

АНАЛІЗ ТЕПЛОПОТОКІВ ШКІВА СТРІЧКОВО-КОЛОДКОВОГО ГАЛЬМА БУРОВОЇ ЛЕБІДКИ

Д.Ю. Журавльов, О.Ю. Журавльов, Т.В. Яців, М.М. Лях

ІФНТУНГ, 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15, тел. (03422) 42195,
e-mail: public@nuing.edu.ua

Стаття присвячена аналізу теплових потоків шківів та оцінці значення основного гальма лебідки бурової установки під час виконання основних технологічних операцій. Відмічено негативний вплив високої температури гальмівного шківів на його довговічність та якісні показники гальмування в процесі опускання колони труб. Наводиться теоретичний аналіз теплових потоків шківів основного стрічково-колодкового гальма бурової лебідки. Представлені схема гальмівного шківів зі всіма його ділянками відведення тепла та графіки теплових потоків. На основі аналізу існуючих технічних рішень відведення тепла від шківів та результатів аналізу теплових потоків прогноуються основні напрямки вдосконалення конструкції гальм бурових лебідок, які дозволяють збільшити термін їх експлуатації і покращити інші якісні показники гальмування.

Ключові слова: стрічково-колодкове гальмо, гальмівний шків, тепловиток, основне гальмо, гальмівна система бурової лебідки

Статья посвящена анализу тепловых потоков шкивов и оценке значения основного тормоза лебёдки буровой установки при основных технологических операциях. Отмечено негативное влияние высокой температуры тормозного шкива на его долговечность, а также качественные показатели торможения при опускании колонны труб. Приводится теоретический анализ тепловых потоков шкивов основного ленточно-колодочного тормоза буровой лебёдки. Представлены схема тормозного шкива со всеми его участками отвода тепла и графики тепловых потоков. На основании анализа существующих технических решений отвода тепла от шкивов и результатов анализа тепловых потоков прогнозируются основные направления усовершенствования конструкций тормозов буровых лебёдок, которые позволяют увеличить термин их эксплуатации и улучшить другие качественные показатели торможения.

Ключевые слова: ленточно-колодочный тормоз, тормозной шкив, тепловиток, основной тормоз, тормозная система буровой лебёдки.

The article is dedicated to the heat flow analysis of the pulley and the main brake evaluation of the drilling rig winch during the performance of the basic technological operations. The authors observe the high temperature negative influence of the braking pulley on its durability and the braking qualitative indices in the pipe string lowering process. The pulley heat flows theoretical analysis of the main band-block brake of the drawworks is given. The braking pulley scheme with all its sections of the heat removal and heat flow charts are presented. The main improvement directions of the drilling winch brakes construction are provided on the analysis of the existing technical decisions of the heat removal from the pulleys and the heat flow results, which help to increase their service life and improve other qualitative braking indices.

Key words: band-block brake, braking pulley, heat flow, main brake, braking system of the drawworks.

Вступ. Гальмівні механізми є невід'ємною, найбільш відповідальною частиною вантажопідіймальних машин, що призначені для зупинки, обмеження швидкості та утримання у зваженому стані вантажу. Високі вимоги до гальмівних механізмів забезпечують безаварійну експлуатацію вантажопідіймальних машин.

Гальмування швидкості вантажопідіймальних механізмів є наслідком створення значних сил тертя між шківівми або дисками, що обертаються, та нерухожими елементами (колодками, стрічками, дисками тощо). Під час гальмування кінетична енергія рухомих мас і елементів підіймального механізму перетворюється на теплову, що спричиняє нагрівання складових частин гальм.

Існує багато типів гальм, які можна класифікувати за такими ознаками [4]:

напрямом дії зусиль натискання на гальмівний елемент з радіальним і осьовим замиканням;

конструкцією робочого елемента – колодкові; стрічкові, дискові, конічні тощо;

джерелом створення зусилля – ручне, пружинне, вантажне, гідравлічне, пневматичне, електричне, комбіноване і т.д.

призначенням – стопорне (для зупинки) і обмежуваче швидкості (регулятори швидкості); принципом дії – автоматичні і керовані оператором;

характером дії приводного зусилля – закритого типу (постійно загальмовані, що розгальмовуються тільки на період виконання певної операції), відкритого типу (загальмовуються тільки для зупинки механізму) та комбіновані (можуть працювати як в закритому, так і у відкритому режимах).

На даний час, як основні почали застосовувати дисково-колодкові гальма бурової лебідки, але поки що кількісну перевагу в оснащенні бурових установок глибокого і надглибокого буріння мають стрічково-колодкові гальма. Основне гальмо бурової лебідки є одним з найбільш відповідальних механізмів бурової установки. Без основного гальма на буровій неможливо проводити жодних технологічних проце-

сів, що пов'язані з талевою системою. Від стану і надійності його роботи значною мірою залежить безаварійність і якість проведення спуско-підіймальних операцій з бурильними і обсадними колонами. Найскладнішим процесом в буровій установці для гальма є опускання бурильної та обсадної колони [1]. У процесі опускання колони труб на великі глибини гальмівні шківні стрічково-колодкові гальма можуть нагріватися до 800°-1000°С. Основною причиною прискореного виходу з ладу шківів і фрикційних накладок є висока температура на поверхні контакту шківів з фрикційними накладками. Нагрівання гальмівних шківів призводить до негативної зміни режимів гальмування. Крім цього, процес гальмування під час опускання викликає коливальні явища в талевій системі і обладнанні бурової установки, що спричиняють вихід з ладу талевого каната та іншого обладнання талевої системи бурової установки. Дослідженнями основного гальма бурової лебідки займалось і займається багато науковців. Існують різні підходи до вивчення процесів гальмування стрічково-колодковими гальмами бурової лебідки. Пропонуються різні способи відведення тепла від гальмівного шківів. Одним з таких способів є відведення тепла за допомогою рідини – водяне охолодження. Але цей спосіб має низку недоліків. Це значне ускладнення конструкції гальмівних шківів і всієї гальмівної системи, що призводить до значного збільшення вартості комплектуючого обладнання та різко ускладнює процес обслуговування і ремонту, особливо в зимовий період. Також пропонуються різні способи обдування робочих поверхонь шківів, в тому числі і газами. Проте і ці пропозиції широкого впровадження не знайшли з причини необхідності оснащення гальма спеціальними пристроями і механізмами, які, крім ускладнення конструкції, можуть бути джерелом забруднення повітря.

Отже, проблема інтенсифікації відводу теплотоків шківів стрічково-колодкового гальма бурової лебідки є актуальною.

Аналіз інтенсифікації відведення тепла на різних ділянках гальмівного шківів

Метою досліджень даної проблеми є: розроблення рекомендацій щодо створення більш раціональних систем охолодження поверхонь шківів стрічково-колодкового гальма бурової лебідки на основі результатів аналізу теплотоків шківів. Для зручності вивчення теплотоків шківів стрічково-колодкового гальма на рисунку 1 зображена схема перерізу гальмівного шківів, на якій позначені всі його ділянки, від яких можливе відведення тепла.

Ділянка А8-А9 ребра контактує з фрикційними накладками і є джерелом нагрівання у процесі гальмування. Ділянки А1-А2, А2-А3, А1-А14 контактують з сталевими дисками (боковими ребордами) барабана лебідки. На даних ділянках відведення тепла від шківів здійснюватиметься сталевим диском за законом контакту метала з металом.

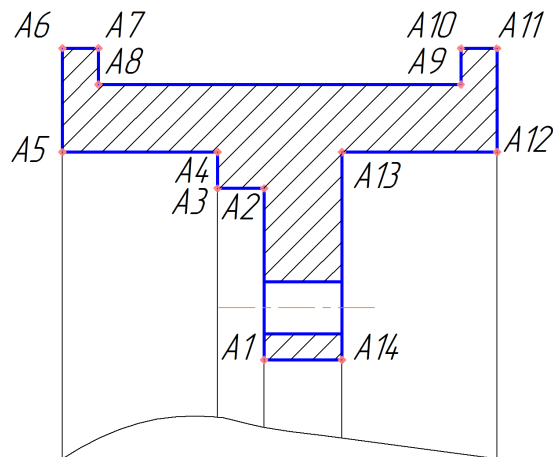


Рисунок 1 – Схема перерізу гальмівного шківів

На ділянках А3-А4, А4-А5, А5-А6, А6-А7, А7-А8, А9-А10, А10-А11, А11-А12, А12-А13, А13-А14 здійснюється відведення тепла повітрям, що контактує з даними поверхнями. Також короткочасно (при розгальмованій системі) відбуватиметься охолодження поверхні А8-А9. В даному випадку відведення тепла повітрям буде змінюватись у великому діапазоні. Інтенсивність відведення залежатиме від температури оточуючого повітря, частоти обертання шківів та інших чинників.

Пропонується провести аналіз теплотоків шківів стрічково-колодкового гальма бурової лебідки за спрощеними графіками, наведеними на рисунку 2.

Ділянки гальмівного шківів умовно представлені у вигляді прямих ліній, за допомогою яких побудовані графіки теплотоків з поверхонь шківів стрічково-колодкового гальма (рис. 2 а, б). Тут: А – довжина периметра шківів в перерізі; Q – тепло, що виділяється або поглинається; 0 – умовний нуль.

На рисунку 2, а вказано, що на ділянці А8-А9 відбувається накопичення тепла під час гальмування (контактування поверхні з фрикційними накладками). Тобто вище осі ОА – процес нагрівання, а нижче даної осі – процес охолодження (відведення тепла). Визначивши заштриховані площі, можна встановити ефективність охолодження шківів при виконанні різних технологічних операцій з буровою лебідкою.

На рисунку 2, б показано процес відведення тепла за відсутності гальмування. Розподіл тепла також відбуватиметься при повністю загальмованому основному гальмі, коли барабан лебідки не обертається. В першому випадку, коли фрикційні накладки не контактують з робочою поверхнею гальмівного шківів, барабан лебідки, а, відповідно, і шків будуть обертатися. Охолодження відбуватиметься досить інтенсивно. У другому випадку, коли фрикційні накладки притиснені до робочої поверхні шківів і барабан лебідки знаходиться в нерухомому загальмованому стані, рух повітря відносно поверхонь гальмівних шківів буде відсутній або мінімальний, отже інтенсивність відведення

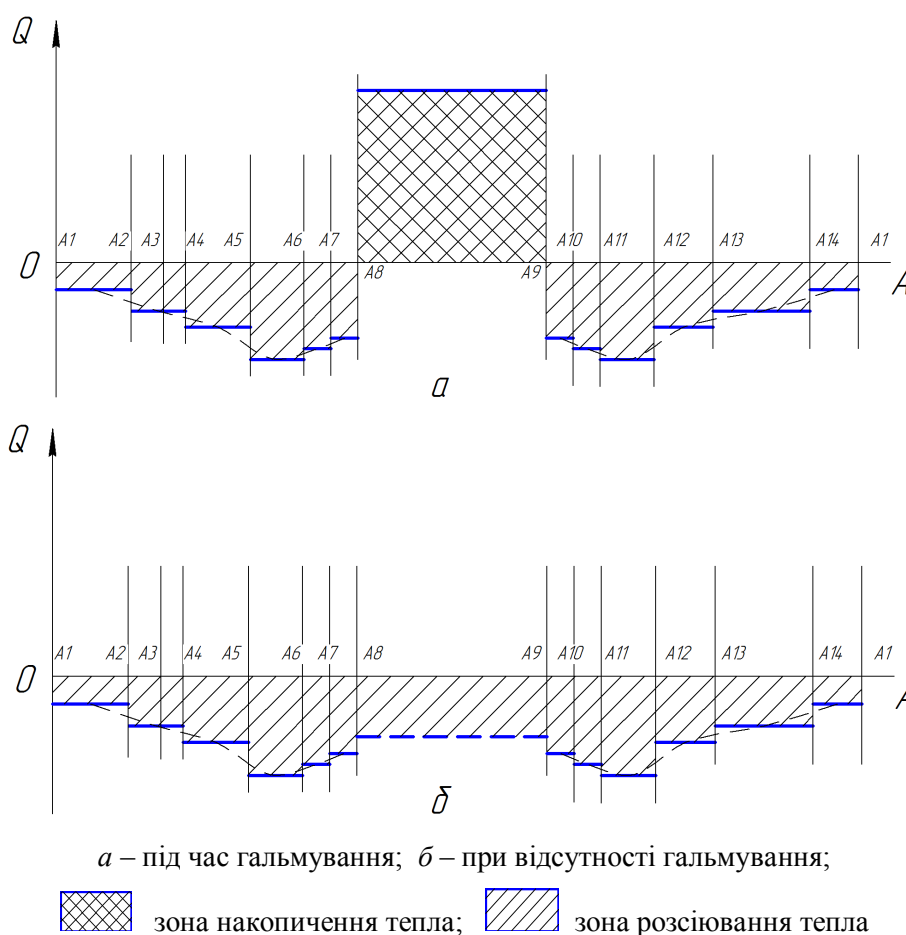


Рисунок 2 – Графіки теплових потоків поверхнь шків стрічково-колодкового гальма

тепла також буде мінімальною, робоча поверхня шківів буде термоізольована фрикційними накладками. Матеріал фрикційних накладок є досить низької теплопровідності. Тому охолодження робочої поверхні в даній ситуації буде незначним. За основу для початкового теоретичного дослідження взято існуючий тепловий розрахунок основного стрічково-колодкового гальма бурової лебідки [2].

У сталому тепловому стані все тепло, що виділяється під час гальмування, віддається навколишньому середовищу

$$Q_B = Q_1 + Q_2 + Q_3,$$

$$\text{де: } Q_1 = (c_1 P_1 + c_2 P_2) \left[\left(\frac{173 + t_1}{100} \right)^4 - \left(\frac{273 + t_2}{100} \right)^4 \right] -$$

кількість теплоти, що випромінюється, кВт/год;

$c_1 = 2 \div 3 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ – коефіцієнт випромінювання від полірованої робочої поверхні гальмівого шківів з площі P_1 ;

$c_2 = 8 \div 12 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ – коефіцієнт випромінювання від шорстких поверхонь з площі P_2 ;

P_1, P_2 – площі поверхонь, з яких випромінюється теплота, м^2 ;

t_1 – температура нагрівання шківів, $^{\circ}\text{C}$;

t_2 – температура довкілля, $^{\circ}\text{C}$;

$Q_2 = c_3 P_3 (t_1 - t_3) \cdot (1 - PB) \cdot 3,6$ – кількість теплоти, що відводиться конвекцією повітря під час нерухомого шківів, кВт/год;

$c_3 = 12 \div 25 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ – коефіцієнт тепловіддачі від нерухомого шківів повітря;

P_3 – площа поверхні шківів, від якої відводиться теплота конвекцією, м^2 ;

$PB = 0,4 - 0,6$ – відносна тривалість вмикання;

$Q_3 = (t_1 - t_2) \cdot PB \cdot \sum f_i \cdot c_{4i} \cdot 3,6$ – кількість теплоти, що відводиться конвекцією повітрям під час обертання шківів в кВт/год;

$\sum f_i$ – площа бокових кільцевих поверхонь шківів, м^2 ;

$c_{4i} = 1,5 V_i^{0,8}$ – коефіцієнт тепловіддачі кільцевих поверхонь гальмівого (гальмівних) шківів, що обертаються, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$;

V_i – швидкість відповідних кільцевих поверхонь, м/с.

В наведеній роботі [2] розглядається відведення тепла охолоджуючою рідиною, а також поглинання тепла допоміжним гальмом, і взагалі не беруться до уваги (рис.1) поверхні A1-A2, A2-A3 і A1-A14, які контактують з сталевими дисками барабана лебідки. Поверхня A8-A9 є робочою поверхнею, а за відсутності контакту з фрикційними накладками (розгальмований стан) проміжок між накладками і робочою поверхнею шківів буде незначним, тож охолодження відбуватиметься за іншим принципом, ніж коли поверхня повністю відкрита. В даному випадку повинно враховуватись і те, що

фрикційні накладки є також нагрітими. Крім цього, охолодження водою гальмівних шківів, як вказувалось вище, на даний час використовується дуже рідко.

Для отримання найбільш об'єктивної картини тепловитоків шківів стрічково-колодкового гальма бурової лебідки необхідно провести експериментальні дослідження безпосередньо на реальній буровій установці. Для цього слід оснастити досліджувані поверхні давачами контролю зміни температури. Експериментальні дослідження на буровій доцільно проводити за різних погодних умов. Отримані під час експериментальних досліджень реальні результати можуть бути основою для вдосконалення методики теплового розрахунку основного гальма бурової лебідки.

Висновки. Крім сказаного вище доцільно взяти на озброєння ще деякі напрямки вдосконалення конструкції гальм, а саме [4]:

– зменшення маси гальм за рахунок раціональної конструкції і вдосконалення привода, маса якого буває досить значною (особливо у випадку нижнього розміщення бурової лебідки);

– покращення динамічних характеристик гальм: зменшення моменту інерції гальмівних шківів, значення яких може сягати значення моменту інерції барабана лебідки, а в деяких випадках значно перевищувати його; раціональний вибір жорсткості пружин і важільної системи, визначення оптимального часу замикання і розмикання фрикційних пар, а також раціональний зазор між фрикційними парами;

– підвищення надійності гальм шляхом вибору раціональних конструкцій гальмівного механізму в тому числі і його привода, правильного вибору матеріалів, автоматичного регулювання зазорів між робочими фрикційними поверхнями, синхронізація роботи всіх частин гальмівного механізму бурової лебідки і привода, використання уточнених методів розрахунку елементів гальма на довговічність;

– керування величиною гальмівного моменту та оснащення гальмівного механізму приладом для визначення гальмівного моменту;

– підвищення роботоздатності гальм, значною мірою, залежить від стабільності динамічного коефіцієнта тертя у фрикційній парі, яку можливо зберегти шляхом вдосконалення конструкції для покращення тепловідведення, захисту від можливого потрапляння мастила та вологи, а також використанням приладів зворотного зв'язку (інформація про зміну динамічного коефіцієнта тертя).

Отже, крім вказаного вище, для покращення експлуатаційних показників стрічково-колодкового гальма необхідно створити інтенсивне примусове обдування повітрям або іншими газами всіх поверхонь гальмівного шківів, а також робочої поверхні фрикційних накладок в розгальмованому стані, збільшити поверхню шківів, яка випромінює (віддає) теплоту. Для можливості створення раціональних конструкційних рішень необхідно удосконалити систему

теплового розрахунку основного стрічково-колодкового та дискового гальма бурової лебідки, яка би враховувала всі ситуації, що виникають під час роботи основного гальма бурової лебідки.

Література

1 Ефимченко С.И. Расчёт и конструирование машин и оборудования нефтяных и газовых промыслов. Часть 1. Расчёт и конструирование оборудования для бурения нефтяных и газовых скважин. [текст] / С.И. Ефимченко, А.К. Прыгаев. – М.: ФГУП изд-во "Нефть и газ" РГУ нефти и газа им. И.М.Губкина, 2006. – 736 с. – ISBN 5-7246-0246-6.

2 Ильский А.Л. Расчёт и конструирование бурового оборудования: учеб. пособие для вузов. [текст] / А.Л. Ильский, Ю.В. Миронов, А.Г. Чернобыльский. – М.: Недра, 1985. – 452 с.

3 Вольченко А.И. Тормозные механизмы. [текст] / А.И. Вольченко, Д.А. Вольченко, Г.П. Рыбин. – Луганск: Луганский рабочий, 1995 – 285 с.

4 Иванченко Ф.К. Конструкция и расчёт подъёмно-транспортных машин / Ф.К. Иванченко. – К.: Вища школа, 1988. – 424 с. 2-е изд., перераб. и доп.

*Стаття надійшла до редакційної колегії
20.01.11*

*Рекомендована до друку професором
Б.В. Конесем*