



**ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА  
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ**

**(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ**

(21)(22) Заявка: 2012120110/11, 15.05.2012

(24) Дата начала отсчета срока действия патента:  
15.05.2012

Приоритет(ы):

(22) Дата подачи заявки: 15.05.2012

(43) Дата публикации заявки: 20.11.2013 Бюл. № 32

(45) Опубликовано: 20.04.2014 Бюл. № 11

(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: RU 2263832 C2, 10.11.2009; . RU 2263833 C1, 27.05.2009; . US 2773568 A 11.12.1956; . US 2179543 A, 14.11.1939; . DE 2516292 A1, 26.10.1976; . US 3450242 A, 17.06.1969

Адрес для переписки:

76019, Украина, Ивано-Франковск, ул.  
Карпатская, 15, Ивано-Франковский  
национальный технический университет нефти  
и газа, Патентно-лицензионный отдел

(72) Автор(ы):

Вольченко Александр Иванович (UA),  
Вольченко Николай Александрович (RU),  
Вольченко Дмитрий Александрович (UA),  
Криштопа Святослав Игоревич (UA),  
Журавлев Дмитрий Юрьевич (UA),  
Возный Андрей Владимирович (UA)

(73) Патентообладатель(и):

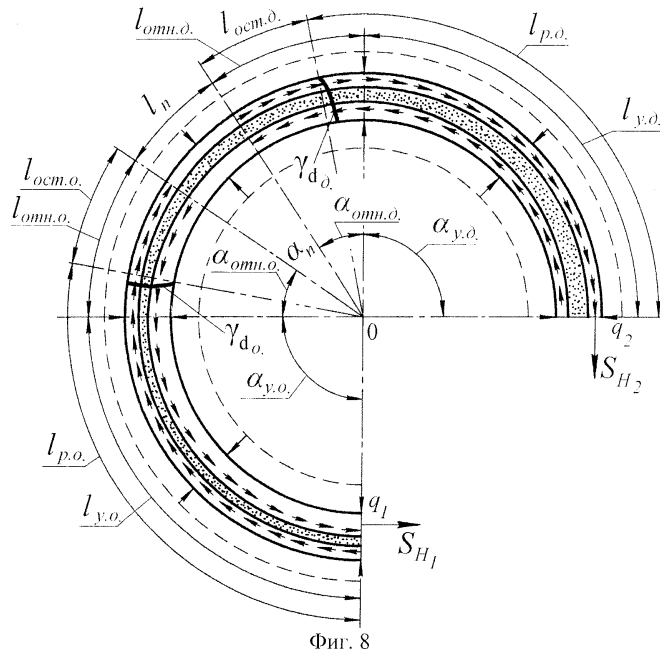
Ивано-Франковский национальный  
технический университет нефти и газа (UA)

**(54) ЛЕНТОЧНО-КОЛОДОЧНЫЙ ТОРМОЗ С КОМБИНИРОВАННОЙ ЛЕНТОЙ БУРОВОЙ ЛЕБЕДКИ**

(57) Реферат:

Изобретение относится к области машиностроения, в частности к ленточно-колодочным тормозам буровых лебедок. Ленточно-колодочный тормоз содержит тормозной шкив на валу и дополнительную тормозную ленту с установленными на ней фрикционными накладками, а также расположенную под ней основную тормозную ленту, при этом их набегающие концы прикреплены соответственно к балансиру и к мотылевым шейкам коленчатого вала, и привод управления тормозом. Основная тормозная лента выполнена с переменной жесткостью по длине, являющейся максимальной в месте, граничащем с креплением ленты к мотылевым шейкам

коленчатого вала, и минимальной на свободном конце ленты у балансира. Дополнительная тормозная лента своим суженным свободным концом прикреплена податливым ушком к основной тормозной ленте на конце, граничащем с мотылевыми шейками коленчатого вала. Поверхности основной и дополнительной тормозных лент соединены между собой прочным, но податливым приформированным слоем из наноматериала. Достигается снижение неравномерности распределения удельных нагрузок в парах трения «накладка - шкив» и повышение эффективности фрикционных узлов тормоза за счет дополнительных пар трения. 1 з.п. ф-лы, 8 ил.





FEDERAL SERVICE  
FOR INTELLECTUAL PROPERTY

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21)(22) Application: 2012120110/11, 15.05.2012

(24) Effective date for property rights:  
15.05.2012

Priority:

(22) Date of filing: 15.05.2012

(43) Application published: 20.11.2013 Bull. № 32

(45) Date of publication: 20.04.2014 Bull. № 11

Mail address:

76019, Ukraina, Ivano-Frankovsk, ul. Karpatskaja,  
15, Ivano-Frankovskij natsional'nyj tekhnicheskij  
universitet nefti i gaza, Patentno-litsenzionnyj otdel

(72) Inventor(s):

Vol'chenko Aleksandr Ivanovich (UA),  
Vol'chenko Nikolaj Aleksandrovich (RU),  
Vol'chenko Dmitrij Aleksandrovich (UA),  
Krishtopa Svjatoslav Igorevich (UA),  
Zhuravlev Dmitrij Jur'evich (UA),  
Voznyj Andrej Vladimirovich (UA)

(73) Proprietor(s):

Ivano-Frankovskij natsional'nyj tekhnicheskij  
universitet nefti i gaza (UA)

(54) **BAND-SHOE BRAKE WITH COMBINED BAND OF DRAW WORKS**

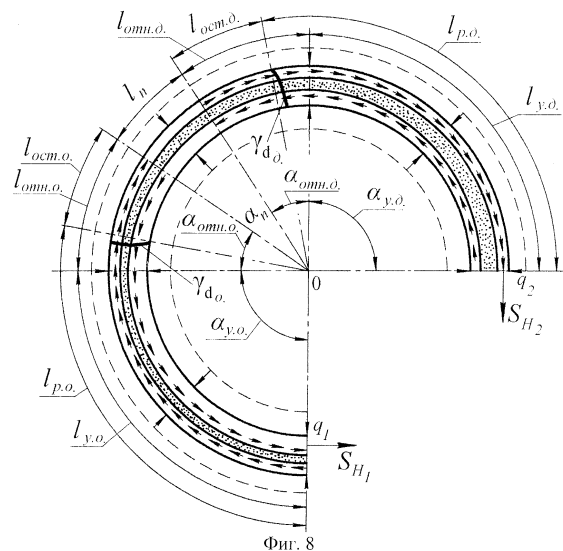
(57) Abstract:

FIELD: machine building.

SUBSTANCE: invention relates to machine building, particularly, to draw works band-shape brakes. Proposed brake comprises brake pulley on the shaft and extra brake band with friction discs and the main brake band arranged there under and brake control drive. Note here that their leading edges are secured to equaliser and crankshaft crank pin. The main brake shoe features stiffness varying in length, maximum stiffness is at place nearby band attachment to crank pin and minimum stiffness is at band free end nearby equaliser. Extra brake band narrow free end is secured by pliable ear to the main brake band at the end adjoining the crankshaft crank pins. Surfaces of the main and extra brake bands are interconnected by strong but pliable vulcanised-on layer of nanomaterial.

EFFECT: decreased irregularity of distribution of specific loads in friction pairs "friction disc - pulley".

2 cl, 8 dwg



RU 2 513 959 C2

RU 2 513 959 C2

Изобретение относится к машиностроению и может быть использовано в ленточно-колодочных тормозах буровых лебедок.

Известен ленточно-колодочный тормоз, в котором для обеспечения равномерного износа фрикционных накладок последние расположены на рабочей поверхности тормозного шкива и снабжены упругими элементами, связывающими их между собой и подпружинивающими к рабочей поверхности шкива, причем динамический коэффициент трения скольжения между наружной поверхностью накладок и внутренней поверхностью тормозной ленты больше, чем между рабочей поверхностью накладок и тормозного шкива [1, аналог]. Недостатком является то, что необходимо иметь фрикционные материалы с различными динамическими коэффициентами трения скольжения для наружной и внутренней поверхностей накладок.

Кроме того, тормозная лента подвержена не только динамическим, но и тепловым нагрузкам.

Известен ленточно-колодочный тормоз с подвижными фрикционными накладками, который содержит отдельные неподвижные накладки в начале набегающей ветви тормозной ленты, на середине ленты и в конце сбегавшей ветви ленты, причем между неподвижными накладками находятся подвижные накладки, которые в своей верхней части по их ширине имеют разрезы, посаженные в Г-образные пазы ленты, при этом подвижные накладки имеют возможность перемещения относительно внутренней поверхности ленты и рабочей поверхности шкива, а на набегающей и сбегавшей ветвях ленты расположено неодинаковое количество подвижных накладок, связанных между собой пружинами различной жесткости [2, прототип]. Недостатком является то, что при взаимодействии наружных подвижных фрикционных накладок с внутренней поверхностью тормозной ленты не реализуется большой коэффициент их взаимного перекрытия.

Предложенное техническое решение по сравнению с аналогом и прототипом имеет следующие отличительные признаки:

- основная тормозная лента имеет переменную жесткость за счет разной ее толщины и отсутствия в ее теле концентраторов напряжений;
- использование поверхности основной тормозной ленты и наружных поверхностей фрикционных накладок в качестве дополнительных зон контактного трения;
- отсутствие сбегавшей ветви на тормозной ленте, но зато наличие на комбинированной тормозной ленте двух набегающих ветвей, что существенно уменьшит их соотношение по растягивающим и сдвигающим усилиям, т.е.  $S_{H1}/S_{H2}$  (где  $S_{H1}$ ,  $S_{H2}$  - натяжение набегающих ветвей основной и дополнительной тормозных лент);
- использование прочного и упругого слоя из наноматериала, применяемого для соединения между собой поверхностей основной и дополнительной тормозных лент для уменьшения разности сил натяжений их участков и, как следствие, устранения неравномерности распределения удельных нагрузок по ширине фрикционных накладок.

Задача изобретения - повышение эффективности тормоза за счет целенаправленного использования комбинированной тормозной ленты при растяжении участков основной и дополнительной тормозных лент при наличии в каждой из них только набегающих ветвей и сдвиге слоя из наноматериала, а также за счет возникновения дополнительных зон взаимодействия для получения многопарных узлов трения в процессе торможения.

Поставленная цель достигается тем, что основная тормозная лента выполнена с переменной жесткостью по длине, являющейся максимальной в месте, граничащем с креплением ее к мотылевым шейкам коленчатого вала, и минимальной на свободном конце ленты у балансира, а дополнительная тормозная лента своим свободным концом

прикреплена податливым утком к основной тормозной ленте на конце, граничащем с мотылевыми шейками коленчатого вала, и при этом поверхности лент соединены между собой прочным, но податливым приформированным слоем из наноматериала.

При этом условием работоспособности комбинированной тормозной ленты при реализации натяжений набегающих ветвей основной ( $S_{H1}$ ) и дополнительной ( $S_{H2}$ ) лент являются зависимости вида

$$q_1 f_1 > S_{H1}; \quad (1) \quad q_2 f_2 > S_{H2}, \quad (2)$$

где  $q_1, q_2$  - силы контактного взаимодействия поверхностей основной и дополнительной тормозных лент с поверхностями приформированного к ним слоя из наноматериала;

$f_1, f_2$  - статические коэффициенты трения покоя при взаимодействии поверхностей слоя из наноматериала с поверхностями основной и дополнительной тормозных лент; а возникающие при этом на границах взаимодействия поверхностей слоя из наноматериала с поверхностями основной и дополнительной тормозных лент касательные напряжения ( $\tau_1$  и  $\tau_2$ ) не должны превышать удельные силы трения покоя при возникновении деформаций сдвига, т.е.

$$\tau_1 < \frac{q_1 f_1}{b_1 l_1}; \quad (3) \quad \tau_2 < \frac{q_2 f_2}{b_2 l_2}, \quad (4)$$

где  $b_1, b_2$  - ширина основной и дополнительной тормозных лент;

$l_1, l_2$  - длины поверхностей взаимодействия основной и дополнительной тормозных лент с поверхностями слоя из наноматериала.

На фиг.1 показана кинематическая схема буровой лебедки с ленточно-колодочным тормозом; на фиг.2 - кинематическая схема ленточно-колодочного тормоза с комбинированной лентой; на фиг.3 - поперечный разрез фиг.2 по А-А; на фиг.4 показано крепежное ушко дополнительной тормозной ленты; на фиг.5 и 6 проиллюстрированы крепежные поперечные и продольные пазы основной и дополнительной тормозных лент; на фиг.7 комбинированная тормозная лента с подрессоренными оттяжными устройствами с серийными фрикционными накладками; на фиг.8 приведена схема предварительного смешанного (первого и второго рода) основной тормозной ленты относительно дополнительной тормозной ленты.

Использованы следующие условные обозначения:  $R_{ш}, D_{ш}$  - радиус и диаметр рабочей поверхности тормозного шкива;

$r$  - радиус кривошипа коленчатого вала;  $\omega$  - угловая скорость вращения шкива;

$\varphi, \alpha$  - углы обхвата одной и всеми накладками рабочей поверхности тормозного шкива;

$S_{H1}, S_{H2}$  - натяжение набегающих ветвей основной и дополнительной тормозных лент;

$F_p$  - усилие, прикладываемое бурильщиком к рычагу управления тормозом;

$q_1, q_2$  - силы контактного взаимодействия поверхностей основной и дополнительной тормозных лент с поверхностями приформированного к ним слоя из наноматериала;

$q_1 f_1$  и  $q_2 f_2$  - силы контактного трения покоя при взаимодействии поверхностей основной и дополнительной тормозных лент с поверхностями приформированного к ним слоя из наноматериала;

$f_1, f_2$  - статические коэффициенты трения покоя при взаимодействии поверхностей

слоя из наноматериала в комбинированной тормозной ленте с ее поверхностями;

$l_{y.o.}$ ,  $l_{y.d.}$  - длины участков основной и дополнительной лент на углах  $\alpha_{y.o.}$  и  $\alpha_{y.d.}$  их упругого деформирования;

$l_{отн.o.}$ ,  $l_{отн.d.}$  - длины участков основной и дополнительной лент на углах  $\alpha_{отн.o.}$  и  $\alpha_{отн.d.}$  предварительного смещения первого рода;

$l_n$  - длина участков основной и дополнительной лент на угле покоя  $\alpha_n$ ;

$l_{p.o.}$ ,  $l_{p.d.}$  - длины участков основной и дополнительной лент, формирующие основные рабочие зоны;

$l_{ост.o.}$ ,  $l_{ост.d.}$  - длины участков основной и дополнительной лент, формирующие остаточные зоны;

$\gamma_{d.o.}$ ,  $\gamma_{d.d.}$  - максимальные деформации сдвига в зоне относительного покоя.

Согласно кинематической схеме (см. фиг.1) фрикционные накладки 3 установлены на тормозных лентах 2, которые одним концом со стороны сбегавшей ветви ленты прикреплены к балансиру 11, а другим (со стороны набегавшей ее ветви) - к мотылевым шейкам 6 и 9 коленчатого вала 10.

Серийные ленточно-колодочные тормоза буровой лебедки работают следующим образом. Перемещением рукоятки 1 осуществляется поворот коленчатого вала 10, в результате которого бурильщик затягивает тормозные ленты 2 с фрикционными накладками 3, и они садятся на тормозные шкивы 4. Процесс торможения ленточно-колодочным тормозом (см. фиг.1) характеризуется следующими стадиями: начальной (первой), промежуточной (второй) и заключительной (третьей). Остановимся на каждой из стадий в отдельности.

На начальной стадии торможения фрикционные накладки 3, размещенные в средней части тормозной ленты 2, взаимодействуют с рабочей поверхностью тормозного шкива 4. Фронт взаимодействия распространяется в сторону фрикционных накладок 3 набегавшей ветви тормозной ленты 2.

Промежуточная стадия торможения характеризуется дальнейшим распространением фронта взаимодействия в сторону фрикционных накладок 3 сбегавшей ветви тормозной ленты 2.

Конечная стадия торможения характеризуется тем, что почти все неподвижные накладки 3 тормозной ленты 2 взаимодействуют с рабочей поверхностью вращающегося шкива 4. Во время притормаживаний последовательность вхождения поверхностей трения в контакт повторяется. Полный цикл торможения завершается остановкой тормозных шкивов 4 с барабаном 5. Управление тормозом буровой лебедки осуществляют также подачей сжатого воздуха через кран 7 бурильщика в пневматический цилиндр 8, шток которого соединен с одной из мотылевых шеек 6 коленчатого вала 10 тормоза. Величину давления сжатого воздуха в пневмоцилиндре 8 регулируют поворотом крана 7 бурильщика.

При неравномерном изнашивании фрикционных накладок 3, установленных на лентах 2, балансиры 11 в момент торможения несколько отклоняются от горизонтального положения и выравнивают нагрузки на сбегавшей ветви тормозных лент 2, обеспечивая при этом равномерный и одновременный обхват ими тормозных шкивов 4. Благодаря шаровым шарнирам реализация нагрузок от тормозных лент 2 к балансиру 11 при этом не изменяется.

Наиболее слабым звеном в тормозном узле являются фрикционные накладки. Они изготавливаются в виде отдельных деталей, которые могут крепиться различными способами (например, с помощью планок) относительно гибкой стальной ленты. При

установке на ленте накладок с постоянным шагом их количество всегда четное (12; 16; 18; 20; 22; 26).

Ленточно-колодочный тормоз буровой лебедки содержит комбинированную тормозную ленту, которая состоит из основной 12 и дополнительной 15 тормозных лент. Основные тормозные ленты 12 с переменной толщиной своими набегающими концами крепятся к мотылевым шейкам 6 и 9 коленчатого вала 10, возле которых их жесткость ( $c_B$ ) является максимальной. При этом набегающие концы дополнительных лент 15 прикреплены к балансиру 11, а их сбегаящие концы имеют ушки 16, которые заводятся в поперечные пазы 17, между которыми имеется перегородка у набегающего конца основной тормозной ленты 12, и крепятся к свободным концам дополнительных тормозных лент 15 с помощью болтовых соединений 18. Основная тормозная лента 12 имеет конусоподобную наружную 13 и гладкую внутреннюю 14 поверхности. Дополнительная тормозная лента 15 со своей внутренней поверхностью 16 имеет по бокам продольные пазы 19 одинакового поперечного сечения и длины. Между собой внутренние поверхности 16 дополнительной тормозной ленты 15 и конусоподобной наружной поверхности 13 основной тормозной ленты 12 соединены заформированным прочным и упругим слоем из наноматериала 20.

По середине каждого из продольных пазов 19 дополнительной ленты 15 заведены выступы крепежных пластин 21, которые армируются проволокой 22 в теле серийных фрикционных накладок 23, имеющих наружную 24 и рабочую 25 поверхности.

Для размыкания составной тормозной ленты после завершения торможения используются подрессоренные оттяжные устройства 25, которые прикреплены к дополнительной тормозной ленте 15.

Таким образом, в комбинированной тормозной ленте реализован принцип разгрузки основной тормозной ленты 12 за счет устранения с ее тела концентраторов напряжений (отверстий: под заклепки для крепления распорных планок для накладок; для крепления колец подрессоренных оттяжных устройств; продольных пазов под крепежные планки накладок). При этом увеличивается общая деформация набегающих ветвей основной 12 и дополнительной 15 тормозных лент и, как следствие, будет  $S_{H1}-S_{H2}$  больше, т.е. сила трения на взаимодействующих поверхностях и создаваемый тормозной момент. При этом обеспечивается хорошая податливость основной тормозной ленты 12 при регламентируемом коэффициенте запаса прочности.

Дополнительная тормозная лента 15 обеспечивает крепление серийных фрикционных накладок 23, а также зазор между парами трения «накладка - шкив» за счет крепления к ней подрессоренного оттяжного устройства 26.

Комбинированная тормозная лента несет только весовую нагрузку от серийных фрикционных накладок 23.

В процессе работы ленточно-колодочного тормоза с комбинированной лентой буровой лебедки имеем следующие зоны взаимодействия: «внутренняя поверхность 14 основной тормозной ленты 12 - наружная поверхность 24 фрикционной накладки 23» и «рабочие поверхности 25 фрикционных накладок 23 - рабочая поверхность тормозного шкива 4».

Условием работоспособности в комбинированной тормозной ленте и в образующихся парах трения благодаря почти неподвижности серийных фрикционных накладок 23 является следующее. Динамические коэффициенты трения скольжения во фрикционных узлах: «рабочая поверхность тормозного шкива 4 - рабочие поверхности 25 накладок 23»; «внутренняя поверхность 14 основной тормозной ленты 12 - наружные поверхности 24 накладок 23» должны быть одинаковыми. Для этого чистота наружной 13 и

внутренней 14 поверхностей основной тормозной ленты 12 должна быть такой же, как и чистота рабочей поверхности тормозного шкива 4. Кроме того, наружные поверхности 24 накладок 23 должны быть механически обработаны так, чтобы микрогеометрия была одинакова с микрогеометрией их рабочих поверхностей 25. Что касается контактного трения покоя между конусной наружной поверхностью 13 основной тормозной ленты 12 и нижней поверхностью слоя из наноматериала 20 и его верхней поверхностью и внутренней поверхностью 16 дополнительной тормозной ленты 15, то здесь важно отметить следующее. Согласно фиг.8 при замыкании тормоза в пределах зон упругости возникает смещение тормозных лент, т.е. основной 12 относительно дополнительной 15 в связи с тем, что  $S_{H1}/S_{H2} > 1,0$ , а также благодаря наличию между ними приформированного к их поверхностям упругого и податливого слоя из наноматериала 20. При этом должно соблюдаться условие  $q_1 f_1 > S_{H1}$  и  $q_2 f_2 > S_{H2}$ . При нарушении одного из условий произойдет срыв зон контактного взаимодействия, и слой из наноматериала 20 утратит связывающую способность между поверхностями основной 12 и дополнительной 15 тормозных лент. Кроме того, возникающие на границах взаимодействия слоя из наноматериала 20 с поверхностями тормозных лент касательные напряжения не должны превышать удельные силы трения покоя при возникновении деформаций сдвига, т.е.

$$\tau_1 < \frac{q_1 f_1}{b_1 l_1} \text{ и } \tau_2 < \frac{q_2 f_2}{b_2 l_2},$$

где  $l_1$  и  $l_2$  - длины поверхностей взаимодействия основной и дополнительной тормозных лент с поверхностями слоя из наноматериала.

Рассмотрим объемные физические модели основной 12 и дополнительной 15 тормозных лент.

Согласно фиг.8 к концу набегающей ветви основной тормозной ленты 12 приложено растягивающее усилие  $S_{H1}$ , которое не превышает полную силу трения покоя между конусоподобной наружной поверхностью 13 основной тормозной лентой 12 и внутренней поверхностью приформированным прочным и упругим слоем из наноматериала 20. К концу набегающей ветви дополнительной тормозной ленты приложено растягивающее усилие  $S_{H2}$ , которое не превышает полную силу трения покоя между внутренней поверхностью 16 дополнительной тормозной ленты 15 и наружной поверхностью приформированного прочного и упругого слоя из наноматериала 20. В момент приложения растягивающих усилий  $S_{H1}$  и  $S_{H2}$  наблюдается предварительное смещение второго рода по концам контакта трения покоя, представленное зонами упругого растяжения  $l_{y.o.}$  и  $l_{y.d.}$ , в пределах которых постепенно накапливается моментный депланационный сдвиг. Далее, к центру контакта трения относительного покоя распространяются зоны  $l_{отн.о}$  и  $l_{отн.д.}$  с предварительным смещением первого рода, в конце которых деформации депланационного сдвига в упругих участках основной 12 и дополнительной 15 тормозных лент постепенно затухают, и в центре контакта трения покоя образуется зона полного покоя  $l_n$ , к пределам которой нет никаких деформаций и отсутствует передача растягивающих усилий  $S_{H1}$  и  $S_{H2}$  на контакте трения покоя. Зоны упругого растяжения  $l_{y.o.}$  и  $l_{y.d.}$  можно определить с учетом того, что части растягивающих усилий  $S_{H1}$  и  $S_{H2}$  передаются на контакт трения покоя за счет зон  $l_{отн.о}$  и  $l_{отн.д.}$



$$l_{y.o.} = \frac{k_1 S_{H1}}{q_1 f_1 b_1 \left(1 + \frac{c_o}{c_d}\right)}; \quad (5) \quad l_{y.d.} = \frac{k_2 S_{H2}}{q_2 f_2 b_2 \left(1 + \frac{c_d}{c_o}\right)}, \quad (6)$$

5 где  $b_1, b_2$  - ширина основной и дополнительной тормозных лент;

$c_o$  и  $c_d$  - приведенная и постоянная жесткость основной и дополнительной тормозных лент, учитывающие смещение на контакте трения покоя, происходящее от совместного действия деформаций растяжения и депланационного сдвига;

10  $k_1$  и  $k_2$  - коэффициент, учитывающий, какая часть растягивающих усилий  $S_{H1}$  и  $S_{H2}$  передается в упругие зоны. Величина  $k$  зависит от толщины основной ( $h_1$ ) (приведенной) и дополнительной ( $h_2$ ) (постоянной) тормозных лент, их поверхностей взаимодействия с поверхностями прочного и упругого приформированного слоя из наноматериала. Согласно уравнениям (5) и (6) получим

$$15 \quad k_1 S_{H1} + k_2 S_{H2} = q_1 f_1 b_1 l_{y.o.} + q_2 f_2 b_2 l_{y.d.} \quad (7)$$

Следовательно, в пределах контакта трения покоя наряду с упругими зонами, где возникает предварительное смещение второго рода, всегда появляется зона относительного покоя с очень малым предварительным смещением первого рода.

20 Анализируя уравнения (1)-(3), видим, что длина упругих зон зависит от соотношения приведенной жесткости основной и постоянной жесткости дополнительной тормозных лент и от их толщины. Согласно конструктивным особенностям комбинированной тормозной ленты  $c_o > c_d$ , то длина упругой зоны участка основной ленты  $l_{y.o.}$  будет небольшой. Постепенно накапливающиеся сдвиговые депланации переменных и постоянных поперечных сечений в упругих участках основной и дополнительной тормозных лент распространяются в зону относительного покоя  $l_{отн.п.}$  и в ее пределах достигают максимальной величины  $\gamma_{do}$ . (см. фиг.8). Накопление сдвиговых депланационных деформаций зависит от величины эксцентриситета приложения растягивающих усилий  $S_{H1}$  и  $S_{H2}$ , площадей взаимодействия поверхностей основной и дополнительной тормозных лент с приформированным к ним слоем прочного и податливого наноматериала, а также от конструктивных параметров поперечного сечения рассматриваемых участков лент. Зону, в пределах которой депланационные касательные напряжения в упругих лентах растут, и где передается основное растягивающее усилие, условно назовем основной рабочей зоной  $l_{p.o.}$ , а зону, где передается относительно небольшая часть растягивающего усилия вследствие убывающих деформаций депланационного сдвига, - остаточной зоной  $l_{ост.}$  (см. фиг.8). В связи с тем, что приведенная жесткость основной тормозной ленты велика по сравнению с постоянной жесткостью дополнительной тормозной ленты, то основная рабочая зона  $l_{осн.д.}$  будет почти равна упругой зоне  $l_{y.o.}$ , а остаточная зона  $l_{ост.o.}$  - зоне относительного покоя  $l_{отн.п.}$ .

45 Таким образом, накопление энергии деформаций растяжения в набегающих ветвях основной и дополнительной тормозных лент, а также энергии деформации сдвига в слое из наноматериала в конечном итоге и приводит к снижению растягивающих усилий  $S_{H1}$  и  $S_{H2}$ .

Ленточно-колодочный тормоз с комбинированной лентой работает следующим образом. Перемещением рукоятки 1 осуществляется поворот коленчатого вала 10, в

результате которого бурильщик затягивает основные 12 и дополнительные 15 тормозные ленты, и происходит замыкание тормоза. При этом энергия растяжения, создаваемая силами ( $S_{H1}$  и  $S_{H2}$ ) набегающих ветвей основной 12 и дополнительной 15 тормозных лент, затрачивается на преодоление всех суммарных сил трения покоя между конусоподобной наружной поверхностью 13 основной тормозной ленты 12 и внутренней поверхностью приформированного прочного и упругого слоя из наноматериала 20 с одной стороны и с другой - между внутренней поверхностью 16 дополнительной тормозной ленты 15 и наружной поверхностью приформированного прочного и упругого слоя из наноматериала 20. Кроме того, разность натяжений ( $S_{H1}-S_{H2}$ ) набегающих ветвей основной 12 и дополнительной 15 тормозных лент затрачивается на деформации депланационного сдвига за счет податливости слоя, выполненного из наноматериала 20, участков основной тормозной ленты 12 относительно участков дополнительной тормозной ленты 15. Возникающая энергия деформации от усилий натяжения  $S_{H1}$  и  $S_{H2}$ , накопившаяся в ветвях комбинированной тормозной ленты, в дальнейшем идет на перемещение участков основной ленты 12 относительно участков дополнительной ленты 15 и способствует уменьшению разности сил натяжений участков лент 12 и 15, и как следствие, уменьшению скачков удельных нагрузок в парах трения «рабочие поверхности 25 фрикционных накладок 23 - рабочая поверхность тормозного шкива 4».

При этом за счет переменной податливости участков основной тормозной ленты 12 происходит взаимодействие ее внутренней поверхности 14 с наружными поверхностями 24 фрикционных накладок 23, что приводит к возникновению суммарной силы трения покоя  $F_n$ . Наибольшей эффективностью обладают пары трения «рабочие поверхности 25 фрикционных накладок 23 - рабочая поверхность тормозного шкива 4», способствующие возникновению силы трения  $F_T$ , основным слагающим которой является динамический коэффициент трения скольжения ( $f_d$ ).

В какой-то момент временные торможения с увеличением прикладываемого усилия к рычагу управления 1 суммарные силы  $F_T$  и  $F_n$  приведут к остановке тормозного барабана 5 буровой лебедки. В дальнейшем стадии торможения ленточно-колодочным тормозом с комбинированной тормозной лентой повторяются.

Таким образом, за счет использования комбинированной тормозной ленты и соединенных между собой прочным и податливым слоем из наноматериала поверхностей основной и дополнительной лент в ленточно-колодочном тормозе буровой лебедки реализован принцип двух набегающих ветвей тормозных лент, не имеющих сбегаящих ветвей, а также пар трения между внутренней поверхностью основной ленты с переменной жесткостью и нерабочими поверхностями фрикционных накладок, что существенно снижает неравномерность распределения удельных нагрузок в парах трения «накладка - шкив» и повышает эффективность фрикционных узлов тормоза за счет дополнительных пар трения.

Источники информации

1. А.с СССР 576455 А1, F15d 49/08 от 15.10.1977 г. (аналог).
2. Патент России 2263832 С2, МПК<sup>7</sup> F16D 49/08 от 10.11.2005 г. (прототип).

#### Формула изобретения

1. Ленточно-колодочный тормоз с комбинированной лентой буровой лебедки, содержащий тормозной шкив на валу и дополнительную тормозную ленту с установленными на ней фрикционными накладками, а также под ней расположенную

основную тормозную ленту, и при этом их набегающие концы прикреплены соответственно к балансиру и к мотылевым шейкам коленчатого вала, и привод управления тормозом, отличающийся тем, что основная тормозная лента выполнена с переменной жесткостью по длине, являющейся максимальной в месте, граничащем с креплением ленты к мотылевым шейкам коленчатого вала и минимальной на свободном конце ленты у балансира, а дополнительная тормозная лента своим суженным свободным концом прикреплена податливым ушком к основной тормозной ленте на конце, граничащем с мотылевыми шейками коленчатого вала, и при этом поверхности основной и дополнительной тормозных лент соединены между собой прочным, но податливым приформированным слоем из наноматериала.

2. Ленточно-колодочный тормоз с комбинированной лентой буровой лебедки по п.1, отличающийся тем, что условием работоспособности комбинированной тормозной ленты при реализации натяжений набегающих ветвей основной ( $S_{H1}$ ) и дополнительной ( $S_{H2}$ ) лент являются зависимости вида:

$$q_1 f_1 > S_{H1}; \quad (1) \quad q_2 f_2 > S_{H2}, \quad (2)$$

где  $q_1, q_2$  - силы контактного взаимодействия поверхностей основной и дополнительной тормозных лент с поверхностями приформированного к ним слоя из наноматериала;

$f_1, f_2$  - статические коэффициенты трения покоя при взаимодействии поверхностей слоя из наноматериала с поверхностями основной и дополнительной тормозных лент; а возникающие при этом на границах взаимодействия поверхностей слоя из наноматериала с поверхностями основной и дополнительной тормозных лент касательные напряжения ( $\tau_1$  и  $\tau_2$ ) не должны превышать удельные силы трения покоя при возникновении деформаций сдвига, т.е.

$$\tau_1 < \frac{q_1 f_1}{b_1 l_1}; \quad (3) \quad \tau_2 < \frac{q_2 f_2}{b_2 l_2}, \quad (4)$$

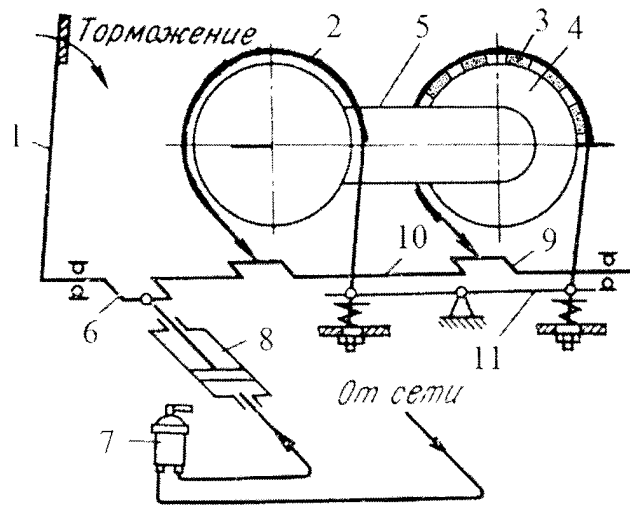
где  $b_1, b_2$  - ширина основной и дополнительной тормозных лент;

$l_1, l_2$  - длины поверхностей взаимодействия основной и дополнительной тормозных лент с поверхностями слоя из наноматериала.

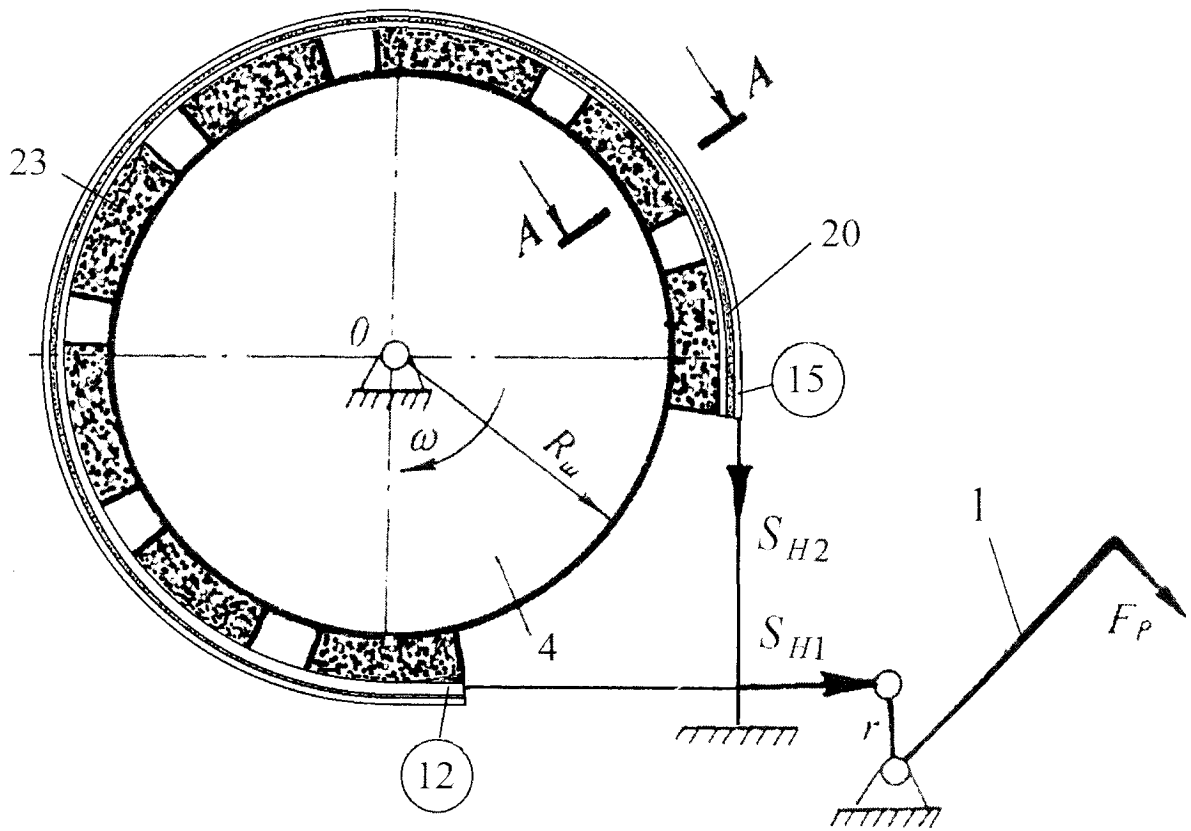
35

40

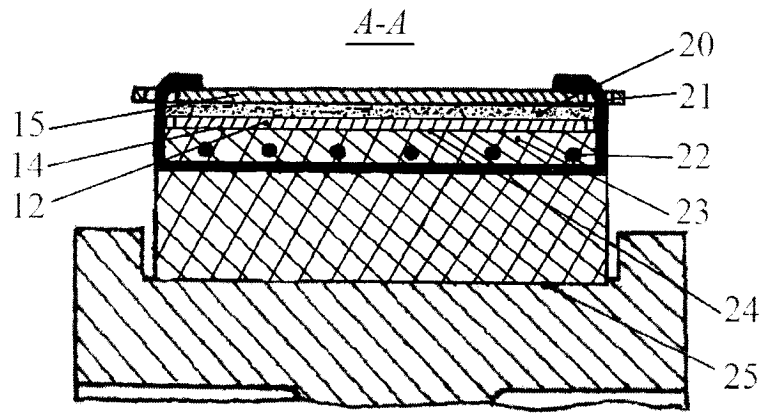
45



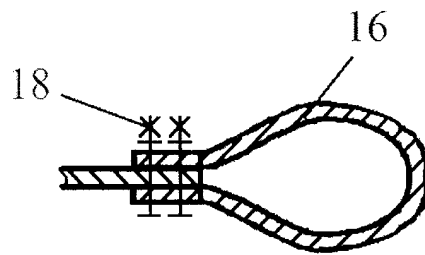
Фиг. 1



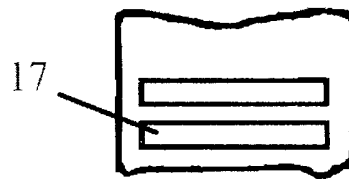
Фиг. 2



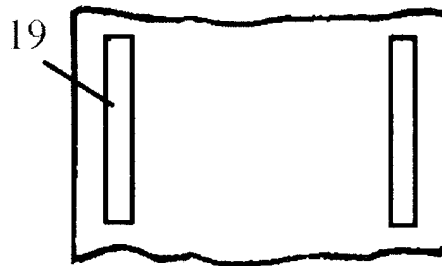
Фиг. 3



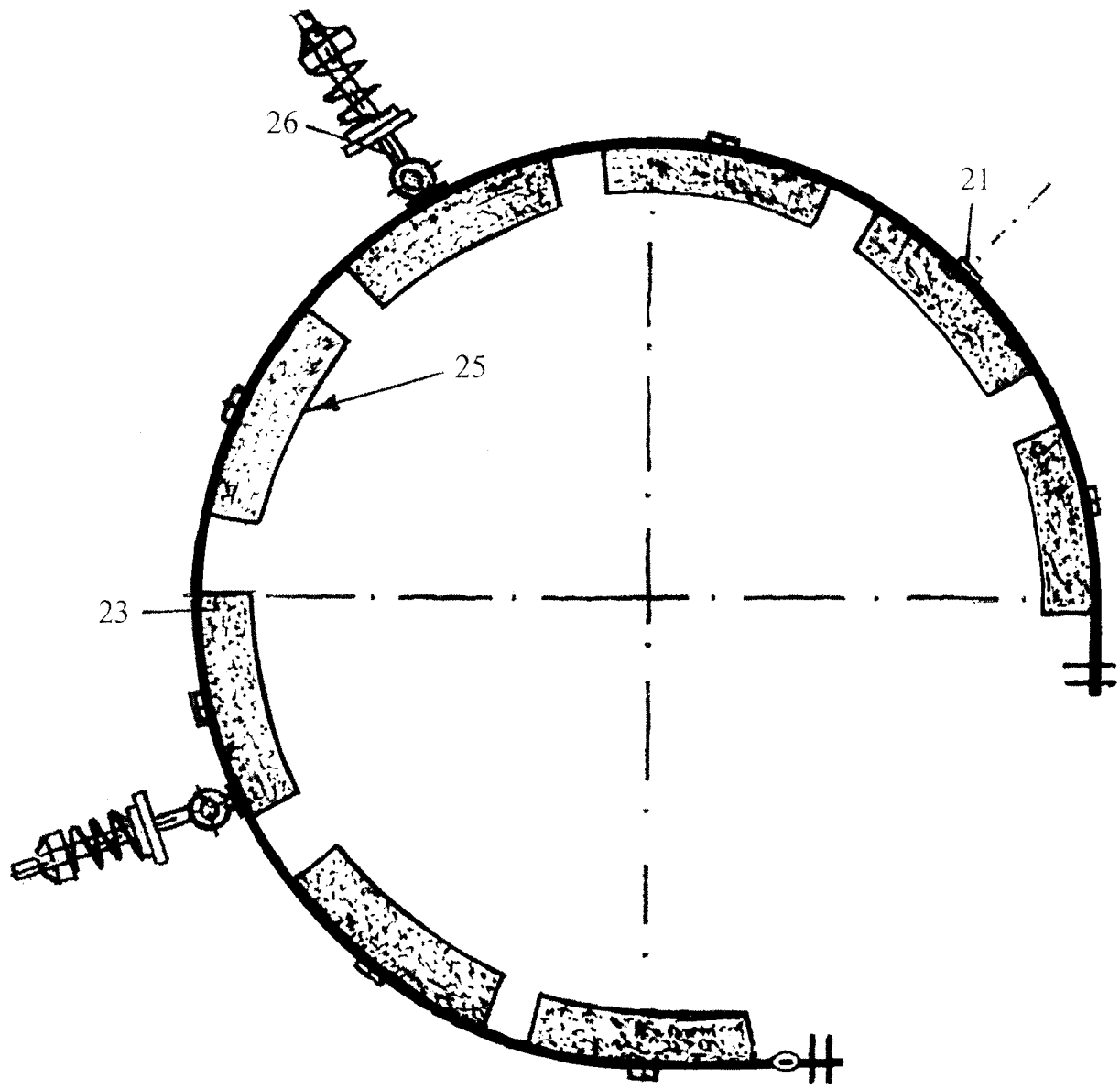
Фиг. 4



Фиг. 5



Фиг. 6



Фиг. 7