

МЕТОДИ ТА ЗАСОБИ РЕГУЛЮВАННЯ ДИНАМІЧНОЇ НАВАНТАЖЕНОСТІ ФРИКЦІЙНИХ ВУЗЛІВ СТРІЧКОВО-КОЛОДКОВИХ ГАЛЬМ БУРОВИХ ЛЕБІДОК

АНОТАЦІЯ. Показані методи та засоби регулювання питомих навантажень в серійному стрічково-колодковому гальмі бурової лебідки та гальмівних моментів у комбінованому гальмі.

Ключові слова: питоме навантаження, стрічково-колодкові гальма, бурова лебідка.

АННОТАЦИЯ. Показаны методы и средства регулирования удельных нагрузок в серийном ленточно-колодочном тормозе буровой лебедки и тормозных моментов в комбинированном тормозе.

Ключевые слова: удельная нагрузка, ленточно-колодочные тормоза, буровая лебедка.

SUMMARY. The methods and means of regular of the specific loading in series band-shoe brake of draw works and the brake moments in combine brake.

Key words: specific loading, tape-pads brakes, boring winch.

Актуальність дослідження

Однією з підсистем бурової установки є стрічково-колодкове гальмо бурової лебідки. Працездатність та надійність фрикційних вузлів стрічково-колодкового гальма залежить від правильного розрахунку його конструктивних параметрів та вибору матеріалів пар тертя гальма, і, як наслідок, отримання ефективних експлуатаційних параметрів.

Питання теорії, розрахунку та конструювання стрічково-колодкових гальм бурових установок розглядалися в роботах М.П. Александрова, В.Ф. Гайдамаки, Б.Л. Давидова, А.Х. Джанамехтова, С.А. Раджабова, Г.М. Шахмалієва та ін. Однак до цього часу немає достатньо надійних рекомендацій з визначення та регулювання гальмівних моментів [1] і, в особливості, встановлення закономірностей розподілення питомих навантажень на робочих поверхнях фрикційних накладок вузлів тертя гальма [2]. Останні, в першу чергу, залежать від того, яким чином розміщені фрикційні накладки на гальмівній стрічці.

У роботі [3] показано, що зазори між накладками на набігаючій та збігаючій гілках гальмівної стрічки підкоряються закономірностям арифметичної та геометричної прогресії. Це дозволило збільшити робочу поверхню фрикційних накладок на набігаючій гілці стрічки та зменшити її на збігаючій гілці стрічки і, як наслідок, зменшити навантаження на набігаючій гілці стрічки (рис.1). Однак таке розміщення фрикційних накладок вимагає зміни кроку

їхнього кріплення на гілках гальмівної стрічки.

Мета роботи полягає в розробці методу керування перерозподілом питомих навантажень на гілках гальмівної стрічки за рахунок зміни робочих площ накладок та регулюванні гальмівного моменту в стрічково-колодковому гальмі бурової лебідки.

Виклад основного матеріалу

Метод вирівнювання питомих навантажень на гілках гальмівної стрічки розподіляється на два етапи.

Перший етап полягає у визначенні робочих площ фрикційних накладок на набігаючій гілці гальмівної стрічки.

Для цього використовується рівняння арифметичної прогресії з попередньо заданим її першим членом a_1 . Із рівняння знаходиться сумарна площа робочих поверхонь накладки S_m

$$S_m = \frac{2a_1 + d(m-1)}{2} m,$$

де d – різниця прогресії.

Величина робочих площ накладок на набігаючій гілці гальмівної стрічки визначалися із залежності $a_{m_1} = a_m + d$. На цьому перший етап завершується.

Другий етап полягає у визначенні робочих площ фрикційних накладок на збігаючій гілці гальмівної стрічки.

Для цього використовується рівняння геометричної прогресії з врахуванням того, що останній член арифметичної прогресії є першим членом (b_1) геометричної прогресії. Сумарна площа робочих накладок (m) збі-

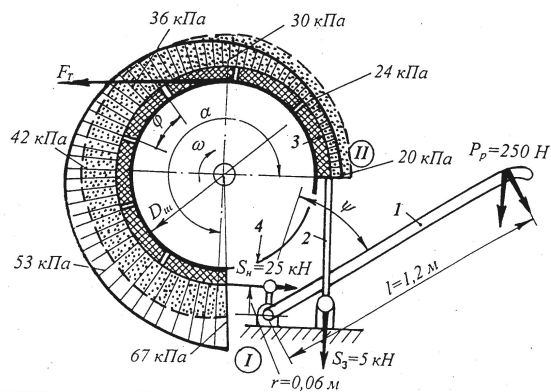


Рис. 1. Схема стрічково-колодкового гальма з епюрами розподілення питомих навантажень за довжиною гальмівної стрічки: 1 – важіль керування; 2 – гальмівна стрічка з набігаючою I та збігаючою II гілками; 3 – фрикційна накладка; 4 – гальмівний шків; S_H, S_3 – натяги набігаючої та збігаючої гілки стрічки; r – радіус кривошипа; P_p – зусилля робітника на важелі керування; F_T – сила тертя у фрикційному вузлі

гаючої стрічки S_m враховується за формулою

$$S_m = \frac{b_1(q^{m_1} - 1)}{q - 1},$$

де q – знаменник геометричної прогресії.

Величини робочих площ накладок на збігаючій гілці гальмівної стрічки визначали з залежності $b_{m_1} = b_1 \cdot q^{m_1 - 1}$, враховуючи те, що $b_1 = a_m q$, де a_m – останній член арифметичної прогресії, який дорівнює площі робочої поверхні останньої накладки збігаючої гілки гальмівної стрічки. На цьому другий етап завершується.

Таким чином, для цілеспрямованого перерозподілу питомих навантажень між набігаючою і збігаючою гілками гальмівної стрічки, виходячи з її експлуатаційної можливості, необхідно правильно задатися величиною тільки робочої площі першої накладки набігаючої гілки стрічки. Всі решта значень робочих площ накладок визначаються розрахунковим шляхом.

Зменшення робочих площ накладок 3 відбувається в напрямку від набігаючої гілки (I) до кінця збігаючої гілки (II) гальмівної стрічки 2 (рис. 1). Тому, в накладках 2 зі сторони їхніх робочих поверхонь 3 на величині допустимого зносу виконані пази у вигляді конусоподібних плоских сопел 4 (рис. 2 а, б). Використання в накладках 2 плоских сопел 4 різної конфігурації

зі сторони їхніх робочих поверхонь 3 дозволяє впливати на поздовжню та поперечну (при розімкненому гальмі) та поперечну (при гальмуванні) циркуляції повітря, тобто змінювати напрямок (при обертанні шківа за та проти годинникової стрілки) та швидкість руху потоку повітря, що інтенсифікує повітрообмін і, як наслідок, знижує теплонавантаженість пар тертя гальма.

У зв'язку з тим, що вага фрикційних накладок 2 на гілках гальмівної стрічки 1 і тому використані на ній підресорні відтяжні пристрої 5 різної піддатливості (видно на рис. 2 а по кількості витків циліндричної пружини), які забезпечують сталість зазору між парами тертя стрічково-колодкового гальма в їхньому розімкненому стані.

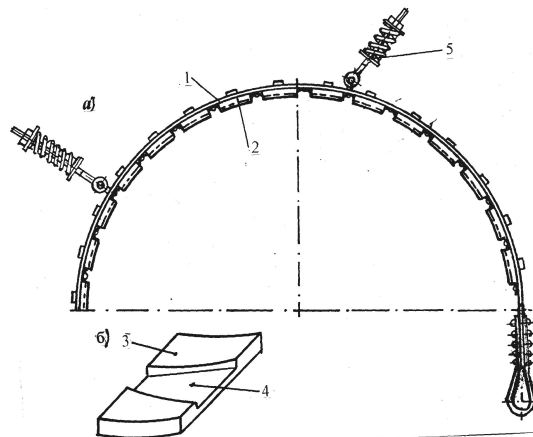


Рис. 2 а, б. Гальмівна стрічка в зібраному стані (а) та удосконалена фрикційна накладка (б): 1 – гальмівна стрічка; 2 – фрикційна накладка; 3 – робоча поверхня накладки; 4 – плоске сопло в тілі накладки; 5 – підресорні відтяжні пристрої

Як приклад розглянемо гальмівну стріч-

Таблиця 1

Вихідні дані для визначення значень площ робочих поверхонь накладок гальмівної стрічки

n, шт.	Гілки гальмівної стрічки					
	n ₁ , шт.	Арифметична прогресія		n ₂ , шт.	Геометрична прогресія	
		a ₁ , мм ²	d, мм ²		b ₁ , мм ²	q
26	13	27600	230	13	15	1,1037

ку з кутом охоплення 270°, на якій необхідно встановити зі змінним кроком 12, 20, 26 серійних фрикційних накладок

($a \times b \times h = 120 \times 230 \times 30$ мм) стрічково-колодкового гальма бурової лебідки У2-5-5. В табл. 1 наведено вихідні дані для визначення площі робочих поверхонь накладок, розміщених за периметром стрічки.

Найбільш слабкою ланкою у гальмівному вузлі є фрикційні накладки. Вони виготовляються у вигляді окремих деталей, які кріпляться різними способами (наприклад, за допомогою вусиків) до відносно гнучкої сталеві стрічки. При розміщенні на стрічці накладок зі сталим кроком їхня кількість завжди є парною (12; 16; 18; 20; 22; 26).

Загальна кількість фрикційних накладок на гальмівній стрічці залежить від їхніх геометричних параметрів, а також від того, який кут охоплення гальмівною стрічкою робочою поверхнею гальмівного шківів реалізується в даних фрикційних вузлах стрічково-колодкового гальма бурової лебідки.

При призначенні кількості накладок, які попадають на набігаючу та збігаючу гілки гальмівної стрічки (які повинні бути встановлені між собою зі сталим зазором), необхідно визначити коефіцієнт взаємного перекриття контактуючих пар тертя окремо для кожної із гілок стрічки. Коефіцієнт взаємного перекриття є відношення контактних площ накладок та шківів (A_1 та A_2) до охоплюваної ними кільцевої площі A_0 , тобто:

$$k_{\acute{a}ci} = \frac{\acute{R}_1 \acute{R}_2}{\acute{R}_0^2}, \quad (1)$$

$$k_{\acute{a}c\grave{c}} = \frac{\acute{R}_1 \acute{R}_2}{\acute{R}_0^2}, \quad (2)$$

де $k_{\acute{a}ci}$, $k_{\acute{a}c\grave{c}}$ – коефіцієнти взаємного перекриття контактуючих пар тертя, які реалізуються набігаючою та збігаючою гілками гальмівної стрічки.

Відношення $k_{\acute{a}ci}$ до $k_{\acute{a}c\grave{c}}$ дорівнює відношенню питомих навантажень, які реалізуються на набігаючій (p_H) та збігаючій (p_3) гілках гальмівної стрічки. Отримане співвідношення (p_H/p_3) і покаже, на скільки площі робочих поверхонь накладок повинні бути більшими на набігаючій гілці порівняно з площею поверхонь накладок збігаючої гілки гальмівної стрічки.

За допомогою даного методу були встановлені закономірності зміни значень робочих площ фрикційних накладок (табл. 2).

Аналіз отриманих результатів розрахунків дозволив встановити наступне. Під час монтажу на гальмівній стрічці, відповідно, 12, 18, 20, 22 та 26 накладок відношення робочих площ першої накладки до останньої склало, відповідно, 1,1; 1,104; 1,21; 1,24 та 1,56. Сумарний кут охоплення в нових фрикційних вузлах зменшився для 12, 18, 20, 22 та 26 накладок, що дозволило зменшити кількість накладок, відповідно, на 0,6; 1,045; 1,78; 2,24 та 3,2 шт.

З наведеного прикладу видно, що зі збільшенням кількості накладок на гальмівній стрічці спостерігається зменшення величини відношення питомих навантажень на накладках набігаючої та збігаючої гілок, що свідчить про більш рівномірне їхнє розподілення по довжині стрічки (рис. 1).

Регулювання гальмівних моментів в комбінованому гальмі

Встановлено, що зі збільшенням кута охоплення однією фрикційною накладкою робочої поверхні гальмівного шківів збільшується реалізований гальмівний момент фрикційним вузлом, а також сприяє рівномірному розподіленню питомих навантажень на їхніх поверхнях взаємодії. Однак,

даний шлях регулювання гальмівних моментів у фрикційних вузлах стрічково-колодкового гальма має обмеження і тому прийшлося звернутися до індукторного гальма. Останнє має наступні конструктивні особливості. На внутрішній поверхні гальмівного шківів по краях його периметра розташовані із зазором між лівим та правим рядом прямокутні зубці. Гальмівний шків з рядами зубців виконує функції ротора.

Нижче торців зубців розміщено квадратне вікно котушки збудження, яка знаходиться в системі охолодження з ефектом «теплової труби», і в індукторному гальмі виконує функції статора.

Закономірності зміни робочих площ фрикційних накладок при встановленні на гальмівній стрічці

Таблиця 2

Номери фрикційних накладок гальмівної стрічки																											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26		
Загальна кількість накладок на стрічці $n = 26$ при кроці між ними, 37,0 мм																											
Набігаюча гілка ($n = 13$)													13) Збігаюча гілка ($n =$														
Площі робочих поверхонь накладок, 10^3 мм^2																											
27,6	27,37	27,14	26,91	26,68	26,45	26,22	25,99	25,76	25,53	25,3	25,07	24,84	24,61	24,38	24,02	23,63	23,19	22,71	22,18	21,6	20,95	20,24	19,47	18,58	17,61		
Співвідношення робочих площ накладок у випадку, якщо на гальмівній стрічці знаходиться																											
$A_1/A_{12} = 1,1$											$A_1/A_8 = 1,104$						$A_1/A_{20} = 1,21$				$A_1/A_{22} = 1,24$			$A_1/A_{22} = 1,24$			
Зменшення робочих площ накладок у випадку, якщо на гальмівній стрічці знаходиться																											
17930 мм^2													28860 мм^2						49170 мм^2				61820 мм^2			88360 мм^2	
Сумарний кут охоплення у фрикційних вузлах																											
$\frac{149,75^\circ}{143,58^\circ (0,6)}$													$\frac{226,08^\circ}{213,08^\circ (1,045)}$						$\frac{251,38^\circ}{231,5^\circ (1,78)}$				$\frac{276,9^\circ}{249,7^\circ (2,24)}$			$\frac{327,57^\circ}{292,47^\circ (3,2)}$	
																										серійних удосконалених	

Таким чином, над статором знаходяться дві однакові симетрично розміщені у лівому ряді мають полярність N , а зубці правого ряду – полярність S .

При обертанні ротора здійснюється підключення котушки збудження до джерела постійного струму, що викликає періодичну зміну величини індукції на поверхні статора, оберненої до зубців ротора. При цьому магнітний потік у повітряному зазорі між ротором і статором змінюється тільки за величиною, а не за напрямком.

Комбіноване стрічково-колодке гальмо та індикаторне гальмо працює на трьох режимах.

На першому режимі працює стрічково-колодке гальмо, на другому – індукторне гальмо, на третьому – одночасно працюють стрічково-колодке та індукторне гальма.

Регулювання гальмівного моменту індукторного гальма здійснюється завдяки зміні струму збудження у котушці. В зв'язку з тим, що для цього необхідна мала потужність збудження індукторних гальм, тому можливе здійснення автоматичного регулювання гальмівного моменту за допомогою керованих напівпровідникових або магнітних підсилювачів, що забезпечить простоту та ефективність автоматизації за малих економічних затратах. Такими засобами можливо автоматично підтримувати сталу величину гальмівного моменту або його змінювати по попередньо заданій програмі в залежності від навантаженості фрикційних вузлів гальма. Можна вирішувати і обернену задачу, наприклад, автоматично регулювати швидкість обертання підйомного вала шляхом відповідної зміни моменту індукторного гальма.

За всіма трьома режимами гальмування комбінованих гальм стійка робота стрічково-колодкового гальма досягається тільки в тому випадку, якщо на робочій поверхні фрикційних накладок не будуть розвиватися допустимі температури для їхніх матеріалів. Остання здатна викликати дестабілізацію зносо-фрикційних властивостей стрічково-колодкових гальм.

Висновки

Реалізація складової методу керування перерозподілом питомих навантажень на гілках стрічки за рахунок зміни робочих площ фрикційних накладок в стрічково-колодковому гальмі дозволить покращити експлуатаційні параметри його фрикційних вузлів та суттєво збільшити ресурс накладок, розміщених на набігаючій гілці стрічки. Використання поряд зі стрічково-колодковим індукторного гальма дозволить розширити діапазон регулювання гальмівних моментів в залежності від навантаження його фрикційних вузлів.

Література

1. *Александров М.П.* Грузоподъемные машины. – М.: Из-ва МГТУ им. Н.Э.Баумана. – Высшая школа, 2000. – 552 с.
2. *Джанахмедов А.Х.* Триботехнические проблемы в нефтегазовом оборудовании. – Баку: Элм, 1998. – 216 с.
3. *Крижанівський Є.І., Вольченко О.І., Вольченко Д.О. та ін.* Стрічково-колодкові гальма. – Івано-Франківськ: ІФНТУНІГ, 2007. – 215 с.

Рецензент: А.В. Фомин, к.т.н., проф.
(КНУБА)

Отримано: 16.12.2008 р.