

його порожнині до розплавленого стану. Крім того, у другому шківі 1 теплота від його виступу 2 передається фланцю 23 барабана, і тому температура робочої поверхні 15 першого шківа 1 буде більшою, ніж другого. Ця обставина буде сприяти різній інтенсивності радіаційного і вимушеного конвективного теплообміну від поверхонь гальмівних шківів 1. Відтак за співвідношенням заміряних поверхневих температур $(t_1 - t_0 / t_2 - t_0)$ першого і другого гальмівних шківів 1 стрічково-колодкового гальма і визначають частку теплоти від загальної її кількості, що передається у фланець 23 барабана бурової лебідки, тобто кондуктивним теплообміном.

Так, наприклад, при співвідношенні зазначених температур $\frac{1120 - 20}{1070 - 20} = 1,047$ частка теплоти, що передається кондуктивним теплообміном у фланець барабана 23 лебідки, складає 4,7%.

Четвертий етап. У промислових умовах визначаються втрати теплоти вимушеним конвективним теплообміном від нагрітих гальмівних шківів. При різних постійних частотах обертання піднімального вала 25 лебідки, а разом з ним і гальмівними шківими 1 за однакові проміжки часу фіксують термopарами ковзання їхні поверхневі температури. Для цього термopари установлені на реборді шківів 1 і підключені через струмозмінний пристрій до реєструючої апаратури (на кресленні не показано). Після цього визначають інтенсивність вимушеного

конвективного теплообміну поверхонь шківів 1 (коефіцієнт тепловіддачі) у заданих інтервалах поверхневих температур. При цьому необхідно витримати умови щодо нагрівання гальмівного шківа стрічково-колодкового гальма, що відповідають другому етапу досліджень. У цьому випадку визначаємо коефіцієнти тепловіддачі від поверхонь гальмівного шківа 1 при його вільному обертанні за залежністю, аналогічною наведеній для другого етапу.

Таким чином, шляхом нагрівання та охолодження гальмівних шківів стрічково-колодкового гальма в лабораторних та промислових умовах у подальшому на основі розрахунково-експериментальних даних, що стосуються їхнього теплового стану, і будуть визначені втрати теплоти з радіаційним, природним та вимушеним конвективним теплообміном від поверхонь шківа в оточуюче середовище, а також кондуктивним теплообміном від виступів гальмівних шківів до фланців барабана лебідки.

Література

1. Кирилин В.А., Шейндлин А.Е. Основы экспериментальной термодинамики. – М.: Государственное энергетическое издательство, 1950. – 310 с.
2. Вольченко А.И. Тепловой расчет тормозных устройств. – Львов: Высшая школа, 1987. – 133 с.
3. Ильский А.Л., Миронов Ю.В., Чернобыльский А.Г. Расчет и конструирование бурового оборудования. – М.: Недра, 1985. – 452 с.

УДК 622.242.5 (043)

ПІДВИЩЕННЯ РЕСУРСУ ГАЛЬМІВНИХ ШКІВІВ БУРОВИХ ЛЕБІДОК

В. Я. Малик

ІФНТУНГ, 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15, тел. (03422) 423534,
e-mail: public@iftung.if.ua

Проанализированы статистические данные, касающиеся технического состояния рабочих поверхностей шкивов ленточно-колодочных тормозов буровых лебедок, сформулированы основные факторы, влияющие на их ресурс, и предложены средства его повышения.

Бурова лебідка при бурінні свердловин відіграє надзвичайно важливу роль, оскільки від технічного стану її основних вузлів і деталей залежить не тільки швидкість виконання спуско-підйомних операцій, але й безаварійність роботи бурової. У зв'язку з цим до фрикційних вузлів стрічково-колодкових гальм висуваються підвищені вимоги, перші позиції в переліку яких займають: достатній гальмівний момент для заданих умов буріння; стабільність гальмівного моменту, що реалізується гальмом; необхідна міцність гальмівних шківів і фрикційних

The statistical facts of technical condition of working surfaces pulleys of band-shoe brake of drilling winches are analysed. The basic factors, which influence on their resources are formulate and the means of its promoted are proposed.

накладок; обмеження поверхневих температур, верхньою границею яких є така об'ємна температура фрикційної накладки, що не перевищує допустиму температуру її матеріалу; раціональність конструкції, яка забезпечує мінімальну вартість виготовлення і експлуатації обладнання; технологічність та ін.

Відомо, що матеріали пар тертя гальмівних систем бурових лебідок працюють в широкому діапазоні швидкостей ковзання, питомих навантажень, поверхневих температур, коефіцієнтів тертя, температурних градієнтів та інших три-

бологічних показників. Зазначені параметри фрикційних вузлів гальма є нестабільними і мають стохастичний характер. Різкі зміни показників тертя знижують надійність гальмівного механізму і сприяють виникненню в поверхневих шарах робочих поверхонь небажаних і навіть шкідливих явищ.

Безупинна зміна мікрогеометрії поверхневого шару з урахуванням наявності окремих технологічних і експлуатаційних дефектів поверхні тертя, напруження, що виникають в поверхневих шарах через температурні явища, окислювальні процеси та ін., є основною причиною втрати працездатності гальма аж до непередбачуваного аварійного його виходу з ладу.

Залежно від якості виконання та умов експлуатації у фрикційних вузлах гальма мають місце поступові та раптові відмови. До раптових відносять вихід з ладу гальмівних шківів внаслідок їхнього розтріскування. Тому проблема підвищення ресурсу гальмівних шківів бурових лебідок є надзвичайно актуальною особливо з точки зору забезпечення регламентованих експлуатаційних параметрів гальма і безпеки бурової бригади. У зв'язку з цим питаннями підвищення надійності гальмівної системи бурової лебідки займалися багато вчених і дослідників. Зокрема, в [1] проаналізовані умови роботи і оцінена працездатність гальмівних шківів і фрикційних накладок стрічково-колодкових гальм бурових лебідок. Проте автором не розглянуті заходи зі зниження термічних напружень в ободі гальмівного шківа, а також не приділена увага підвищенню корозійної стійкості їхніх робочих поверхонь.

Працездатність фрикційних вузлів стрічково-колодкових гальм бурових лебідок в умовах Західного Сибіру і шляхи підвищення їхньої ефективності розглянуті в [2]. В цій роботі наведені рекомендації щодо раціонального вибору сталей для виготовлення гальмівних шківів залежно від умов і режимів експлуатації обладнання. Проте найбільш простим, ефективним і універсальним способом підвищення працездатності гальмівних систем є застосування пристроїв для примусового охолодження їхніх фрикційних пар і використання спеціальних антикорозійних паст, котрі наносять на робочу поверхню гальмівних шківів. У зв'язку з викладеним нами проводилися широкі дослідження умов і режимів роботи гальмівних шківів бурових лебідок, а також їхнього технічного стану залежно від кількості виконаних спуско-підйомних операцій конкретною буровою установкою.

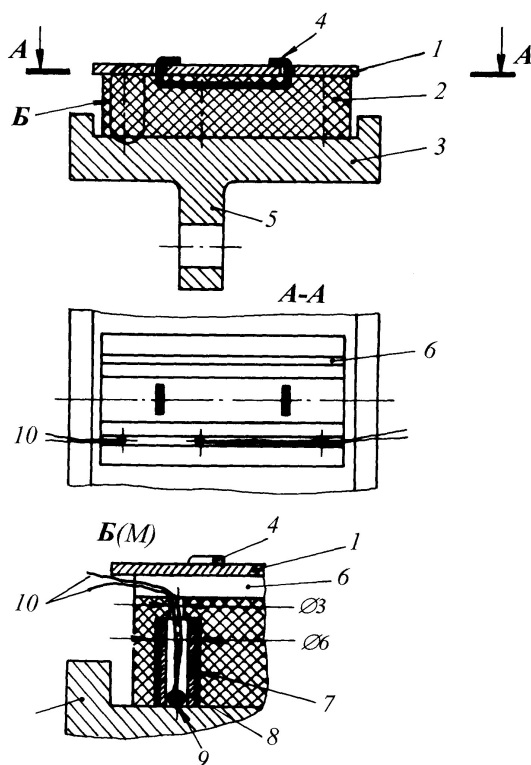
Під час експериментальних досліджень режимів спуску і гальмування на бурових установках проводився систематичний огляд технічного стану гальмівних шківів і фрикційних накладок стрічково-колодкового гальма бурової лебідки. При цьому проаналізовано стан робочої поверхні 36-ти шківів не тільки тих, що на час досліджень перебували в експлуатації, але й тих, що відпрацювали свій ресурс. Статистичні дані про технічний стан пар тертя гальмівних

систем бурових лебідок були зібрані в різних бурових організаціях з декількох типів бурових установок, зокрема, БУ 75-БД та ЛБУ-1200. На всіх досліджуваних бурових лебідках використовувалися фрикційні накладки, виготовлені з ретинаксу ФК-24А.

Під час досліджень встановлено, що в процесі спуску бурильної колони в свердловину лінійна швидкість точок робочої поверхні шківа відносно фрикційних накладок досягала понад 40 м/с. Величина швидкості вимірювалася тахогенератором, оснащеним роликком, який постійно перебував у контакті з робочою поверхнею шківа. Окрім швидкості, вимірювали також поверхневу температуру в зоні контакту робочих поверхонь елементів тертя стрічково-колодкового гальма. Поверхневі температури вимірювали в трьох характерних точках робочої поверхні шківа: по краях і в середній частині, що знаходиться над приливом (рис. 1). Для реєстрації температур був застосований метод штучної ковзкої термопари, який має низку переваг порівняно з іншими методами вимірювання температур (термометрії, визначення температури за зміною опору або агрегатного стану спеціальної плавкої речовини та ін.). Цей метод не потребує екстраполяції і забезпечує можливість безпосереднього вимірювання і запису температури досліджуваної ділянки поверхні [3]. Термопари виготовляли з хромель-алюмелевого дроту діаметром 0,8 мм, зварювання їхніх спаїв проводили у полум'ї газового пальника.

Установлення термопар на деталі гальма проводили таким чином. В тілі фрикційної накладки просвердлювали наскрізні отвори 3,0 мм. З боку робочої поверхні фрикційної накладки попередньо виконані отвори розсвердлювали до діаметра 6,0 мм на глибину допустимого зношення накладки. Циліндричну головку термопари вкладали у мідну капсулу, яку термоізолювали спеціальною втулкою. Внутрішній діаметр мідної капсули відповідав діаметрові головки вкладки в неї термопари. Зібрані таким чином термопари вкладали в отвори $\varnothing 6,0$ мм, а їхні дроти виводили через отвори $\varnothing 3,0$ мм. Виводи термопар термоізолювали і під'єднували до осцилографа. Термопари встановлювали в накладки середньої частини стрічки.

Термопари тарували разом з під'єднувальними дротами. Нагрівання термопар проводили в сушильній шафі до температури 1000°C. Температуру під час тарування контролювали за показами ртутного термометра зі шкалою 20-1000°C і реєстрували через кожних 20°C. Для зменшення похибки під час тарування гарячі спаї термопар і термометр занурювали у рідкий метал з таким складом: олова – 20%, цинку – до 20%, галію – близько 50%. Холодні спаї термопар перебували при температурі 20°C. За результатами тарування був побудований тарувальний графік, який використовували після проведення експерименту при розшифровці осцилограм.



- 1 – гальмівна стрічка; 2 – фрикційна накладка;
3 – гальмівний шків; 4 – планка кріплення
накладки до стрічки; 5 – прилив; 6 – пази на
неробочій поверхні накладки; 7 – термо-
ізоляційна втулка; 8 – мідна капсула;
9 – головка термопар; 10 – виводи термопар

Рисунок 1 — Схема установки термопар у тіло фрикційної накладки

Фрикційні накладки з установленими в їхньому тілі термопарами монтувалися на гальмівну стрічку. Мідна капсула зношувалася разом з фрикційною накладкою. Застосування мідної капсули дало змогу виключити руйнування головки термопар, окрім того, внаслідок високої теплопровідності міді при замкненому гальмі отримували значення поверхневих температур, а при розімкнутому – об'ємної температури фрикційної накладки.

Дослідженнями встановлено, що при спуску інструменту на глибину понад 1800 м фрикційні накладки працюють в критичному тепловому режимі: їхні об'ємні температури перевищують допустиму, яка для ретинаксу становить 450°C . Температура робочої поверхні шківа досягла 878°C при спуску 36 свічки. Це супроводжувалося появою характерного звуку і запаху внаслідок виділення диму при вигорянні сполучного елемента фрикційного матеріалу накладок та світінням робочої поверхні шківа у вигляді світлових кілець. В подальшому оператор регулярно користувався допоміжним (гідродинамічним) гальмом.

Нами проведені металографічні дослідження шківів стрічково-колодкових гальм, вилучених з експлуатації. Дослідження засвідчили, що під дією високих температур відбува-

ються структурні перетворення металу. В серцевині зразка структура відманштетова феритно-перлітна, що є характерним для литої сталі. Мікротвердість такої структури становить $1,7 \text{ кН/мм}^2$. Від серцевини у напрямку до країв зразка структура змінюється на феритно-сорбітну, а на робочій поверхні шківа стає сорбітною з твердістю $3,0 \text{ кН/мм}^2$. Така зміна структури пояснюється нагріванням робочих поверхонь шківів до температур, які перевищують критичні точки з подальшим швидким охолодженням, що сприяє появі загартованих структур. Глибина загартовної зони досягає 3,0 мм.

Циклічність інтенсивного зростання температури під час гальмування у чергуванні з його охолодженням при розімкнутому гальмі призводить до виникнення знакозмінних теплових напружень, які є причиною появи і розвитку тріщин. Кількість і інтенсивність зростання тріщин залежить від величини температурного градієнта, а також від фізико-механічних властивостей металу шківа [2]. Спостереженнями встановлено, що взимку (особливо при температурах повітря нижче -5°C) кількість зароджуваних на поверхні шківа тріщин зростає в 3÷7 разів.

Встановлено, що перші одиничні тріщини на робочій поверхні шківів зароджуються в її середній частині після проведення 105 СПО. Це зумовлено найвищим температурним градієнтом по товщині обода шківа в місці розташування прилива, призначеного для кріплення шківа до маточини (рис. 2, рис. 3).

Оскільки саме в цьому місці відбувається інтенсивний стік теплоти внаслідок дії двох ефектів охолодження внутрішньої поверхні шківа (див. рис. 3, в): конвективного охолодження повітрям довкілля і відведення теплоти від робочої поверхні шківа через зазначений прилив до маточини кондуктивним охолодженням. Окрім того, внаслідок наявності прилива (опори) питомі навантаження при замиканні гальма в цьому місці будуть найвищими, що зумовлює появу найбільших поверхневих температур (див. рис. 3, б). Зароджені в середній частині робочої поверхні шківа тріщини інтенсивно зростають і за досить короткий період експлуатації досягають критичних розмірів (рис. 4): довжина тріщини становить 132 мм, ширина – 5 мм, глибина – 12 мм. Внаслідок цього може відбутися миттєва відмова гальма, спричинена аварійним розтріскуванням обода шківа. Необхідно зауважити, що згідно з вимогами нормативних документів шківів підлягає вилученню з експлуатації, якщо довжина тріщини на його робочій поверхні перевищує 50 мм, а ширина – 0,5 мм.

Окрім того, з часом внаслідок теплової втоми металу тріщини з'являються і по краях робочої поверхні шківа (рис. 5). За розмірами вони є значно меншими за тріщини середньої частини робочої поверхні шківа, але внаслідок їхньої великої кількості виникає загроза відшарування металу, що призведе до непередба-

чуваного катастрофічного руйнування елементів робочої пари тертя гальма.

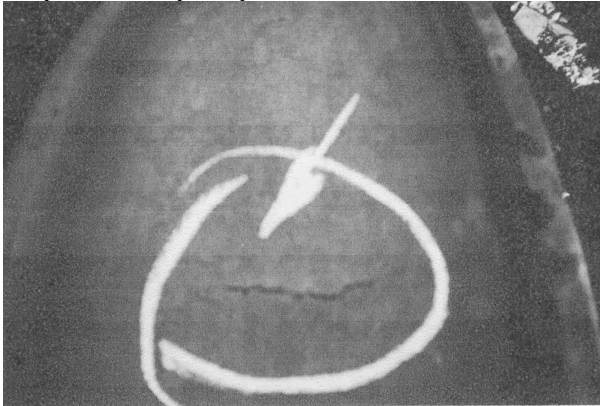
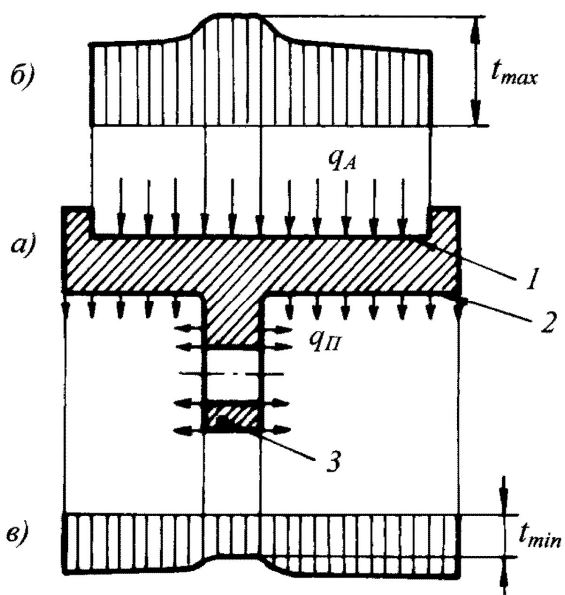


Рисунок 2 — Тріщина, зароджена в середній частині робочої поверхні гальмівного шківів



1 і 2 – робоча і внутрішня поверхні; 3 – прилив; q_A – тепловий потік від роботи тертя; $q_П$ – стік теплоти від внутрішньої поверхні обода шківів

Рисунок 3 — Поперечний переріз обода гальмівного шківів (а) з епюрами розподілу температур по ширині робочої (б) і внутрішньої (в) поверхонь

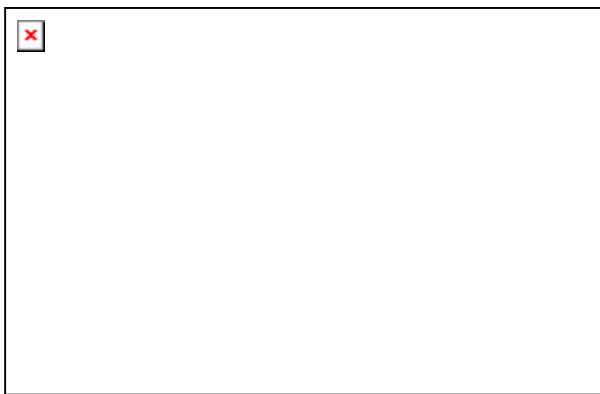


Рисунок 4 – Тріщина надкритичних розмірів в середній частині робочої поверхні гальмівного шківів

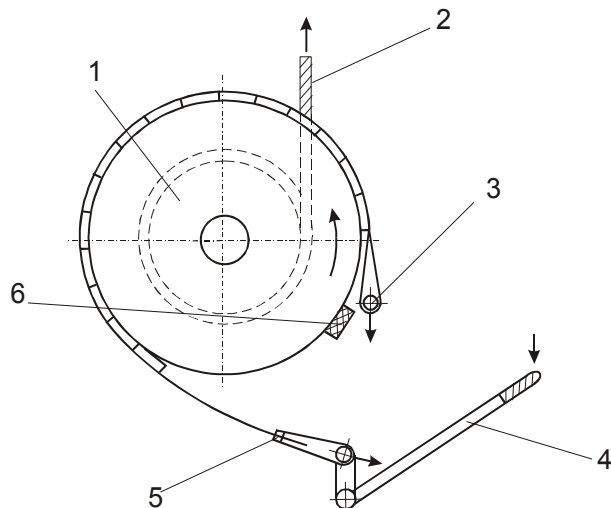


Рисунок 5 — Сітка тріщин по боках робочої поверхні гальмівного шківів

Вкрай негативний вплив на міцність шківів чинить корозія, яка найбільш інтенсивно діє в період простою обладнання, що може тривати декілька діб. Корозія сприяє підвищенню інтенсивності зростання тріщин і прискорює відшарування металу робочої поверхні шківів.

З викладеного випливає необхідність обмеження поверхневих температур робочих елементів тертя гальма, а також забезпечення їхнього антикорозійного захисту.

Для запобігання негативній дії корозії рекомендується наносити на робочу поверхню шківів спеціальні антикорозійні рідини, які випускаються вітчизняною промисловістю. Нанесення зазначених рідин проводять при опусканні незавантаженого гакоблока. На рис. 6 наведена кінематична схема стрічково-колодкового гальма, на якій відмічене місце, з якого починають наносити антикорозійну рідину на поверхню шківів. Рідина наноситься спочатку на один шків, кількість його обертів при цьому



1 – барабан лебідки з гальмівними шківів; 2 – талевий канат; 3 – набігаюча гілка стрічки гальма; 4 – важіль гальма; 5 – збігаюча гілка стрічки гальма; 6 – рекомендоване місце нанесення антикорозійної речовини на робочі поверхні гальмівних шківів

Рисунок 6 — Схема нанесення антикорозійної речовини на робочі поверхні шківів стрічково-колодкового гальма
не перевищує 5. Після 20-30-ти хвилинної перерви антикорозійна рідина наноситься на робочу поверхню другого гальмівного шківа. Розконсервування такий спосіб антикорозійного захисту не потребує.

Що стосується зниження теплової навантаженості пар тертя стрічково-колодкових гальм бурових лебідок, то під керівництвом проф. Вольченка О.І. розроблена серія спеціальних охолоджувальних пристроїв, призначених для обмеження температур поверхонь тертя, верхньою границею яких є допустима температура фрикційного матеріалу накладок [2]. Необхідно зазначити, що згадані пристрої є високоефективними, нескладними у виготовленні і монтажі та надзвичайно простими в експлуатації.

Література

1. Джанахмедов А.Х. Стохастическое моделирование трения и изнашивания фрикционных устройств с применением теории подобия: Дисс. ... докт. техн. наук: 05.02.04 – Баку, 1988. – 394 с.
2. Кудин В.Г. Работоспособность тормозных систем буровых лебедок в условиях Западной Сибири и пути повышения их эффективности: Автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.04.07 / Московский ин-т нефтехим. и газовой пром-ти им. И.М.Губкина. – М., 1983. – 22 с.
3. Вольченко Д.А. Повышение эксплуатационных характеристик тяжело нагруженных фрикционных узлов: Дисс. ... канд. техн. наук: 05.02.02 – Львов, 1983. – 177 с.
4. Стрічково-колодкові гальма: Монографія / Крижанівський Є.І., Вольченко М.О., Вольченко Д.О., Дячук В.В., Пургал М.П. – В 2-х т. Том 1. – Івано-Франківськ: ІФНТУНГ, 2004. – 230 с.

Міжнародна науково-технічна конференція

ДИНАМІКА, МІЦНІСТЬ І РЕСУРС МАШИН ТА КОНСТРУКЦІЙ

95-річчю з дня народження
Георгія Степановича Писаренка
ПРИСВЯЧУЄТЬСЯ

м. Київ
(1-4 листопада 2005 р.)

Оргкомітет конференції

01014, Київ-14, вул. Тімірязєвська, 2
Інститут проблем міцності ім. Г.С.Писаренка
НАН України

Тел: (044) 286 26 57, 286 28 57
Факс: (044) 286 16 84

E-mail: mle@ipp.kiev.ua,
lerikhin@ipp.kiev.ua

Валерій Трохимович ТРОЦЕНКО
Петро Павлович ЛЄПІХІН

Тематика конференції:

- **Динаміка машин і споруд**
 - власні і вимушені коливання, методи їх аналізу
 - методи зниження вібронпружено-сті, демпфування коливань
 - динамічна стійкість
 - коливання систем з пошкодженнями і технологічними відхиленнями
 - вібраційна діагностика
- **Міцність матеріалів і конструкцій**
 - критерії граничного стану матеріалів та статичного, динамічного, мало- і багато циклового навантажування
 - методи врахування впливу технологічних і експлуатаційних чинників на граничний стан
 - термоміцність і повзучість
 - механіка руйнування і граничний стан конструкцій з тріщинами
 - створення нових експериментальних засобів дослідження міцності і руйнування
- **Ресурс машин і споруд**
 - методи оцінювання ресурсу, зокрема залишкового
 - продовження термінів експлуатації устаткування
 - оцінювання деградації структури і властивостей матеріалів при експлуатації
 - експертиза руйнування