими зі сталим (а) і змінним (б) кроками (бандаж складений з чотирьох накладок).

У гальмі накладки 3 з'єднані між собою пружинами 5 у гнучке кільце – бандаж, який з натягом посаджений на робочу поверхню гальмівного шківів 1. При цьому утворюються зовнішні і внутрішні фрикційні вузли. У зв'язку з цим розрізняють наступні стадії гальмування: початкову (І), коли внутрішня поверхня гальмівної стрічки 2 взаємодіє із зовнішньою поверхнею накладок 3, нерухомих відносно шківів 1; проміжну (ІІ), коли робота тертя виконується зовнішніми і внутрішніми поверхнями накладок 3, що рухаються відносно шківів 1 та стрічки 2. Під час цієї стадії навантаження перено-



1 – гальмівний шків; 2 – гальмівна стрічка; 3 – фрикційні накладки; 4 – кільцеві циліндричні стрижні; 5 – циліндричні пружини; 6 – стопорна планка

Рисунок 1 — Схема модельного стрічково-колодкового гальма з рухомими фрикційними накладками, встановленими зі сталим (а) і змінним (б) кроками (бандаж складений з чотирьох накладок)

ситься від зовнішніх до внутрішніх фрикційних вузлів гальма, вона є перехідною і триває вельми малий проміжок часу; і кінцеву (III), протягом якої відбувається взаємодія внутрішніх поверхонь нерухомих накладок 3 з робочою поверхнею гальмівного шківів 1. Саме під час третьої стадії гальмо виконує свою основну роботу.

Однак у роботах [2, 3] не приділена увага прямим та зворотнім парам тертя, які використані в даному виді гальма, та не проілюстровані закономірності зміни коефіцієнта взаємного перекриття їхніх пар тертя.

У процесі розробки нових конструкцій гальмівних вузлів немалу роль відіграє правильний вибір величини коефіцієнта взаємного перекриття зовнішніх і внутрішніх фрикційних вузлів стрічково-колодкового гальма з рухомими накладками.

Дві поверхні однієї фрикційної накладки, зовнішня поверхня якої є рухомою під час взаємодії із внутрішньою поверхнею гальмівної стрічки (на першій стадії гальмування має місце змінний коефіцієнт взаємного перекриття) зі збільшенням сили затягування гальмівної стрічки. Коефіцієнт взаємного перекриття зовнішніх пар тертя весь час збільшується і досягає свого максимального значення до завершення першої стадії гальмування. Після чого залишається сталим навіть за подальшого збільшення сили затягування гальмівної стрічки. На третій стадії гальмування відбувається взаємодія кванерухомих внутрішніх поверхонь накладок 3 з рухомою робочою поверхнею гальмівного шківів. При цьому коефіцієнт взаємного перекриття збільшується до тих пір, поки не відбудеться зрив натягу між внутрішньою поверхнею останньої накладки бандажа і шківом. У подальшому коефіцієнт взаємного перекриття внутрішніх пар тертя фрикційних вузлів є сталим до завершення третьої стадії гальмування. У зв'язку з тим, що фрикційні вузли стрічково-колодкового гальма з рухомими накладками працюють по чергово, тобто спочатку зовнішні, а потім внутрішні, а також для чіткого розуміння стадій гальмування введемо поняття "статичний" і "динамічний" коефіцієнти взаємного перекриття для їхніх пар тертя.

Отже, на першій стадії гальмування динамічний коефіцієнт взаємного перекриття зовнішніх фрикційних вузлів (рис. 2, пряма 1, а) є величиною змінною в часі, а статичний коефіцієнт взаємного перекриття внутрішніх фрикційних вузлів (рис. 2, пряма 2, б) – є сталим у часі. На третій стадії гальмування статичний коефіцієнт взаємного перекриття зовнішніх фрикційних вузлів (рис. 2, пряма 1, в) є величиною сталою в часі, а динамічний коефіцієнт взаємного перекриття внутрішніх фрикційних вузлів (рис. 2, пряма 2, б) – величина змінна в часі до тих пір, поки не відбудеться зриву натягу останньої накладки бандажа. Після чого динамічний коефіцієнт взаємного перекриття внутрішніх фрикційних вузлів стає статичним (рис. 2, пряма 2, г) і тримається сталим у часі до завершення третьої стадії гальмування. На

рис. 2 штриховими лініями зображено можливі зміни статичних і динамічних коефіцієнтів взаємного перекриття зовнішніх і внутрішніх пар тертя в часі на першій і третій стадії гальмування.

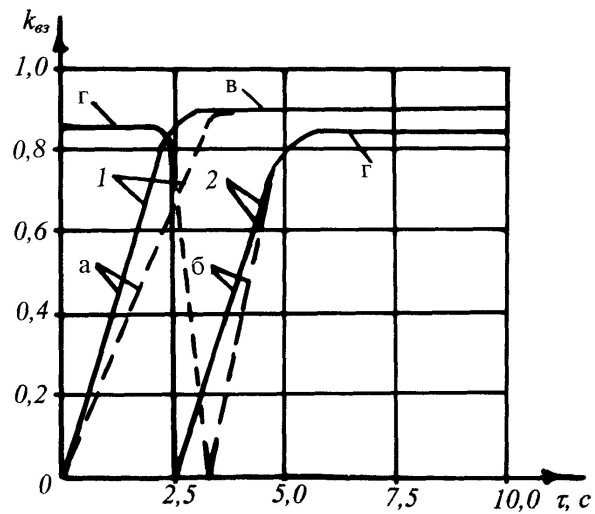


Рисунок 2 — Залежності динамічного (а, б) і статичного (в, г) коефіцієнтів взаємного перекриття зовнішніх (1) і внутрішніх (2) пар тертя фрикційних вузлів нетрадиційного гальма на першій і третій стадіях гальмування

Динаміка процесу гальмування нерозривно пов'язана з фрикційними властивостями матеріалів прямих (внутрішніх) і зворотних (зовнішніх) пар тертя, які у свою чергу залежать від швидкісного, навантажувального і температурного режимів на фрикційних контактах, а також впливу навколишнього середовища.

Вплив цих факторів на коефіцієнт тертя для різних матеріалів здійснюється по-різному. Це пов'язано з фізико-механічними властивостями матеріалів, характером і інтенсивністю процесів, що відбуваються на фрикційних контактах і в об'ємах матеріалів.

У зв'язку з цим під час нестационарного процесу тертя, яким є гальмування, зміна всіх параметрів процесу в часі взаємопов'язані і взаємозумовлені. Інакше кажучи, зміна швидкості, питомих навантажень, гальмівного моменту, поверхневої температури під час гальмування взаємопов'язані і залежать від фрикційних, механічних, теплофізичних властивостей матеріалів пар тертя, конструкції пар третя фрикційних вузлів і режиму експлуатації гальма.

Цей взаємозв'язок легко показати. Так, зміна швидкості ковзання під час гальмування залежить від потужності тертя, тобто від зміни питомих навантажень, швидкості і коефіцієнта тертя (сили тертя), зміни потужності тертя (теплогового потоку), що визначають температуру на фрикційному контакті, що у свою чергу викликає зміну силу тертя, і у кінцевому випадку впливає на зміну швидкості ковзання.

У стрічково-колодкових гальмах з рухомими фрикційними накладками (підпружине-

ними і невідприжуненими) розрізняють прямі (внутрішні) і зворотні (зовнішні) пари тертя. Прямі пари тертя в даному гальмі мають місце на третій стадії гальмування, коли відбувається взаємодія поверхні гальмівного шківа, який обертається, з рухомими накладками, затисненими гальмівною стрічкою. При цьому можлива інтенсивна пластична деформація внутрішніх поверхонь фрикційних накладок, виготовлених з м'яких фрикційних матеріалів, що призводить до збільшення номінальної і фактичної площі контакту. Це зумовлює менш вигідні умови тертя, ніж у випадку зворотних пар. Останні мають місце на першій стадії гальмування, коли відбувається взаємодія рухомих зовнішніх поверхонь фрикційних накладок із зовнішньою поверхнею нерухомої гальмівної стрічки.

Слід зауважити, що зношування поверхонь тертя у зворотних парах тертя є меншим, ніж у прямих. Пояснюється ця обставина різною тривалістю взаємодії зворотних і прямих пар тертя гальма на стадіях гальмування, а також мікронерівностями в парах тертя "стрічка-накладка" і "накладка-шків".

У зв'язку з тим, що фрикційні накладки знаходяться на поверхні шківа, то фрикційне розігрівання поверхневих шарів їх матеріалу в прямих парах тертя нетрадиційного гальма може призвести до пом'якшення, розплющування і оплавлення мікронерівностей в контакт, і відповідно до збільшення розміру і кількості плям контакту та фактичної площі контакту в умовах суттєвого перевищення темпу генерування теплоти на поверхнях тертя над темпом відведення теплоти в об'єм гальмівного шківа.

Якщо прийняти припущення про малі розміри фактичної площі контакту (A_2) порівняно з номінальною, а також про відсутність взаємного впливу окремих фактичних плям контакту, то пряма пара тертя перестає відповідати реальній ситуації тертя. При цьому необхідно мати на увазі, що для різних матеріалів гальмівного шківа температурна межа для даних припущень є різною і буде визначатися в першому наближенні температурою початку рекристалізації матеріалу гальмівного шківа, який складає пряму пару тертя.

Крім того, фрикційне нагрівання може призвести до суттєвих теплових деформацій елементів пари тертя, і, як наслідок, до нерівномірності мікроконтакту, який виражається в появі окремих нерухомих або повільно рухомих по поверхні тертя "гарячих" плям контакту. Утворення макроскопічних "гарячих" плям спостерігається у процесі дослідження повторно-короткочасного режиму гальмування прямих пар тертя нетрадиційного гальма. При цьому режими тертя можуть бути як стаціонарні, так і нестаціонарні.

Розміщення і переміщення "гарячих" контактних зон по поверхні тертя прямих і зворотних пар тертя гальма в загальному випадку буде визначатися схемою контактування, жорсткістю фрикційних вузлів, тепловим розширенням і пружними деформаціями фрикційних еле-

ментів, а також двостороннім зношуванням локальних ділянок поверхонь накладок.

Внаслідок в'язкості матеріалів прямих і зворотних пар тертя нетрадиційного гальма утворення зв'язків на границях їх дотикання залежить від часу гальмування і буде проходити з різною інтенсивністю залежно від діючих питомих навантажень в їхніх парах тертя. Зрозуміло, що зі збільшенням площі дотикання, як зворотних, так і прямих пар тертя величина питомих навантажень падає, у зв'язку з чим інтенсивність процесу проникнення одного матеріалу в другий зменшується.

Сила тертя, яка необхідна для руйнування двох поверхонь, що дотикаються залежить від швидкості прикладання навантаження і початкової швидкості ковзання внутрішньої поверхні гальмівної стрічки по зовнішніх поверхнях фрикційних накладок, що є результатом в'язкості фрикційного контакту. Одночасно з цим через в'язкість контакту створюються умови для деякого вирівнювання поверхонь прямих і зворотних пар, які труться. У той самий час на великих питомих навантаженнях у парах тертя спостерігається зростаюча гілка кривої, на більшій питомих навантаженнях – тільки спадаюча.

Під час нагрівання поверхневих шарів зворотних і прямих пар тертя гальма змінюються механічні властивості матеріалів гальмівної стрічки і шківа. Коефіцієнт жорсткості мікроконтактів пар тертя зменшується, а площа дотику збільшується, одночасно з цим зменшується і опір матеріалу пластичному відтисненню. Це призводить також до зміни коефіцієнта тертя залежно від швидкості ковзання під час зростання питомих навантажень в прямих і зворотних парах фрикційних вузлів гальма.

Відомо, що зі збільшенням тривалості нерухомого контакту в прямих парах тертя коефіцієнт тертя спокою зростає.

Підвищення поверхневої температури в зоні контакту прямих пар тертя гальма призводять до розвитку процесів повзучості, особливо це помітно на повторно-короткочасному його режимі навантаження. В останньому необхідно враховувати залишкові об'ємні температури, так як при цьому початкова температура весь час падає, досягаючи встановленої межі на даному режимі тертя.

Як в прямих, так і в зворотних парах тертя гальма теплорозсіювальна поверхня залишається незмінною. При цьому гальмівний шків буде охолоджуватися повільніше і акумулювати більше теплоти під час наступних гальмувань. Зі збільшенням товщини обода гальмівного шківа зростання температури зменшується. Тому, вибирати товщину обода гальмівного шківа необхідно з урахуванням впливу температурних градієнтів і теплових напружень, які є пропорційними в першому наближенні товщині ободу гальмівного шківа в степені $\frac{1}{2}$ в прямій парі тертя. У той самий час більш тонкостінна гальмівна стрічка за фактором теплових напружень може витримати більш високі об'ємні температури. Тому в процесі проектування і конструювання прямих і зворотних пар тертя гальма не-

обхідно прагнути до визначених раціональних величин, конструктивні параметри яких в достатній мірі задовольняють усім основним діючим чинникам.

Конструкція стрічково-колодкового гальма з двома поверхнями тертя бурової лебідки повинна бути розрахована на відведення з поверхонь тертя прямих і зворотних пар фрикційних вузлів теплоти, яка утворюється; поверхнева температура при цьому не повинна перевищувати допустимої для фрикційних матеріалів, які використовуються.

Фрикційний матеріал накладок повинен задовольняти умовам роботи прямих і зворотних пар тертя гальма, тобто його фрикційні властивості (коефіцієнт тертя) повинні бути стабільними в інтервалі від мінімальних до максимальних поверхневих температур у фрикційних вузлах. Фрикційний матеріал накладок повинен працювати по матеріалу пари, яка відповідає йому з точки зору забезпечення мінімального зношування у відсутності задирань і наволокування на поверхні тертя.

При цьому повинна дотримуватися умова, згідно якої необхідно підвищувати прашездатність фрикційних матеріалів і вузлів тертя гальма як в діапазоні додатніх, так і від'ємних температур. Перші відносяться до поверхонь пар тертя гальма, а другі – до навколишнього середовища. Крім того, необхідно враховувати закономірності зміни термічного опору для зовнішніх і внутрішніх пар тертя фрикційних вузлів від коефіцієнтів взаємного перекриття вищезазначених поверхонь і питомих навантажень, які розвиваються на їхніх поверхнях контактування.

Стабільність гальмівного моменту, який реалізується прямими і зворотними парами тертя фрикційних вузлів стрічково-колодкових

гальм, як показують дослідження, в значній мірі залежать від величини коефіцієнта тертя спокою, який, у свою чергу, залежить від таких чинників, як швидкість зростання навантаження, тривалість нерухомого контакту пар тертя, питомих навантажень, чистоти робочих поверхонь пар тертя і їхніх поверхневих температур.

Енергонавантаженість прямих і зворотних пар тертя стрічково-колодкових гальм бурових лебідок визначається: кінетичною енергією, яка сприймається його фрикційними вузлами за час одного гальмування; частотою гальмування.

Знання особливостей роботи прямих і зворотних пар тертя в стрічково-колодковому гальмі з рухливими фрикційними накладками дозволяє перейти до розгляду динаміки взаємодії його фрикційних вузлів.

Література

1. Вольченко Д.О. Розробка і аналіз конструкцій різних типів фрикційних вузлів стрічково-колодкових гальм бурових лебідок // Розвідка та розробка нафтових і газових родовищ. – Івано-Франківськ. – 2003. – №2(7). – С.92-95.
2. Александров М.П. Грузоподъемные машины. – М.: Изд-ва: МГТУ им.Н.Э. Баумана и ГПУ «Высшая школа», 2000. – 550 с.
3. Журавльов О.Ю. Обгрунтування прашездатності стрічково-колодкового гальма з рухливими фрикційними накладками бурової лебідки // Дис... канд. техн. наук: 05.05.12 – Івано-Франківськ, 2002. – 207 с.
4. Вольченко Д.О. Обгрунтування методів та засобів покращення експлуатаційних параметрів стрічково-колодкових гальм бурових лебідок // Дис... канд. техн. наук: 05.05.12 – Івано-Франківськ, 2004. – 256 с.

І Всеукраїнська науково-практична конференція

СУЧАСНІ ПРОБЛЕМИ ФІНАНСОВО- ГОСПОДАРСЬКОГО КОНТРОЛЮ

м. Кривий Ріг (30 березня 2005 р.)

Оргкомітет конференції

50086, м. Кривий Ріг, вул. Семашко, 16
кафедра контролю та ревізії Криворізького
економічного інституту Київського національного
економічного університету

Тел: (0564) 23-22-21

E-mail: keikneu @ ukrtel.dp.ua

Метою конференції є дослідження сучасних проблем фінансово-господарського контролю в Україні та розробка шляхів їх вирішення з урахуванням особливостей сучасних умов господарювання та напрямків європейської інтеграції.

Робота конференції планується за такими секціями:

- **Бухгалтерський облік**
- **Контроль та ревізія**
- **Аналіз і аудит**
- **Фінанси і оподаткування**
- **Сучасні проблеми регіонів**