

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ УКРАЇНИ
ІВАНО-ФРАНКІВСЬКИЙ ІНСТИТУТ НАФТИ І ГАЗУ

На правах рукопису ◊

БАЛАБОЛІН Сергій Вікторович

**ПРАЦЕЗДАТНІСТЬ СТРІЧКОВО-КОЛОДКОВИХ ГАЛЬМ
БУРОВИХ ЛЕБІДОК**

**Спеціальність 05.04.07 - Машини і обладнання нафтової і газової
промисловості**

**Автореферат дисертації
на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук**

Івано-Франківськ, 1993

22. 323

ЛНБ України ім. В. Стефаника



00388098 (-)

Дисертацією є рукопис

Робота виконана в Івано-Франківському інституті нафти і газу.

Науковий керівник доктор технічних наук,
професор ВОЛЬЧЕР'КО О.І.

Офіційні опоненти доктор технічних наук,
професор КУРНІКОВ Ю.О.

кандидат технічних наук,
доцент ХАРЧЕНКО Е.В.

Провідна організація: Дослідно-виробниче об'єднання "Карпатнафтомаш"
Державного Комітету по нафті і газу
Івано-Франківська область, м. Калуш

Захист відбудеться "21" зрудна 1993 р. на засіданні спеціалізованої
вченої ради Д 09.02.01 в Івано-Франківському інституті нафти і газу,
284000, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15

З дисертацією можна ознайомитись в науково-технічній бібліотеці ІФІНГ
284000, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15

Автореферат розісланий "18" листопада 1993 р.

Вчений секретар спеціалізованої вченої ради

Шлапак Л.С.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Збільшення глибини буріння, прискорення темпів проходки свердловин веде до інтенсифікації спуско-підйомних операцій. В результаті значно зростає навантаженість гальмівного агрегату бурової лебідки, що призводить до дестабілізації його експлуатаційних параметрів (натягу гальмівних стрічок, питомого навантаження, коефіцієнта тертя, гальмівних моментів, поверхневих температур, механічних і теплових деформацій). При зміні силового і теплового режиму роботи гальма значно змінюється коефіцієнт тертя в парах "шків-накладки". Так, згідно з ГОСТ 10851-73 інтервал зміни коефіцієнта тертя для фрикційної пари ФК-24А-сталь 40ХН, що найчастіше використовується в гальмах бурових лебідок, може скласти 0,020-0,605. Незважаючи на це, в практиці оперують, в основному, середнім значенням коефіцієнта тертя, рівним для згаданої пари 0,35. Це веде до значної розбіжності експлуатаційних параметрів стрічково-колодкових гальм і не дозволяє однозначно відповісти на питання, як впливає їх стабілізація на зносо-фрикційні якості пар тертя. В зв'язку з цим в дисертаційній роботі оперувалося трьома поняттями коефіцієнта тертя:

постійний - загальноприйнятий середній коефіцієнт тертя, що якимось чином вибирається з інтервалу, регламентованого державним стандартом;

змінний - являє собою функціональну залежність коефіцієнта тертя від питомого навантаження, температури, швидкості ковзання та інших дестабілізуючих факторів і охоплює відповідний інтервал зміни коефіцієнта тертя;

середній еквівалентний - постійний коефіцієнт тертя, при якому гальмівний момент, що розвивається гальмом в цілому, дорівнює гальмівному моменту, створеному тим самим гальмом при тому самому режимі роботи, але розрахованому при змінному коефіцієнті тертя.

В зв'язку з різноманітністю робіт, що виконуються фрикційними накладками на набігаючій і збігаючій гілках стрічки, було введено поняття часткового (дольового) гальмівного моменту, що створюється однією фрикційною накладкою з частиною стрічки.

Мета роботи. Розроблення методики розрахунку основних експлуатаційних параметрів стрічково-колодкових гальм бурових лебідок при змінному і постійному коефіцієнті тертя, а також вдосконалення існуючих та створення нових за конструкцією гальмівних пристроїв.

Методи досліджень включають теоретичні викладки, розрахунок параметрів на ВОМ, стендові і промислові випробування.

Наукові положення, що захищаються в дисертації:

1. Закономірності впливу експлуатаційних параметрів стрічково-колодкових гальм бурових лебідок на деформації і коливання їх робочих деталей.

2. Методи прогнозування деформацій і коливань стрічково-колодкових гальм.

3. Прогнозування довговічності фрикційних накладок стрічково-колодкових гальм.

Вірогідність результатів досліджень забезпечена використанням різногалузевих методик випробування і розрахунку (опору матеріалів, будівельної механіки, вібродіагностики, термодинаміки і теплопередачі, розрахунку і конструювання нафтового обладнання, математичної статистики).

Практична цінність роботи. Розроблена уточнена методика розрахунку основних експлуатаційних параметрів стрічково-колодкових гальм, яка дозволяє на стадії проектування оцінити їх силову навантаженість. Створені конструкції вдосконалених і нових стрічково-колодкових гальм бурових лебідок, за що автор отримав звання "Кращий молодий винахідник України" і "Кращий молодий винахідник СРСР".

Апробація роботи. Матеріали дисертації доповідались на: всесоюзній науково-технічній конференції "Перспективи розвитку, вдосконалення конструкцій і підвищення надійності бурового і нафтопромислового обладнання" (Перм, 1988), республіканській науково-технічній конференції "Використання магнітоактивних матеріалів і магнітних систем в народному господарстві" (Івано-Франківськ, 1989), всесоюзній конференції "Комплексне освоєння нафтогазових ресурсів континентального шельфу СРСР" (Москва, 1990), міжнародних конференціях по нелінійних коливаннях (Польща, 1990), по використанню матеріалів зі спеціальними властивостями в машинах (Польща, 1990), міжнародному симпозіумі по трибології фрикційних матеріалів "Ярофі-91" (Ярославль, 1991), російському науково-технічному семінарі з міжнародною участю "Сучасний досвід проектування, випробування, виробництва і експлуатації гальмівних пристроїв підійомно-транспортних машин" (Москва, 1992), науково-технічній конференції ІФІНГ (Івано-Франківськ, 1992), методичному семінарі кафедри "Деталей машин і ТММ" ІФІНГ (Івано-Франківськ, 1993).

Публікації. По темі дисертації опубліковано 27 робіт, з яких 11 статей і тез доповідей, одна монографія і 15 авторських свідоцтв.

Обсяг роботи. Дисертація складається з вступу, чотирьох розділів, заключення, переліку використаної літератури з 121 найменування, ви-

кладена на 147 сторінках машинописного тексту, містить 34 рисунки, 4 таблиці і додатки.

Науковий консультант роботи – канд. техн. наук, доцент Прикарпатського університету ім.В.Стефаника Д.А.Вольченко.

ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтована актуальність теми, сформульована мета дослідження.

В першому розділі наведений аналіз силової й теплової навантаженості деталей стрічково-колодкового гальма, оцінена довговічність фрикційних вузлів, намічені шляхи підвищення експлуатаційних параметрів гальмівних механізмів і сформульовані задачі досліджень.

Оскільки від режиму силової навантаженості фрикційних вузлів стрічково-колодкових гальм бурових лебідок в значній мірі залежать експлуатаційні параметри: натяг стрічки, питоме навантаження, гальмівні моменти, деформації, поверхневі температури та ін., розглянуті наукові праці, що присвячені дослідженням силової й теплової навантаженості стрічково-колодкових гальм бурових лебідок.

Дослідженню силової навантаженості стрічково-колодкових гальм присвячені роботи М.П.Александрова, А.М.Алієва, О.І.Гольченка, Д.А.Вольченко, А.Я.Грузінова, А.Х.Джанамедова, А.Л.Ільського, М.Я.Іткіса, Г.М.Шахмалієва та інших авторів.

Розглянуті різні методики визначення одного з основних експлуатаційних параметрів стрічково-колодкових гальм – гальмівного моменту, відмічені переваги і недоліки зазначених методик.

Відмічений загальний недолік всіх розглянутих методик, в яких коефіцієнт тертя приймається як постійна величина і при розрахунках вибирається в залежності від матеріалу з достатньо широкого інтервалу для заданих пар тертя. Численими дослідженнями встановлено, що коефіцієнт тертя відрізняється не тільки для різних за матеріалом і конструктив пар, але й для тої самої фрикційної пари в залежності від умов експлуатації: питомого навантаження, поверхневої температури, швидкості ковзання, якості обробки контактуючих поверхонь і т.ін. При цьому зміна коефіцієнта тертя може бути суттєвою. А якщо врахувати, що в розглянутих методиках розрахунку основних експлуатаційних параметрів гальм коефіцієнт тертя знаходиться або в показнику степені, або в основі степеня з великим показником, то цілком зрозуміло, що навіть незначна зміна коефіцієнта тертя призводить до значної зміни параметра, що розраховується.

Визначенню величини коефіцієнта тертя в залежності від матеріалу фрикційних пар, питомого навантаження, поверхневої температури та інших експлуатаційних параметрів присвячені роботи А.М.Алієва, А.Х.Джанахмедова, І.В.Крагельського, Д.В.Мірзаджанова, Н.М.Міхіна, А.В.Чічнадзе, Г.М.Шахмалієва та ін. авторів. Розглянуто ряд математичних залежностей для розрахунку коефіцієнта тертя, отриманих експериментальним шляхом.

Дослідженню теплової навантаженості стрічково-колодкових гальм бурових лебідок присвячені роботи М.П.Александрова, Т.М.Аскерова, М.С.Борисова, О.І.Вольченка, Д.А.Вольченко, А.В.Крагельського, Д.Б.Мірзаджанова, Н.С.Мойсенченкова, З.П.Пасуманського, В.Н.Федосеева, Г.М.Шахмалієва та ін. авторів. Проведений аналіз теплової навантаженості пар тертя стрічково-колодкових гальм бурових лебідок під час спуску бурового інструменту в свердловину показує, що коливання поверхневих температур вище допустимої для фрикційних накладок викликають зміну їх властивостей, і, як правило, сприяють нерівномірному зносу. Це негативно впливає на ефективність роботи гальма і веде до дестабілізації гальмівного моменту. Оптимальним шляхом зниження теплованавтаженості пар тертя і підвищення їх зносо-фрикційних властивостей є примусове охолодження робочих деталей стрічково-колодкових гальм.

Основними напрямками покращення експлуатаційних параметрів стрічкових гальм є: створення нових фрикційних матеріалів з високими допустимими температурами, проектування гальмівних механізмів з керованими зносо-фрикційними властивостями, охолодження фрикційних пар в процесі роботи гальма, вдосконалення існуючих і створення нових конструкцій з підвищеною ефективністю дії.

Розглянуто ряд конструктивних рішень, які дозволяють зменшити нерівномірність питомого навантаження в парах тертя, знизити теплову навантаженість гальма шляхом використання пористих теплопровідних накладок (а.с.№911063), допоміжної теплопровідної стрічки (а.с.№903620), обдуванням поверхні тертя шквіа повітрям (а.с.№1004684) та ін.

Другий розділ присвячений теоретичним дослідженням силової навантаженості деталей стрічково-колодкових гальм.

Були розглянуті розподілені навантаження q_1 і q_2 , що діють відповідно на робочій і неробочій поверхнях фрикційної накладки. Ці розподілені навантаження були описані поліномами степеня n_1 і n_2 відповідно

$$q_1 = \sum_{i=0}^{n_1} a_i \varphi^i; \quad q_2 = \sum_{j=0}^{n_2} b_j \varphi^j$$

де α , b - поліноміальні коефіцієнти; φ - кутова координата.

Таким чином, вперше при розрахунку параметрів стрічково-колодкових гальм були розглянуті одночасно дві фрикційні пари: "шків-накладка" і "накладка-стрічка".

Функціональна залежність коефіцієнта тертя між фрикційною накладкою і шківом від питомого навантаження була описана поліномом степеня n_3 :

$$f = \sum_{k=0}^{n_3} \alpha_k \varphi^k,$$

де α - поліноміальні коефіцієнти.

Використовуючи диференційні залежності між поперечною силою Q , згинаючим моментом M , кутом повороту θ , прогином поперечного перерізу Δ і прийнявши кут повороту і прогин накладки в любому перерізі рівними нулю, були записані умови рівноваги фрикційної накладки і після певних перетворень отримана така система рівнянь:

$$\begin{aligned} \sum_{i=0}^{n_1} a_i \frac{\varphi_0^{i+1}}{i+1} - \sum_{j=0}^{n_2} b_j \frac{\varphi_0^{j+1}}{j+1} &= 0 \\ \sum_{i=0}^{n_1} a_i \frac{\varphi_0^{i+2}}{(i+1)(i+2)} - \sum_{j=0}^{n_2} b_j \frac{\varphi_0^{j+2}}{(j+1)(j+2)} - \delta \int_0^{\varphi_0} \sum_{k=0}^{n_3} \alpha_k \left(\sum_{j=0}^{n_2} b_j \varphi^j \right)^{k+1} d\varphi &= 0 \\ \sum_{i=0}^{n_1} a_i \frac{\varphi_0^{i+3}}{(i+1)(i+2)(i+3)} - \sum_{j=0}^{n_2} b_j \frac{\varphi_0^{j+3}}{(j+1)(j+2)(j+3)} - \delta \int_0^{\varphi_0} \left(\int_0^{\varphi_0} \sum_{k=0}^{n_3} \alpha_k \left(\sum_{j=0}^{n_2} b_j \varphi^j \right)^{k+1} d\varphi \right) d\varphi &= 0 \\ \sum_{i=0}^{n_1} a_i \frac{\varphi_0^{i+4}}{(i+1)(i+2)(i+3)(i+4)} - \sum_{j=0}^{n_2} b_j \frac{\varphi_0^{j+4}}{(j+1)(j+2)(j+3)(j+4)} - \delta \int_0^{\varphi_0} \left(\int_0^{\varphi_0} \left(\int_0^{\varphi_0} \sum_{k=0}^{n_3} \alpha_k \left(\sum_{j=0}^{n_2} b_j \varphi^j \right)^{k+1} d\varphi \right) d\varphi \right) d\varphi &= 0 \end{aligned}$$

Розв'язавши зазначену систему рівнянь відносно коефіцієнтів, одержали значення коефіцієнтів поліному, які описують розподілену силу на робочій поверхні фрикційної накладки.

При визначенні деформацій гальмівної стрічки було прийнято, що залежність її натягу описується поліномом степеня n від натягу збігаччої гілки стрічки і степеня φ від кута охоплення стрічкою шківа. В результаті цього одержали залежність у вигляді:

$$\Delta l_i = \frac{1}{EA} \left(S_c l_i + \sum_{i=0}^n \sum_{j=0}^{n_1} a_{ij} S_c^i \varphi_0^j + R \sum_{i=0}^n \sum_{j=0}^{n_1} a_{ij} S_c^i \frac{\varphi_0^{j+1}}{j+1} \right) \quad (I)$$

де l_1 , l_2 , l_3 - довжини відповідних ділянок гальмівної стрічки; α - коефіцієнти; A - площа поперечного перерізу стрічки.

При визначенні радіальних деформацій фрикційних накладок було прийнято, що залежність питомого навантаження в парах тертя гальма

описується поліномом степеня n від натягу збігаючої гілки стрічки і степеня m від кута охоплення стрічкою шківа. При цьому одержали залежність у вигляді:

$$\Delta \delta = \frac{\delta}{E_H B} \sum_{i=0}^n \sum_{j=0}^m b_{i,j} S_c^i \varphi^j$$

де δ , B - товщина і ширина накладки; E_H - модуль пружності матеріалу накладки.

При визначенні деформацій гальмівного шківа останній розглядався як циліндрична оболонка з несиметричним поверхневим навантаженням. Використовуючи напівбезмоментну теорію оболонки В.З.Власова розраховували деформації шківа і переміщення збігаючої гілки гальмівної стрічки.

На підставі визначених деформацій деталей гальма розглянуті їх коливання і складено енергетичний баланс деталей гальма. Проаналізовані кількості внесеної коливальної енергії та енергії дисипації. Встановлено, що джерелом зародження коливань є, як прازیло, збігаюча гілка гальмівної стрічки.

Наслідком теоретичних досліджень силової навантаженості деталей гальма стали розроблені конструкції вдосконалених гальм. Так, в конструкції по а.с.№1516646 фрикційну накладку встановлено в вікна пружних пластин, а між накладок і гальмівних стрічков розташована антифрикційна термостійка прокладка. Таке кріплення накладки до стрічки дозволяє значно зменшити момент сил тертя і, таким чином, зменшити нерівномірність питомого навантаження у фрикційних парах.

В конструкції по а.с.№1481529 накладки в неробочому стані обертаються разом з гальмівним шківом. При цьому накладки з'єднані між собою за допомогою пружин і в робочому стані вони надійно фіксуються відносно гальмівної стрічки. Така конструкція дає можливість зменшити нерівномірність зносу фрикційних накладок.

Згідно а.с.№1543151 накладки теж обертаються разом зі шківом, але з'єднані між собою за допомогою плоскої пружної стрічки, виготовленої з матеріалу з ефектом "пам'яті форми". При значній тепловій навантаженості гальма пружна стрічка приймає другу запам'ятовувачу форму, відводячи накладку від робочої поверхні шківа. Це сприяє більш інтенсивному охолодженню фрикційних пар.

В третьому розділі наведена програма і методика експериментальних досліджень, описані стенд та апаратура, приводяться результати експериментів.

Об'єктом досліджень були модель стрічково-колодкового гальма і гольове стрічково-колодке гальмо бурової лебідки установки БУ 2500ЕП.

Програма експериментальних досліджень передбачала вирішення таких задач: встановлення закономірностей зміни основних експлуатаційних параметрів гальма (натяг гальмівної стрічки, питоме навантаження, а також деформації гальмівної стрічки, фрикційних накладок, гальмівного шківa), дослідження впливу силової навантаженості на частотний спектр коливань фрикційних накладок, оцінка довговічності накладок.

Задачі експериментальних досліджень визначили умови їх проведення та параметри, що вимірювались: навантаження на збігаючій гілці гальмівної стрічки, нормальні зусилля між стрічков та накладками, деформації стрічки, фрикційних накладок та шківa, частота обертання шківa, віброшвидкість і знос накладок. Розглянута методика виміру кожного із згаданих параметрів, описані особливості вимірвальної апаратури, місця встановлення та види датчиків.

Виміри деформації фрикційних накладок і гальмівної стрічки показали, що найбільш навантаженою є набігавча гілка стрічки. Дослідження натягу набігавчої гілки стрічки при зміні амплітуди радіальної віброшвидкості накладок показує, що при її збільшенні натяг набігавчої гілки стрічки зменшується (при постійному натягу збігаючої гілки стрічки).

Таким чином, в процесі експерименту встановлено, що амплітуда радіальної віброшвидкості фрикційних накладок на збігаючій гілці гальмівної стрічки в середньому в 1,5-2 рази більша, ніж на набігавчій її частині. Однак, збільшення радіальної віброшвидкості накладок на набігавчій гілці стрічки призводить до зменшення зусилля натягу набігавчої гілки стрічки в 3-5 разів більше, ніж аналогічне збільшення віброшвидкості на збігаючій гілці.

Обробивши зареєстровані сигнали віброшвидкості на БОМ, отримали амплітудні спектри коливань накладок, зняті при різних режимах навантаження і швидкості обертання шківa. Аналіз спектрів показав, що фрикційні коливання виникали у всіх парах незалежно від режиму роботи. Максимальні амплітуди коливань спостерігались в смузі частот 300-1000 Гц в залежності від швидкості пар тертя і режиму навантаження. Найбільша зміна спектрів відбувалась при зміні питомого навантаження. Якщо при мінімальному питомому навантаженні 0,1-0,2 МПа спостерігався один яскраво виражений пік в смузі частот 800-1000 Гц, то при збільшенні питомого навантаження амплітуда віброшвидкості на цих частотах падала. В цей же час збільшувалась низькочастотна складова віброшвидкості в інтервалі частот 300-500 гц. При максимальному питомому

му навантаженні амплітуда віброшвидкості на цих частотах досягала максимального значення.

Збільшення швидкості ковзання з 5 до 15 м/с обумовила зміщення максимальних амплітуд коливань в більш високочастотну область приблизно на 10-30%. Одночасно зросли (в середньому на 9-15%) максимальні амплітуди коливань, як у високочастотній, так і в низькочастотній областях спектру.

З метою оцінки довговічності фрикційних накладок проводились експерименти по визначенню зносу в лабораторних і в промислових умовах. При аналізі зносу накладок моделі стрічково-колодкового гальма було зареєстровано його збільшення від збігавчої до набігавчої гілки стрічки. Різниця зносу накладок, що розташовані на набігавчій і збігавчій гілці стрічки, складала 25-30%. Загальний знос накладок з початковою товщиною 30 мм був на 7-10% більше зносу накладок з початковою робочою товщиною 15 мм. Пояснити це явище можна зменшенням нерівномірності розподілу питомого навантаження в кожній парі тертя при меншій товщині фрикційних накладок. Проведений аналіз зносу показав, що набігавчі та збігавчі ділянки поверхні накладок розташовані ближче до набігавчої гілки стрічки, зношуються в середньому на 5-15% більше, ніж їх середина.

Заміри зносу фрикційних накладок механічного гальма бурової лебідки установки БУ 2500 ЕП після 20, 40 і 60 спусків бурильної колоди в інтервалі глибин 2000-2350 м показали, що найбільший знос мають накладки на збігавчій і набігавчій гілках, а найменший - в середині гальмівної стрічки.

В цілому розбіжність між розрахунковими та експериментальними даними склала не більше 10%.

В четвертому розділі розглянута робоздатність деталей стрічково-колодкових гальм, наведений приклад оцінки експлуатаційних параметрів гальма, проаналізована довговічність фрикційних накладок з врахуванням теплової навантаженості гальма, розглянуті методи і засоби підвищення експлуатаційних параметрів гальма.

Наштовхнувшись при оцінюванні експлуатаційних параметрів стрічково-колодкових гальм на велику кількість методів їх розрахунку і залежностей для визначення коефіцієнта тертя, була створена алгоритмічна програма розрахунку основних експлуатаційних параметрів стрічково-колодкових гальм. Вона дозволяє розраховувати такі параметри: натяг гальмівної стрічки, нормальне питома навантаження у фрикційних парах, частковий і сумарний гальмівний момент, коефіцієнт

тертя. Останній параметр розраховувався по існуючих методиках других авторів. При цьому результати розрахунку подавалися у вигляді коефіцієнтів a , b , c в таких рівняннях регресії: $y = a_0 \exp(a, x)$ - експоненціальному, $y = b_0 + b_1 x + b_2 x^2$ - параболічному, $y = (b_0 + b_1 x + b_2 x^2) \times \exp(c_0 + c_1 x + c_2 x^2)$ - експоненціально-параболічному. В кожнмч рівнянні використані в якості x і y параметри: кут охоплення шківів гальмівної стрічки, номер фрикційної накладки, натяг гальмівної стрічки, питоме навантаження у фрикційних парах, частковий гальмівний момент, сумарний гальмівний момент і коефіцієнт тертя.

Таким чином, завдяки переліченим можливостям програма дозволяє оперативно розраховувати експлуатаційні параметри будь-яких стрічково-колодкових гальм і аналізувати вплив на них як вхідних, так і вихідних параметрів. Розрахунки основних експлуатаційних параметрів були проведені для стічково-колодкових гальм бурової лебідки БУ 2500 ЕП.

В зв'язку з різницею в навантаженості набігаючої і збігаючої гілок гальмівної стрічки робота тертя, що виконується накладками на вказаних гілках, різна. Для підвищення точності розрахунку кожна фрикційна накладка з частиною стрічки розглядалась як окремий гальмівний пристрій. Це дало змогу розраховувати згадані експлуатаційні параметри для кожної фрикційної накладки окремо.

Оскільки коефіцієнт тертя для розрахунків використовувався змінний, в якості функціональної залежності від питомого навантаження і поверхневої температури, особливу цінність являє собою отримана залежність розподілення коефіцієнта тертя по накладках (рис. I).

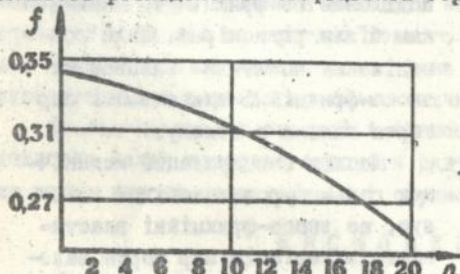


Рис. I

Обчислення проводились при максимальному для даного гальма натягу збігаючої гілки, рівному 40 кН. Як видно з рис. I, коефіцієнт тертя плавно змінюється від 0,34 на першій накладці, до 0,24 на двадцятій, що становить їх розходження 42%.

При розрахунках експлуатаційних параметрів необхідно мати значення деякого середнього значення коефіцієнта тертя для всього гальма в цілому. В зв'язку з цим було введено поняття середнього еквівалентного коефіцієнта тертя. Обчислювався середній еквівалентний коефіцієнт тертя таким чином. Спочатку за допомогою програми розрахунку експлуатаційних параметрів розрахо-

ували відповідний параметр, наприклад, гальмівний момент. Після цього методом ітерації підбиралось таке значення постійного коефіцієнта тертя, при якому величини гальмівних моментів, що обраховувались при змінному і постійному коефіцієнтах тертя, були еквівалентні. При цьому натяг збігаючої гілки гальмівної стрічки не змінювався. Для натягу $S_2 = 40$ кН значення μ складо 0,308. З врахуванням змінного коефіцієнта тертя були розраховані: натяг гальмівної стрічки, питоме навантаження, гальмівні моменти. На рис.2 наведені залежності дольових гальмівних моментів, що створюються фрикційними накладками при середньому еквівалентному (1) і змінному (2) коефіцієнтах тертя, а також їх (моментів) відношення (σ). З точки зору математики криві (1) і (2) являють собою продиференційовану по куту охоплення стрічки залежність гальмівного моменту тому площа під відповідною кривою дорівнює сумарному гальмівному моменту, що створиться гальмом в цілому. Аналіз положення кривих (1) і (2) показує, що гальмівний момент, отриманий при змінному коефіцієнті тертя, розподілений по фрикційним накладкам більш рівномірно. Таке розподілення позитивно впливає на зносо-фрикційні властивості пар тертя гальма в цілому.

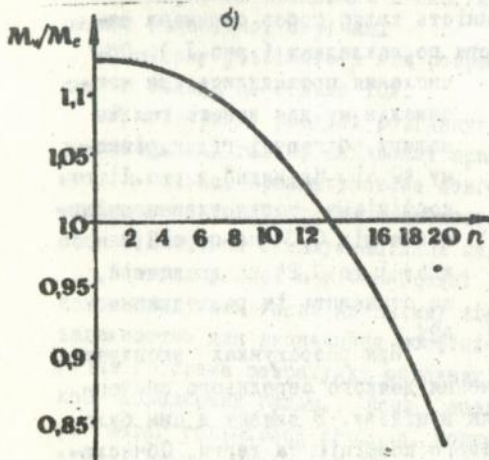
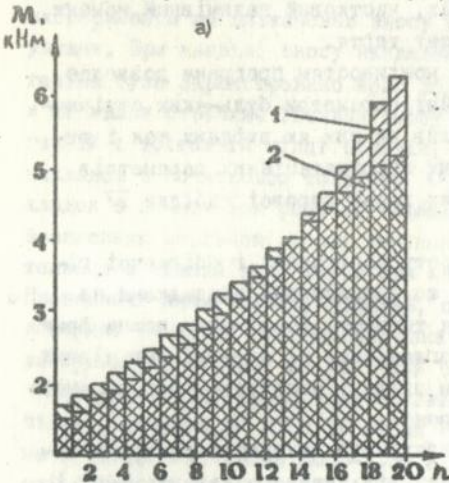


Рис.2

Досвід експлуатації механічних гальм бурових лебідок показує, що зносо-фрикційні властивості матеріалів пар тертя залежать не тільки від швидкості ковзання і питомого навантаження, але головним чином, від температурного режиму вузла тертя. Ефективна робота фрикційних пар можлива тільки в інтервалі темпера-

турного режиму вузла тертя. Ефективна робота фрикційних пар можлива тільки в інтервалі темпера-

тур, що не перевищать допустимих для відповідних матеріалів, інакше їх параметри різко погіршуються.

Подальше стрічково-колодкове гальмо було розглянуто як фізична система з двома зворотніми зв'язками. Ці зв'язки відповідали силовій і тепловій навантаженості. Запропонований алгоритм для визначення стану такої системи, за допомогою якого був розрахований коефіцієнт тертя фрикційних пар ФК-24А-сталь 35ХНД в залежності від питомого навантаження і роботи тертя для стрічково-колодкового гальма бурової лебідки БУ 2500 ВП. Аналіз отриманої залежності показав, що збільшення питомого навантаження у фрикційних парах веде до зменшення коефіцієнта тертя у всьому інтервалі температур. Зміна коефіцієнта тертя при зміні питомого навантаження в інтервалі від 0 до 1,6 МПа складає в середньому 19%. Робота тертя діє двоюко. При її збільшенні коефіцієнт тертя збільшується. Подальше підвищення роботи тертя веде до збільшення поверхневої температури, в результаті чого відбувається поступове пом'якшення матеріалу фрикційних накладок, вигорання з'язувчих компонентів і, як слідство, зменшення коефіцієнта тертя. Побудована залежність змін гальмівного моменту від натягу збігавчої гілки гальмівної стрічки і роботи тертя. При збільшенні остаточної гальмівний момент спочатку збільшувався і складав 38 кНм при роботі тертя 14 кДж і натягу збігавчого кінця стрічки 20 кН. При подальшому збільшенні роботи тертя значення гальмівного моменту падало до 27 кНм для роботи тертя 40 кДж. Таким чином, зміна гальмівного моменту від дії роботи тертя складає 29%.

Проведені дослідження показали, що тепла навантаженість стрічково-колодкового гальма є найбільш небезпечним видом навантаженості, оскільки вона діє на протязі довшого часу і більш об'ємно, ніж силова. Вплив теплової навантаженості на коефіцієнт тертя, а отже і на експлуатаційні параметри, більш значний.

Докладний аналіз силової і теплової навантаженості стрічково-колодкових гальм дозволив створити ряд вдосконалених і нових конструкцій, що мають високі експлуатаційні параметри.

В И С Н О В К И

1. Спроектований і виготовлений гальмівний стенд, а також створений комплекс вимірвальної апаратури для дослідження деформацій, коливань і довговічності деталей стрічково-колодкових гальм.
2. Розроблена методика розрахунку деформацій деталей стрічково-колодкових гальм (гальмівної стрічки, фрикційних накладок, гальмів-

ного шківа) при постійному і змінному коефіцієнті тертя.

3. Введені нові поняття змінного, еквівалентного коефіцієнтів тертя, а також часткового (дольового) гальмівного моменту.

4. Розроблені алгоритм і програма розрахунку основних експлуатаційних параметрів (натягу стрічки, питомого навантаження, гальмівного моменту) стрічково-колодкових гальм при постійному і змінному коефіцієнті тертя в залежності від режимів навантаження.

Результати розрахунків показали, що закономірність зміни дольових гальмівних моментів по фрикційним накладкам при постійному коефіцієнті тертя відрізняється більшою нерівномірністю, ніж при його змінних величинах: відношення M_v/M_c на збігаючій гілці стрічки дорівнює 1,12, а на набігаючій - 0,85;

коефіцієнт тертя змінюється від 0,34 на збігаючій гілці стрічки до 0,25 на набігаючій.

5. Визначені натяги гальмівної стрічки, питома навантаження в парах тертя "шків-накладка" і "накладка-стрічка", деформації гальмівної стрічки, фрикційних накладок, шківа.

6. Досліджений вплив силової навантаженості гальма на вібрації його основних деталей.

7. Оцінена довговічність фрикційних накладок шляхом заміру їх зносу в лабораторних і промислових умовах. Визначені зони найбільшого зносу, як по всій стрічці, так і по довжині однієї накладки.

8. Розроблені конструкції вдосконалених і нових стрічково-колодкових гальм з покращеним розподілом питомого навантаження, інтенсивним природним та вимушеним охолодженням.

ОСНОВНІ ПОЛОЖЕННЯ ДИСЕРТАЦІЇ ВИКЛАДЕНІ

В СЛІДУЮЧИХ РОБОТАХ:

1. Балаболин С.В. Методика расчета тормозного момента ленточно-колодочного тормоза. / Деп. УкрНИИТИ 08.08.1988 под №2219. - Ивано-Франковск, 1988. - 9с.
2. Вольченко А.И., Вольченко Д.А., Балаболин С.В. К вопросу оценки силовой нагруженности ленточного тормоза буровой лебедки. - Тезисы докладов конференции "Перспективы развития, совершенствования конструкции и повышение надежности бурового и нефтепромыслового оборудования". Пермь, 1988. - с. 41-42.
3. Вольченко А.И., Вольченко Д.А., Балаболин С.В. Повышение надежности и эффективности действия ленточных тормозов буровых лебедок. - Тезисы докладов конференции "Перспективы развития, совершенствования кон-

- струкции и повышение надежности бурового и нефтепромыслового оборудования". Пермь, 1988.-с.81-82.
4. Вольченко А.И., Вольченко Д.А., Балаболин С.В. Разработка и расчет самоохлаждающегося тормозного шкива буровой лебедки./Деп.УкрНИИТИ 07.09.1988 под №2228.-Ивано-Франковск, 1988.-15с.
 5. Вольченко А.И., Вольченко Д.А., Балаболин С.В. Тормозные устройства с магнитными элементами.-Тезисы докладов республиканской научно-технической конференции "Применение магнитоактивных материалов и магнитных систем в народном хозяйстве". Ивано-Франковск, 1989.-с.58-59.
 6. Вольченко А.И., Вольченко Д.А., Балаболин С.В. и др. Расчет и конструирование тормозных устройств.-Ташкент.-Мехнат, 1990.-285с.
 7. Вольченко А.И., Вольченко Д.А., Балаболин С.В. Оценка эксплуатационных параметров ленточных тормозов буровых лебедок.-Тезисы докладов II-ой Всесоюзной конференции "Комплексное освоение нефтегазовых ресурсов континентального шельфа СССР".-М., 1990, ч. II, с. II7-II8.
 8. Вольченко А.И., Вольченко Д.А., Балаболин С.В. и др. Нелинейные колебания деталей тормозных устройств.-В сб.:Труды XII международной конференции по нелинейным колебаниям.-Краков (Польша), 1990.-С. 200-201.
 9. Вольченко А.И., Балаболин С.В., Вольченко Д.А. Применение материалов с эффектом "памяти формы" в тормозных устройствах.-В сб.:Труды международной конференции по применению материалов со специальными свойствами в машинах.-Жешув (Польша), 1990.-с.27-33.
 10. Вольченко А.И., Вольченко Д.А., Балаболин С.В. и др. Стохастические процессы в тормозных механизмах.-В сб.:Труды международного симпозиума по трибологии фрикционных материалов.-Ярославль, 1991.-с.153-154.
 11. Балаболин С.В. Теорія, розрахунок та констрування стрічково-колодоквих гальм. Тези науково-технічної конференції професорсько-викладацького складу інституту нафти і газу.-Івано-Франківськ, 1992.-с.101
 12. Вольченко А.И., Михаловски С.И., Балаболин С.В. и др. Расчет и конструирование ленточно-колодочных тормозов буровых лебедок.-В сб.:Труды российского научно-технического семинара с международным участием "Современный опыт проектирования, испытаний, производства и эксплуатации тормозных устройств подъемно-транспортных машин".-М., 1992.-с.63.
 13. А.с.№1218198 (СССР). Охлаждаемый ленточный тормоз./Ивано-Франковск ин-т нефти и газа; авт. изобрет. А.И. Вольченко, А.Вольченко, С.В. Балаболин и др.-Опубл. в "И.", 1986, №10.

14. А.с. №1346877 (СССР). Ленточный тормоз./Ивано-Франковск. ин-т нефти и газа; авт. изобрет. А. И. Вольченко, Н. А. Вольченко, С. В. Балаболин и др. - Оpubл. в Б. И., 1987, №39.
15. А.с. №1467278 (СССР). Ленточный тормоз./Ивано-Франковск. ин-т нефти и газа; авт. изобрет. А. И. Вольченко, Д. А. Вольченко, С. В. Балаболин и др. - Оpubл. в Б. И., 1989, №11.
16. А.с. №1481529 (СССР). Ленточный тормоз./Ивано-Франковск. ин-т нефти и газа; авт. изобрет. А. И. Вольченко, М. Г. Моgetич, С. В. Балаболин и др. - Оpubл. в Б. И., 1989, №19.
17. А.с. №1516646 (СССР). Ленточно-колодочный тормоз./Ивано-Франковск. ин-т нефти и газа; авт. изобрет. А. И. Вольченко, Д. А. Вольченко, С. В. Балаболин и др. - Оpubл. в Б. И., 1989, №39.
18. А.с. №1521950 (СССР). Лебедка./Ивано-Франковск. ин-т нефти и газа; авт. изобрет. А. И. Вольченко, М. Г. Моgetич, С. В. Балаболин и др. - Оpubл. в Б. И., 1989, №42.
19. А.с. №1543151 (СССР). Ленточный тормоз./Ивано-Франковск. ин-т нефти и газа; авт. изобрет. А. И. Вольченко, Н. А. Вольченко, С. В. Балаболин и др. - Оpubл. в Б. И., 1990, №6.
20. А.с. №1626015 (СССР). Охлаждаемый ленточный тормоз./Ивано-Франковск. ин-т нефти и газа; авт. изобрет. А. И. Вольченко, Д. А. Вольченко, С. В. Балаболин и др. - Оpubл. в Б. И., 1991, №5.
21. А.с. №1634858 (СССР). Самоохлаждаемый тормозной шкив./Ивано-Франковск. ин-т нефти и газа; авт. изобрет. А. И. Вольченко, Д. А. Вольченко, С. В. Балаболин и др. - Оpubл. в Б. И., 1991, №10.
22. А.с. №1649160 (СССР). Ленточный тормоз./Ивано-Франковск. ин-т нефти и газа; авт. изобрет. А. И. Вольченко, Ю. К. Михайлов, С. В. Балаболин и др. - Оpubл. в Б. И., 1991, №18.
23. А.с. №1712705 (СССР). Ленточный тормоз./Ивано-Франковск. ин-т нефти и газа; авт. изобрет. А. И. Вольченко, П. А. Скороход, С. В. Балаболин и др. - Оpubл. в Б. И., 1992, №6.
24. А.с. №1732069 (СССР). Охлаждаемый ленточный тормоз./Ивано-Франковск. ин-т нефти и газа; авт. изобрет. А. И. Вольченко, Д. А. Вольченко, С. В. Балаболин и др. - Оpubл. в Б. И., 1992, №17.
25. А.с. №1767254 (СССР). Ленточный тормоз с магнитным охлаждением./Ивано-Франковск. ин-т нефти и газа; авт. изобрет. А. И. Вольченко, Д. А. Вольченко, С. В. Балаболин и др. - Оpubл. в Б. И., 1992, №37.
26. А.с. №1779839 (СССР). Ленточный тормоз./Ивано-Франковск. ин-т нефти и газа; авт. изобрет. А. И. Вольченко, Д. А. Вольченко, С. В. Балаболин и др. - Оpubл. в Б. И., 1992, №45.
27. А.с. №1793123 (СССР). Самоохлаждаемый тормозной шкив./Ивано-Франковск. ин-т нефти и газа; авт. изобрет. А. И. Вольченко, Д. А. Вольченко, С. В. Балаболин и др. - Оpubл. в Б. И., 1993, №5.

STANFORD UNIVERSITY LIBRARY
375 LATHAM STREET
STANFORD, CALIF. 94305-5080
TEL: (415) 495-5100
FAX: (415) 495-5101
WWW: WWW.STANFORD.EDU

AB 28.648

AB 28.648