

УДК 622.673.1

Ильин С.Р., канд. техн. наук, ст. науч. сотр.
(ИГТМ НАН Украины)

Кириченко В.Е., канд. техн. наук, доцент,

Ильина И.С. канд. техн. наук, доцент
(ГВУЗ «Национальный горный университет»)

**АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ
НАТЯЖЕНИЙ КАНАТОВ ШАХТНОЙ МНОГОКАНАТНОЙ
ПОДЪЕМНОЙ УСТАНОВКИ С МОНОБЛОЧНЫМ ОТКЛОНЯЮЩИМ
ШКИВОМ И АВТОМАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМОЙ МОНИТОРИНГА
ПАРАМЕТРОВ**

Ильїн С.Р., канд. техн. наук, ст. наук. співр.
(ІГТМ НАН України)

Кириченко В.Є., канд. техн. наук, доцент,

Ильїна І.С. канд. техн. наук, доцент
(ДВНЗ «Національний гірничий університет»)

**АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ
НАТЯГУ КАНАТІВ ШАХТНОЇ БАГАТОКАНАТНОЇ ПІДЙОМНОЇ
УСТАНОВКИ З МОНО БОКОВИМ ВІДХИЛЮЮЧИМ ШКІВОМ ТА
АВТОМАТИЧНОЮ СИСТЕМОЮ МОНИТОРИНГУ ПАРАМЕТРІВ**

Ilyin S.R. Tech. Ph.D. (Tech.), Senior Researcher
(IGTM NAS of Ukraine)

Kirichenko V.Ye., Ph.D. (Tech.), Associate Professor,

Ilyina I.S., Ph.D. (Tech.), Associate Professor
(SHEI «National Mining University»)

**ANALYSIS OF RESULTS OF EXPERIMENTAL STUDIES OF THE
SHAFT MULTIPLE-ROPE HOIST WITH MONOBLOCK DEFLECTING
PULLEY AND AUTOMATIC SYSTEM FOR MONITORING PARAMETERS**

Аннотация. В статье изложены материалы экспериментальных исследований многоканатной подъемной установки с отклоняющим моноблочным шкивом, которая оснащена первым в Украине аппаратно-программным комплексом контроля натяжений канатов. Разработанное научно-методическое и программное обеспечение комплекса позволяет во время работы подъемной установки получать, выводить на монитор и сохранять в накапливающейся базе данных непрерывную информацию о натяжениях каждого из канатов на участках отвесов, отклонений натяжений каждого из канатов от среднего значения, сравнивать фактические отклонения натяжений с нормированными в Правилах Безопасности значениями. Полученные в статье результаты показали, что наличие в системе второго моноблочного шкива превращает короткий участок струны канатов между шкивами в концентратор разбаланса натяжений. Это приводит к тому, что в процессе подъема скипов 7 - 8 раз за цикл через каждые 20-40 метров происходит срыв отдельных канатов с пробуксовкой по отклоняющему шкиву. При этом величина пробуксовки каната оказывается настолько большой, что вызывает синхронное локальное неупругое проскальзывание канатов по ведущему шкиву.

Разработанное методическое и математическое обеспечение позволяет на основании данных измерения натяжений канатов автоматически рассчитывать величины рекомендуемой коррекции радиусов желобов футеровки каждого из шкивов и коррекции длин канатов, обеспечивающие более равномерное распределение их натяжений между собой. Это способствует повышению срока службы канатов, снижению ударных нагрузок на армировку и повышению безопасности работы подъема.

Ключевые слова: шахтная многоканатная подъемная установка, отклонения натяжений канатов, отклонения длин канатов, многоканатный ведущий шкив, многоканатный отклоняющий шкив, система мониторинга натяжений канатов

Состояние вопроса. Подавляющее большинство шахтных подъемных установок (ШПУ), работающих с глубин, превышающих 1000 м, оснащены многоканатными машинами со шкивами трения. При глубинах от 1200 м до 2300 м применяются только уравновешенные многоканатные установки системы Кепе. Их эксплуатация сопряжена с определенными техническими трудностями в обеспечении равномерного распределения натяжений между канатами. Достижение максимально равномерного распределения натяжений с заданной степенью точности является одной из наиболее ответственных задач службы механика подъема при эксплуатации многоканатных установок (МК ШПУ). Повышенный уровень разбаланса натяжений канатов приводит к резкому сокращению срока их службы, вызывает пробуксовку канатов по шкиву, ускоренное разрушение футеровки, повышает уровень динамических нагрузок на армировку стволов со стороны подъемных сосудов и, в том числе, ухудшает динамическую устойчивость их движения [1, 2].

Согласно положениям нормативных документов [3, 4], допускаемые отклонения натяжений канатов составляют 15% в нижней и 25% в верхней точке ствола. Задание таких ограничений именно в крайних точках ствола вызвано, очевидно, тем, что для определения натяжений канатов применяется «шведский» метод ручного измерения времени пробега поперечной волны в длинном отвесе или частоты поперечных колебаний в коротком.

Эти методы были основаны на известных аналитических зависимостях между натяжением каната и скоростью пробега поперечной волны или частоты установившихся поперечных колебаний. Во время движения сосудов определить эти параметры технически невозможно. Кроме того, данные методы не учитывают, что во время движения сосудов разбаланс натяжений опускающейся ветви может достигать гораздо больших значений, чем в крайних точках и приводить к нарушению условий Эйлера по нескольжению, вызывая при малом угле охвата, или малом коэффициенте трения, или значительной разности радиусов желобов кратковременное неупругое проскальзывание какого-либо отдельного каната по шкиву [5], [П.П. Нестеров, 1963].

С начала появления, многоканатные установки имели отдельные отклоняющие или направляющие шкивы, которые не влияли на разбаланс натяжений. В 70-х годах 20 века появились установки с моноблочными отклоняющими шкивами, которые имели малый угол охвата (рис. 1).

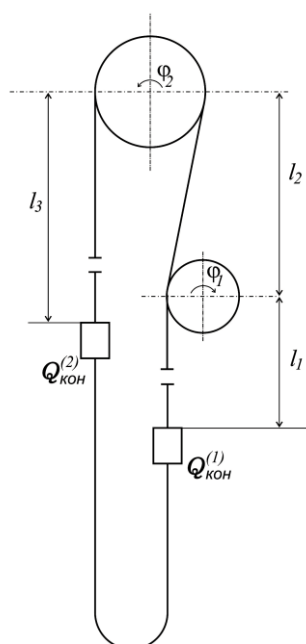


Рисунок 1 - Схема уравновешенной многоканатной подъемной установки с двумя моноблочными многоканатными шкивами

Практика сразу показала, что из-за наличия короткого участка струны между ними началось проскальзывание канатов по их футеровке и ее интенсивный износ. Это явилось серьезным препятствием для безопасной и эффективной эксплуатации таких шкивов.

Паллиативное решение, устранившее техническое препятствие к эксплуатации таких систем состояло в том, что в качестве футеровки отклоняющих шкивов стал применяться скользкий износостойкий материал Бекопласт. Канаты постоянно, с высокой частотой проскальзывали по отклоняющему шкиву, имеющему минимальный угол охвата порядка 10° - 15° . Это имитировало, в некоторой степени, эффект работы отдельных отклоняющих шкивов. В отечественной практике известен случай, когда такая пробуксовка в четырехканатной скиповой установке сопровождалась параметрическим возбуждением поперечных колебаний короткой струны между шкивами и отвеса со стороны отклоняющего шкива при подходе сосуда к верхней части ствола. При замене Бекопласта на резину динамический эффект резонансного возбуждения поперечных колебаний перестал фиксироваться [6].

За рубежом на многоканатных подъемах устанавливаются электронные системы измерения натяжений канатов на основе датчиков, размещенных в подвесных устройствах сосудов, с автоматической или периодической передачей данных измерений на сервер поверхностного комплекса для анализа с применением специализированного программного обеспечения и принятия решений [6]. Эти системы выполняют функцию мониторинга натяжений. Корректировка радиусов перемотки канатов осуществляется путем серии пробных подрезок футеровок, начиная с желобов, соответствующих канату с наибольшим натяжением в режиме подъема сосуда. Корректировки длин канатов производится пу-

тем установки дополнительных или удаления части имеющихся вкладышей в подвесные устройства.

Целью данной работы является разработка функциональной схемы ПО верхнего уровня и анализ данных, предоставляемых автоматизированной системой контроля натяжений канатов подъемной установки с двумя моноблочными многоканатными шкивами.

Изложение основного материала. Первый отечественный аппаратно-программный комплекс контроля натяжений канатов установлен в Украине на четырехканатной скиповой подъемной установке угледобывающей шахты. Генеральный проект, силоизмерительные звенья и программный интерфейс верхнего уровня разработаны фирмой «CORUM GROUP» (г. Киев), научно-методическое обеспечение, функциональная схема программного обеспечения (ПО) верхнего уровня и программно-математическое ядро - Институтом геотехнической механики им. Н. С. Полякова НАН Украины (г. Днепр), аппаратно-программный комплекс передачи показаний датчиков натяжений на поверхностный сервер - ООО НПП «Альянс-Д» (г. Днепр).

На рис. 2 приведена функциональная схема ПО верхнего уровня, разработанная на основании положений научно-методического обеспечения, представленного в работе [5] и обеспечивающая сбор, хранение, обработку данных и выдачу рекомендаций по корректировке радиусов желобов шкивов и длин канатов.



Рисунок 2 - Функциональная схема программного обеспечения комплекса контроля натяжений канатов

Измерения исходных данных в шахтных условиях, необходимых для работы ПО, проводились в соответствии с Методикой и Инструкцией, разработанными

авторами статьи. Анализ данных, полученных этим комплексом в режиме мониторинга, показал, что установка резиновой футеровки на моноблочном отклоняющем шкиве привела к тому, что из-за ее более высокого коэффициента трения, чем у Бекопласта, срывы со скольжением стали более редкими (7-8 раз на протяжении цикла движения сосуда, приблизительно через 20-40 м, поочередно на нескольких канатах). Вместе с тем, они сопровождались рывками по натяжениям канатов гораздо большей амплитуды, чем обычно происходит при футеровке из Бекопласта.

Окна программы мониторинга натяжений канатов при перегоне порожних восточного и западного скипов подъемной установки показаны на рис. 3.

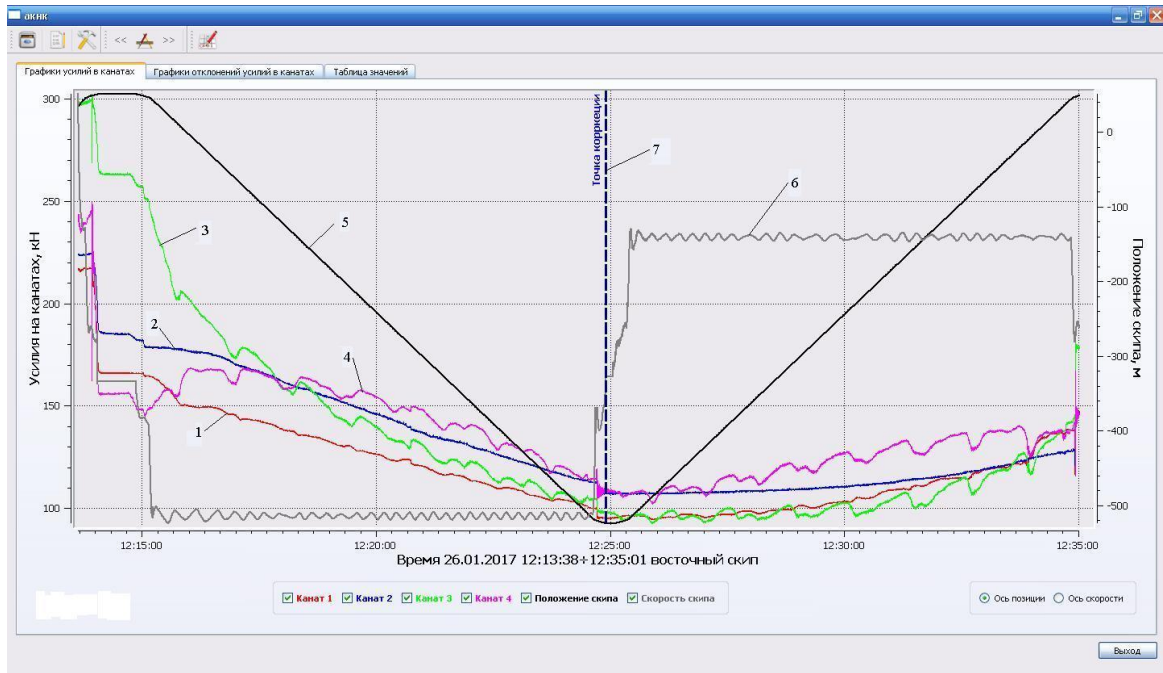
В начале цикла идет подъем западного скипа (со стороны отклоняющего шкива) - спуск восточного, после прихода скипов в крайние положения в стволе идет спуск западного – подъем восточного. Из графиков видно, что наибольшие срывы проскальзывания происходят по моноблочному отклоняющему шкиву в струне и западном отвесе. При этом амплитуда рывков в западном отвесе и, очевидно, в струне столь велика, что вызывает синхронные локальные пробуксовки по ведущему шкиву в восточном отвесе даже на малой скорости подъема 1 м/с, хотя и намного меньшей амплитуды.

На рис. 4 приведены окна программы в режиме мониторинга отклонение натяжений канатов от средних значений в том же цикле спуска/подъема скипов. Линии 6 и 7 показывают, соответственно, уровень максимально допустимых по Правилам безопасности [3, 4] значений отклонений натяжений в крайних точках ствола (15% при нижнем положении скипа, 25% при верхнем).

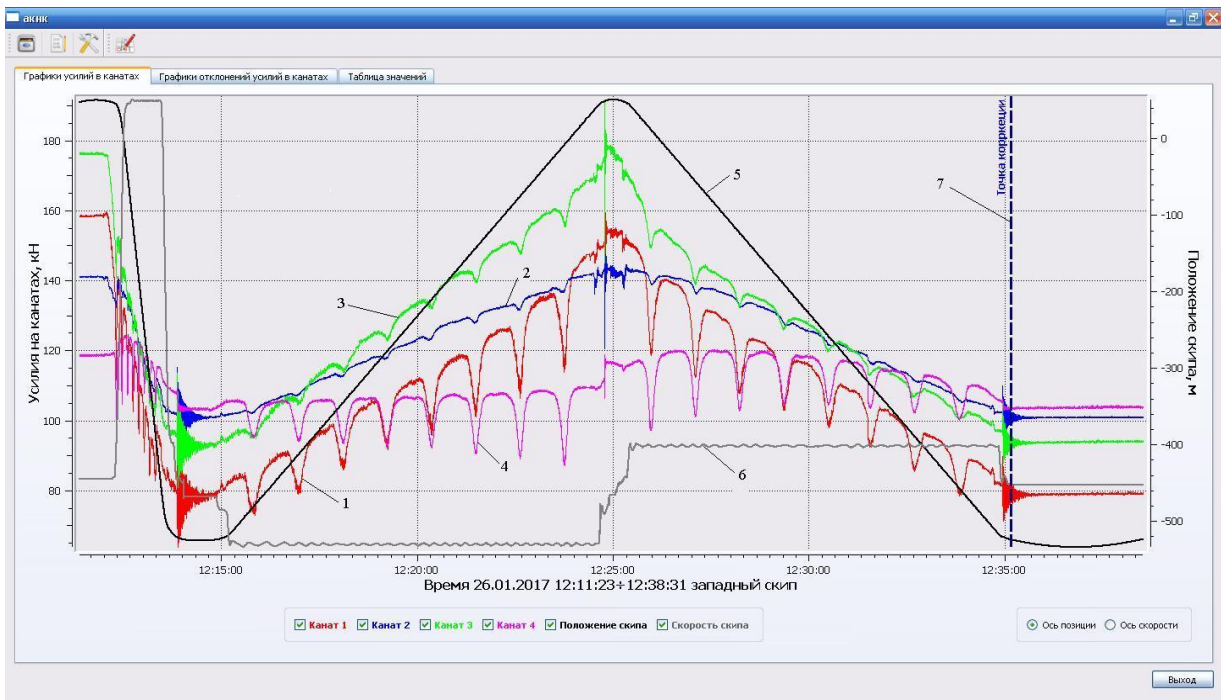
Из графиков видно, что в восточном отвесе со стороны ведущего шкива отклонения натяжений превышают нормативный предел 25% только в начале спуска при уходе скипа из разгрузочных кривых. В течение всего дальнейшего цикла перегона порожних скипов отклонения натяжений находятся в допустимых пределах. Аналогичная картина наблюдается в западном отвесе.

Отклонения натяжений в нем превышают допустимые 15% только в районе дозатора. В дальнейшем они остаются в нормативных пределах. Следует отметить, что в момент пробуксовки при подходе к разгрузочным кривым отклонения натяжений канатов №3 и №4 так же кратковременно выходят за нормативный предел 25%.

Приведенные результаты показывают, что, не смотря на то, что отклонения натяжений в отвесах находятся в нормативных пределах в системе происходит интенсивное кратковременное проскальзывание канатов по отдельным шкивам. Это практически подтверждает обоснованное теоретически в работах [5], [С.Р. Ильин, 1987], [9] положение, о том, что наличие участка короткой струны, который становится концентратором разбаланса натяжений, коренным образом меняет соотношение между величиной отклонений натяжений канатов в набегающей и сбегаящей ветвях и соотношениями Эйлера на каждом шкиве в отдельности по сравнению с традиционной подъемной установкой, оснащенной одним многоканатным шкивом, для которой эти нормативы были разработаны.



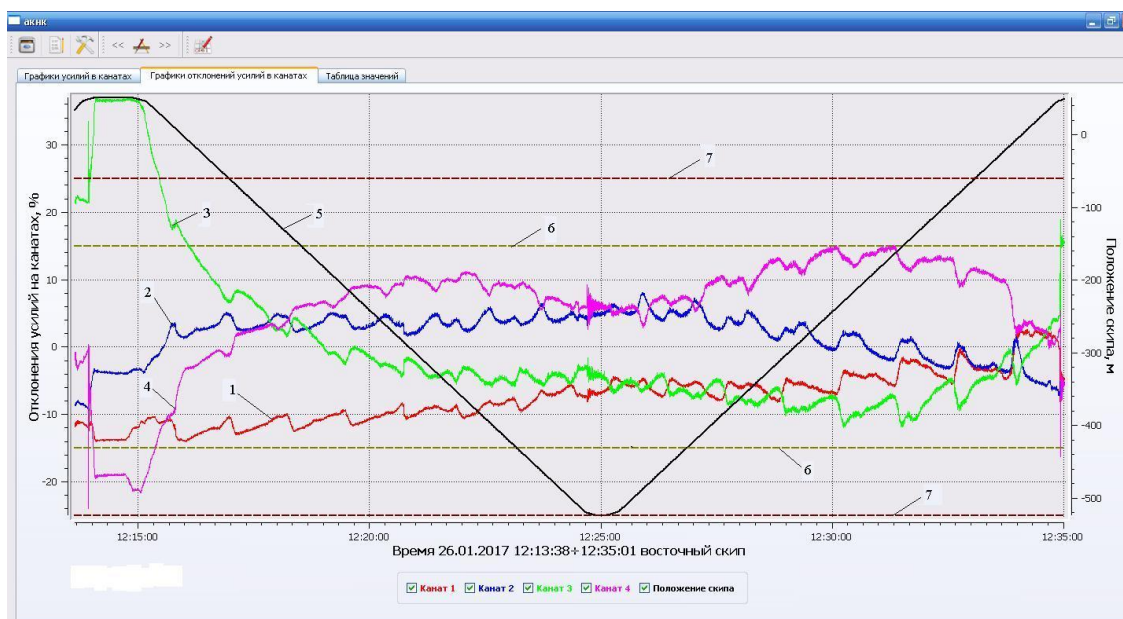
а)



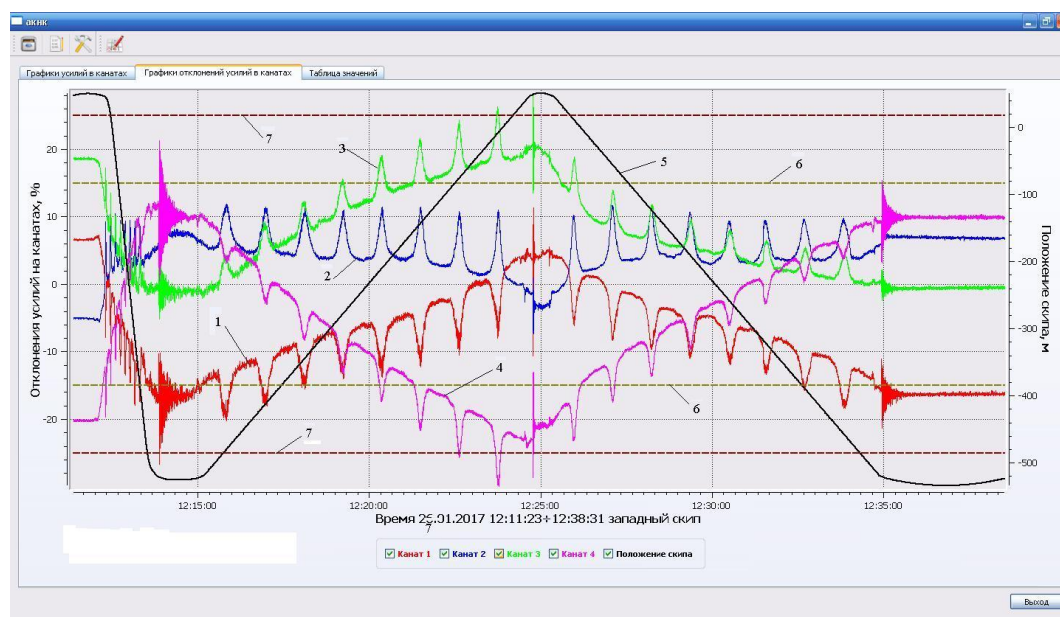
б)

Кривые 1, 2, 3, 4 - натяжения канатов соответственно №1, №2, №3, №4; 5- координата скипа, 6 – скорость скипа, 7 – отметка положения скипа в дозаторе

Рисунок 3 - Натяжения канатов подъемной установки: восточный отвес (а), западный отвес (б)



а)



б)

Кривые 1, 2, 3, 4 - отклонения от среднего значения натяжений канатов соответственно №1, №2, №3, №4; 5- координата скипа; 6 – максимально допустимое отклонение натяжений $\pm 15\%$ при нижнем положении скипа в стволе; 7 - максимально допустимое отклонение натяжений $\pm 25\%$ при верхнем положении скипа в стволе

Рисунок 4 - Отклонения натяжений канатов подъемной установки: восточный отвес (а), западный отвес (б)

Действующие в настоящее время нормативы были установлены на основании большого числа теоретических и экспериментальных исследований, описанных в работе [П.П. Нестеров, 1963]. Для установок с несколькими моноблочными шкивами такие исследования отсутствуют. Представленные резуль-

таты говорят о необходимости обоснования специальных нормативов по допускаемым отклонениям натяжений канатов с учетом наличия участка струны с целью предотвращения локальной пробуксовки и ускоренного истирания футеровки отклоняющего шкива или применения специальных технических решений, исключающих такую пробуксовку.

Традиционно в отечественной практике регулировка длин канатов и радиусов желобов ведущего шкива выполняется в соответствии с методикой НИИГМ им. М. М. Федорова [8]. Она была разработана для установок с отдельными шкивами, однако в настоящее время применяется так же на всех установках с моноблочными отклоняющими шкивами. При этом ее эффективность, по отзывам службы эксплуатации, даже в последнем случае подтверждается удовлетворительными практическими результатами. Это можно объяснить только тем, что на отклоняющих шкивах футеровка Бекопласт обладает очень низким коэффициентом трения и при перегоне меток из набегающего отвеса в сбегаящий происходит почти непрерывная пробуксовка канатов и частичное выравнивание натяжений между струной и отвесом со стороны отклоняющего шкива, в некоторой степени похожее на процесс в системе с отдельными отклоняющими шкивами.

Рассмотрим подробнее процесс определения натяжений канатов, коррекции радиусов шкивов и длин канатов по этой Методике. Целью операций методом меток является выявление желоба с наименьшим «приведенным» радиусом перемотки и определения величины его превышения для остальных желобов. После решения этих задач желоба с большими радиусами подрезаются по футеровке до уровня наименьшего из них. В работе [П.П. Нестеров, 1963] показано, что чисто геометрический радиус шкива не может совпадать с истинным значением «приведенного» радиуса перемотки в силу ряда технических и технологических причин.

Согласно [8], вначале все метки на всех канатах устанавливаются на одном уровне, например, в зоне копра со стороны набегающего отвеса. Скип в это время находится на нижнем уровне ствола. Приведенная жесткость участка каната определяется по формуле (1).

$$C_k = \frac{EF}{l_k} \quad (1)$$

где EF – агрегатная жесткость каната на растяжение (определяется согласно Техническим условиям на канат или экспериментально и зависит от его конструкции); l_k – длина участка каната (рис. 1).

Из (1) видно, что при испытаниях отклоняющего шкива канаты его отвеса будут иметь наибольшую длину, поэтому их жесткость будет гораздо меньше, чем на участке струны между шкивами и от ведущего шкива до коуша.

При движении меток к ведущему шкиву сечения каната в желобе с наименьшим приведенным радиусом будут *отставать* от остальных, а с наибольшим – *опережать* остальные. Следовательно, при подходе к шкиву произойдет

заметный разбег меток по вертикали, который можно измерить. Разбег меток интегрировано проявляет суммарное влияние всех факторов, влияющих на разбаланс натяжений канатов.

При проходе меток относительно небольшое расстояние (20 м- 30 м) их разбег до подхода к отклоняющему шкиву будет формироваться разбегом радиусов его желобов. После прохода отклоняющего шкива метки попадут на короткий (порядка 10-15 м) участок струны.

При синхронном вращении двух шкивов происходит суперпозиция влияния желобов первого по ходу меток шкива (в данном случае отклоняющего) и второго (ведущего) на взаимное расположение меток в струне. Если желоб второго шкива, так же как и первого, имеет наибольший радиус под своим канатом, то он перегоняет соответствующую метку вперед по отношению к остальным. Аналогично, если желоб на втором шкиве имеет наименьший радиус под другим канатом, от метка на нем отстает от остальных. Вся картина взаимного расположения меток переносится в сбегаящий отвес и качественно получает такую же схему, как в установке с одним многоканатным шкивом.

Иная картина получается, если на втором (ведущем) шкиве желоб, соответствующий канату с наибольшим радиусом желоба первого по ходу (отклоняющего) шкива имеет наименьший радиус из всех. Так же получается, что если под другим канатом желоб второго (ведущего) шкива имеет радиус наименьший из всех. В этом случае метка, которая опережала остальные под влиянием первого шкива из-за воздействия уменьшенного радиуса второго, начинает отставать от остальных. Соответственно метка под другим канатом, у которого радиус первого шкива был меньше других, начинает опережать другие метки под влиянием увеличенного радиуса второго шкива.

Такая суперпозиция воздействий двух шкивов на одну струну приводит к тому, что после переходе через второй шкива (ведущий) метка, которая была впереди всех и метка, которая была позади всех, окажутся сближенными. Расстояние между ними окажется существенно меньше, чем, если бы канаты перематывались только через один моноблочный шкив.

Причем, если на втором шкиве наибольший радиус превышает минимальный на значительную величину, то их метки, которые еще в начале струны занимали крайние положения, могут сблизиться на столько, что какая-то из остальных меток выйдет вперед всех, а какая-то другая окажется позади всех в сбегаящем отвесе.

В этом случае картина взаимного расположения меток, попавших в сбегаящий отвес, не будет отражать картину взаимных соотношений радиусов желобов ни на каком шкиве в отдельности, а будет отражать их некоторое интегральное соотношение. Проточка желобов, основанная на этой картине, выполненная на первом по ходу меток шкиве по методике [8], не приведет к желаемому уравновешиванию канатов. Аналогичные рассуждения справедливы и для обратного хода канатов с установкой меток на отвесе ведущего шкива.

Если при перегоне меток из поднимающего в опускающийся отвес происходит срыв скольжения каната в сторону более нагруженного участка, то метка на

канате, совершившем проскальзывание, сместится в сторону пробуксовки по отношению к остальным меткам. Если радиус желоба первого по ходу (отклоняющего шкива) больше остальных, то натяжение в его канате в поднимающемся отвесе растет, а в струне ослабляется. Если на втором по ходу (ведущем) шкиве соответствующий радиус его желоба меньше других, то из-за этого его канат в струне еще больше ослабляется.

Угол охвата отклоняющего шкива и коэффициент трения футеровки намного меньше, чем у ведущего шкива, поэтому срыв со скольжением произойдет в первую очередь по ведущему шкиву в сторону набегающего отвеса. Соответственно это еще больше переместит метку, которая после схода с отклоняющего шкива была впереди всех назад, к уровню остальных меток.

Аналогичный процесс происходит с меткой на канате, у которого радиус желоба на первом по ходу шкиве меньше остальных, а на втором больше. Однако в этом случае будет происходить перегрузка этого каната на участке струны и его ослабление на участке набегающего отвеса.

При таком соотношении радиусов срыв с пробуксовкой каната по отклоняющему шкиву произойдет в сторону струны. Его метка, которая при сходе со шкива была позади всех остальных, подвинется вперед относительно других меток. Это еще сильнее уменьшит расстояние между крайними метками. В этом случае может оказаться, что уже на участке струны крайними метками станут метки на других канатах, радиусы желобов которых не были на первом шкиве ни самым большим, ни самым малым.

Такой процесс пробуксовки способствует выравниванию натяжений каната на участке отвеса и струны. Если же футеровка отклоняющего шкива имеет минимальный коэффициент трения, такой, что пробуксовка происходит практически непрерывно при малейшем отклонении натяжений в струне и набегающем отвесе, то в этом случае методом меток определить отклонения радиусов на отклоняющем шкиве практически не возможно, так как система по своим свойствам приближается к системе с отдельными отклоняющими шкивами. При установке меток со стоны отклоняющего шкива их разбег, зафиксированный после схода с ведущего шкива, будет в большой степени соответствовать разбегу радиусов второго походу (ведущего) шкива.

В установке с отдельными отклоняющими шкивами разбег меток, устанавливаемых поочередно на одном, а потом на другом отвесах должен показать достаточно близкие результаты (теоретически - одинаковые), так как отклонения радиусов желобов ведущего шкива не могут измениться за это время. Если в установке с двумя моноблочными шкивами эти результаты существенно разнятся (рис. 5), то это показывает, на сколько отклоняющий шкив влияет на разбег меток, при их перегоне через оба шкива.

Для наглядности процесса внесем некоторые изменения в традиционную схему контроля меток. Во-первых, для максимального снижения жесткости набегающего отвеса потребуем, чтобы поднимающийся скип стартовал из самого нижнего положения в стволе – из уровня дозатора, а не из положения скипов в его средней части. Метки нанесем на канаты на уровне 0-й отметки ствола. За-

тем, при перегоне скипов остановим метки перед набеганием на шкив и измерим их взаимное расположение, затем перегоним метки в струну и так же измерим их взаимное расположение. Потом перегоним метки до уровня 0-й отметки копра в противоположный отвес и измерим их взаимное расположение. Затем повторим данную процедуру с другим скипом. Результаты эксперимента представлены на рис. 5.

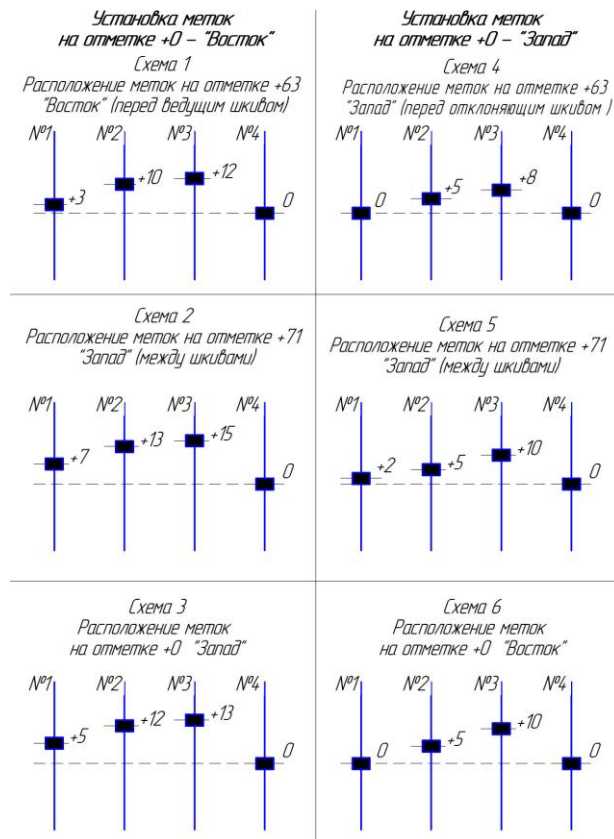


Рисунок 5 - Расположение меток при перематке через систему 2-х моноблочных многоканатных шкивов

Из рис. 5 видно, что после прямого и обратного циклов перегона метки они установились в противоположных отвесах на разных относительных уровнях.

Это подтверждает обоснованное выше положение, что система из двух шкивов вносит искажение в их взаимное перемещение. Соответственно, если затем вычислять величину необходимой подрезки радиусов желобов ведущего (или отклоняющего) шкива по каждому из проведенных перегонов, то результаты будут отличаться друг от друга, внося неопределенность в выбор выполняемых действий.

Следует отметить, что при эксплуатации данной подъемной установки систематический контроль и коррекция радиусов желобов ведется по ведущему шкиву с футеровкой типа Бекорит. Коррекция радиусов резиновой футеровки отклоняющего шкива в силу технических причин проводится гораздо реже при интенсивности работы подъема порядка 400 скипов/сутки.

Представленное в [5] математическое обеспечение позволяет автоматизиро-

вать процесс вычисления рекомендованных параметров коррекции радиусов желобов отклоняющего и ведущего шкивов. На рис. 6 приведено окно программы в режиме выдачи рекомендаций по проточке желобов резиновой футеровки отклоняющего шкива по данным, полученным в процессе проводимых экспериментов. Из выведенных результатов видно, что самый малый радиус перемотки каната имеет желоб №4, поэтому все остальные желоба должны быть подрезаны до его уровня. Самый большой радиус имеет желоб №3, поэтому его радиус должен быть уменьшен на самую большую величину 2 мм, за ним по величине коррекции идут желоба №2 и №1.

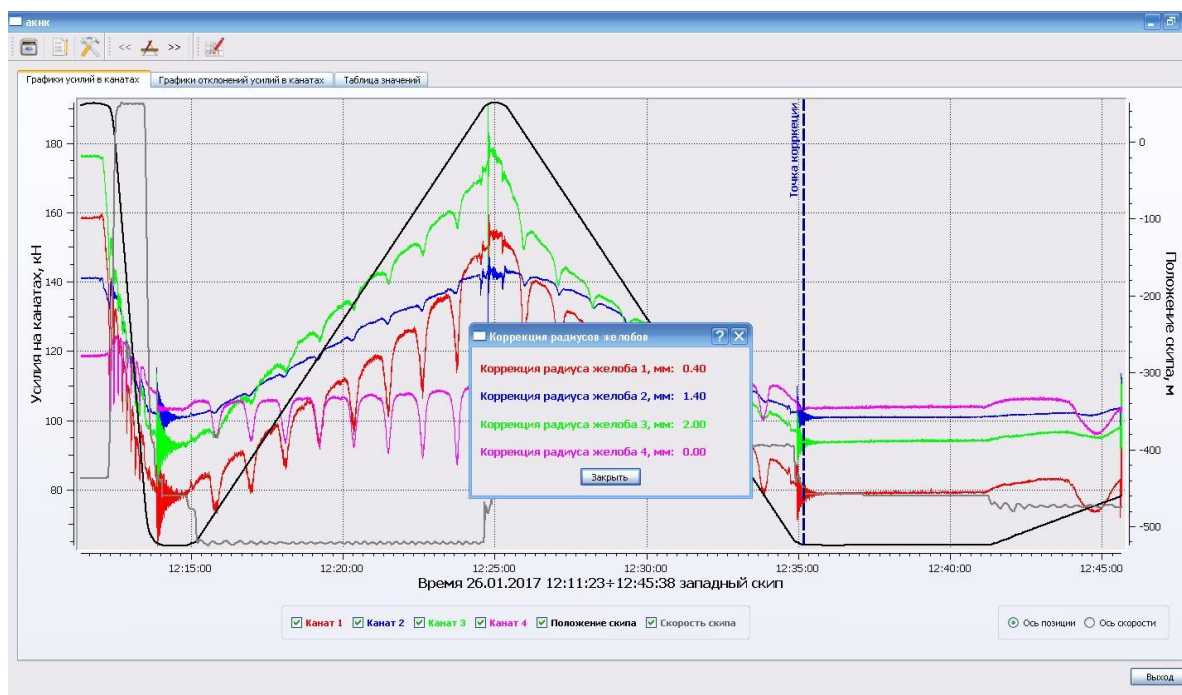


Рисунок 6 - Окно программы в режиме выдачи рекомендаций по проточке желобов резиновой футеровки отклоняющего шкива со стороны западного скипа

Соотношение этих значений полностью совпадает с соотношением натяжений канатов, показанных на заднем плане окна и рис. 2б. Видно, что канат №3 при подъеме скипа имеет самое большое натяжение, канат №4 самое меньшее, второе место по уровню натяжения занимает канат №2, третье - канат №1. То есть, величины необходимой коррекции радиусов желобов, определенные в режиме подъема сосуда, находятся в прямой зависимости от натяжений его головных канатов.

На рис. 7 приведено окно программы в режиме выдачи рекомендаций по коррекции длин канатов. Расчет проводится на основании показаний системы измерения натяжений в точке загрузки восточного скипа. Видно, что канат №4 является самым перегруженным, соответственно, его длина самая меньшая. По ней должно проводиться укорочение остальных канатов: 1-й канат должен быть укорочен на 80 мм, второй - на 10 мм, 3-й - на 70 мм.

Естественно, что в соответствии с рекомендациями Методики [8], коррекци-

ровка длин канатов должна проводиться после выполнения корректировки радиусов шкивов и устранения основной причины нарушения баланса в распределении натяжений между головными канатами ШПУ.



Рисунок 7 - Окно программы в режиме выдачи рекомендаций по корректировке длин канатов

Приведенные результаты наглядно показывают, что наличие 2-х моноблочных многоканатных шкивов приводит к созданию нештатного режима пробуксовки канатов и ускоренному износу футеровки. Практика показала, что антифрикционная футеровка Бекопласт в этих условиях служит порядка 8 месяцев, в то время как фрикционная футеровка Бекорит на ведущем шкиве служит более 8 лет. Понятно, что использование отдельных отклоняющих шкивов устраняет эту проблему.

Естественным техническим выходом из этой ситуации является обеспечение свободного проскальзывания канатов относительно отклоняющего шкива без истирания футеровки их рифленой поверхностью. Эта проблема решается путем применения известного типа футеровки [В.А. Иванов, 1983], скользящей в желобах моноблочного шкива. В настоящее время эта футеровка традиционно устанавливается на отдельных отклоняющих шкивах для уменьшения влияния их массы на динамические нагрузки в канатах и уравнивания натяжений между участками струны и отвеса при разгоне и торможении сосудов.

На моноблочном шкиве эта футеровка обеспечивает ту же самую функцию уравнивания натяжений в одном канате на смежных участках по обе стороны отклоняющего шкива, но при этом так же устраняет влияние отклонений радиусов его желобов и трения по жестко закрепленной в них футеровке на раз-

баланс натяжений между канатами, исключает возникновение концентрации разбаланса натяжений на коротком участке струны.

В этом случае при использовании решений, полученных в [3] для струны и каждого из отвесов, в программном обеспечении автоматизированных систем непрерывного мониторинга натяжений канатов будет гораздо меньше систематических помех, вызванных погрешностями в определении численных значений исходных из-за влияния второго моноблочного шкива.

Выводы.

1. Наличие второго моноблочного шкива создает концентрацию разбаланса натяжений между канатами на участке струны между шкивами.

2. Даже при соблюдении ограничений на разбаланс натяжений канатов в отвесах, нормированный Правилами безопасности для установок с отдельными отклоняющими шкивами, в установках в два моноблочными шкивами при работе происходит постоянная пробуксовка отдельных канатов по отклоняющему и в меньшей степени по ведущему шкивам, в зависимости от коэффициента трения футеровки отклоняющего шкива.

3. Установка подвижной футеровки на моноблочном отклоняющем шкиве устраняет проблему концентрации разбаланса натяжений в струне и пробуксовки канатов по шкивам.

Авторы выражают благодарность сотрудникам ООО «CORUM GROUP», ООО НПП «Альянс-Д», принимавших непосредственное участие в техническом обеспечении шахтных измерений, проведении измерений и обработке данных, чей труд позволил получить необходимый объем информации, представленной для анализа в данной статье.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ильин, С.Р. Влияние отклонений радиусов желобов шкива на взаимодействие подъемного сосуда с армировкой при многоканатном подъеме / С.Р. Ильин // Геотехническая механика: межвед. сб. науч. тр. / ИГТМ НАН Украины – 2013 - Вып. 105 - -С.165-181.
2. Tadeusz Wróbel, Sławomir Jurasz , Jerzy Świetlicki , Andrzej Bielecki, Daniel Honisz. Doświadczenia eksploatacyjne z wykonywania pomiarów obciążań lin nośnych górniczych wyciągów szybowych wielolinowych oraz stosowania praktycznej metody ich wyrównywania. / III Międzynarodowa konferencja - Bezpieczeństwo Pracy Urzędów Transportowych w Górnictwie Organizowana przez Centrum Badań i Dozoru Górnictwa w Łędzinach (Listopad 2007r.) Электронный ресурс: http://www.temix.com.pl/publikacje/publikacja_6_pl.pdf
3. Единые правила безопасности при разработке рудных, нерудных и россыпных месторождений подземным способом. / Утв. Госгортехнадзором СССР. 31.08.1971. - Изд. 2. дополненное. - М.: Недра, 1977. -223 с.
4. Правила безпеки у вугільних шахтах: НПАОП 10.0-1.01-10. Затв. наказом Державного комітету України з промислової безпеки, охорони праці та гірничого нагляду 22.03.2010 № 62. – Київ: Мінвуглепром України, 2010 – 430 с. (Нормативний документ Мінвуглепрому України)
5. Ильин, С.Р. Особенности регулировки натяжений канатов многоканатных подъемных установок с моноблочными отклоняющими шкивами / С.Р.Ильин, И.С.Ильина // Геотехническая механика: межвед. сб. научн. тр. / ИГТМ НАН Украины.- 2016. - Вып. 126. - с. 144-172.
6. Причины возникновения вибраций элементов многоканатной подъемной установки башенного расположения и пути их устранения / В.А. Трибухин, А.С. Мельничук, А.В. Демченко, П.Н. Гончаров // Сборник научных трудов. ПАО «НИИГМ им. М.М. Федорова»: Проблемы експлуатації обладнання шахтних стаціонарних установок. - Донецк, 2012. - Вып. 106. -С. 56-64.
7. Манец, И.Г. Техническое обслуживание и ремонт шахтных стволов. Изд. 5. Т. 2. / И.Г. Манец,

Б.А. Грядущий, В.В. Левит / Под общей редакцией С.А. Сторчака. – Донецк: «Світ книги», 2012. –457 с.

8. Руководство по контролю и регулировке распределения нагрузки между головными канатами многоканатных подъемных установок. РТМ 07.015-84. / Минуглепром СССР. ВНИГМ им. М.М. Федорова. Донецк. – 1984. 39 с.

9. Динамика шахтного подъема / В.И. Белобров, В.А. Дзензерский, В.И. Самуся, С.Р. Ильин. – Днепропетровск: Изд. Днепропетровского университета, 2000 – 380с.

REFERENCES

1. Ilyin, S.R. (2013) “Influence of variations of the radii of the pulley gutters on the interaction of the lifting of the vessel with a reinforcement at multirope rise”, *Geo-Technical Mechanics*, no. 105, pp. 165 - 181.

2. Tadeusz Wróbel, Sławomir Jurasz , Jerzy Świetlicki , Andrzej Bielecki and Daniel Honisz (2007), «Doświadczenia eksploatacyjne z wykonywania pomiarów obciążeń lin nośnych górniczych wyciągów szybowych wielolinowych oraz stosowania praktycznej metody ich wyrównywania», *III Międzynarodowa konferencja - Bezpieczeństwo Pracy Urzędzeń Transportowych w Górnictwie Organizowana przez Centrum Badań i Dozoru Górnictwa w Łędzinach*, Listopad 2007, available at: http://www.temix.com.pl/publikacje/publikacja_6_pl.pdf

3. Gosgortekhnadzor SSSR (1971), *Yedinyie pravila bezopasnosti pri razrabotke rudnykh, nerudnykh i rossypnykh mestorozhdeniy podzemnymsposobom* [Uniform safety rules for mining of ore, non-ore and placer deposits by underground methods] (1977), Nedra, Moscow, SU.

4. State committee of Ukraine on industrial safety, labour protection and mountain supervision (2010), *NPAOP 10.0-1.01-10. Pravyla bezpeky u vugilnikh shakhtakh* [NPAOP 10.0-1.01-10 Rules of safety in coal mines], Kiev, Ukraine.

5. Ilyin, S.R. and Ilyina, I.S. (2016), “Features adjusting tension ropes multirope lifting installations monobloc diverting pulleys”, *Geo-Technical Mechanics*, no. 126, pp. 144-172.

6. Tribuhin, V.A., Melnichuk, A.S., Demchenko, A.V. and Goncharov, P.N. (2012), « Reasons of origin of vibrations of elements of the multirope lifting setting of tower location and way of their removal», *Sbornik nauchnyh trudov. PAO «NIIGM im. M.M. Fedorova»: Problemi ekspluatacii obladnannja shahtnih stacionarnih ustanovok*, Vyp.106, pp. 56 64.

7. Manec, I.G., Grjadushchy, B.A. and Levit, V.V. (2012), *Tekhnicheskoye obsluzhivaniye i remont shahtnykh stvolov. Izd. 5. T. 2.* [Technical service and repair of mine trunks. Publ. 5. T. 2], Svit knigi, Donetsk, UA.

8. Minugleprom SSSR. VNIIGM im. M.M. Fedorova (1983), *RTM 07.015-82: Rukovodstvo po kontrolju i regulirovke raspredelenija nagruzki mezhdru golovnyimi kanatami mnogokanatnykh podyomnykh ustanovok.* [RTM 07.015-82 Guidance on the control and regulation of partition of load between the head ropes of multirope lifting options], Donetsk, SU.

9. Belobrov, V.I., Dzenzerskij, V.A., Samusja, V.I. and Ilyin, S.R. (2000), *Dinamika shahtnogo podyoma* [Dynamics of the mine winding], Izd. Dnepropetrovskogo universiteta, Dnepropetrovsk, UA.

Об авторах

Ильин Сергей Ростиславович, кандидат технических наук, старший научный сотрудник, старший научный сотрудник отдела горной термоаэродинамики и автоматизированных систем, Институт геотехнической механики им. Н.С.Полякова Национальной академии наук Украины (ИГТМ НАНУ), Днепропетровск, Украина. iljin_sr@mail.ru

Кириченко Владимир Евгеньевич, кандидат технических наук, доцент кафедры автоматизации и компьютерных систем, Государственное высшее учебное заведение «Национальный горный университет» (ГВУЗ «НГУ»), Днепропетровск, Украина.

Ильина Инна Сергеевна, кандидат технических наук, доцент кафедры горной механики, Государственное высшее учебное заведение «Национальный горный университет» (ГВУЗ «НГУ»), Днепропетровск, Украина.

About the authors

Ilyin Sergey Rostislavovich, Candidate of Technical Sciences (Ph.D), Senior Researcher, Senior Researcher of the Department of Rock Thermoaerodynamics and Automated Systems, N.S. Polyakov Institute of Geotechnical Mechanics of National Academy of Sciences of Ukraine (NASU IGTM), Dnepropetrovsk, Ukraine. iljin_sr@mail.ru

Kirichenko Vladimir Yevgeniyevich, Candidate of Technical Sciences (Ph.D), Associate Professor of the Department of Automation and Computer Systems, State Higher Educational Institution "National Mining University" (SHEI "NMU"), Dnepropetrovsk, Ukraine.

Ilyina Inna Sergeevna, Candidate of Technical Sciences (Ph.D), Associate Professor of the Department of Mining Mechanics, State Higher Educational Institution "National Mining University" (SHEI "NMU"), Dnepropetrovsk, Ukraine.

Анотація. У статті викладені матеріали експериментальних досліджень багатоканатної підйомної установки з відхилюючим моноблоковим шківом, яка оснащена першим в Україні апаратно-програмним комплексом контролю натягу канатів. Розроблене науково-методичне та програмне забезпечення комплексу дозволяє під час роботи підйомної установки отримувати, виводити на монітор і зберігати в накопичується базі даних безперервну інформацію про натягу кожного з канатів на ділянках схилів, відхилень навантажень кожного з канатів від середнього значення, порівнювати фактичні відхилення навантажень з нормованими в Правилах Безпеки значеннями. Отримані в статті результати показали, що наявність в системі другого моноблочного шківа перетворює короткий ділянку струни канатів між шківками в концентратор розбалансу навантажень. Це призводить до того, що в процесі підйому скіпів 7 - 8 разів за цикл через кожні 20-40 метрів відбувається зрив окремих канатів з пробуксовкою по відхилюючому шківу. При цьому величина пробуксовки каната виявляється настільки великою, що викликає синхронне локальне непружне прослизання канатів по ведучому шківу. Розроблене методичне та математичне забезпечення дозволяє на підставі даних вимірювання навантажень автоматично розраховувати величини рекомендованої корекції радіусів жолобів футерування кожного з шківів і корекції довжин канатів, що забезпечують більш рівномірний розподіл їх навантажень між собою. Це сприяє підвищенню терміну служби канатів, зниження ударних навантажень на армування і підвищенню безпеки роботи підйому.

Ключові слова: шахтна багатоканатні підйомна установка, відхилення навантажень канатів, відхилення довжин канатів, багатоканатні провідний шків, багатоканатний відхиляючий шків, система моніторингу навантажень канатів

Abstract. The article presents materials with experimental studies of multiple-rope hoist with deflecting monoblock pulley, which is equipped with the first in Ukraine hardware-software complex for controlling the rope tensions. The developed scientific methods and software of the complex allow, when the hoist is in operation, receiving, displaying and storing in accumulating database continuous information about the tension of each of the ropes in the plumb areas, each of the rope tension deviations from the mean value, and comparing actual tension deviation with normalized values in the Safety Regulation. The obtained results presented in the article show that the second monoblock pulley installed in the system transforms a short sector of the rope line between the pulleys into concentrator of the unbalanced tensions and leads to the situation when some ropes slide down and slip on the deflecting pulley each 20-40 meters if a skip is lifted up 7 - 8 times per cycle. The rope slippage is so large that it causes a synchronous local inelastic rope slipping on the drive pulley. Basing on the data of measured rope tensions, the developed methodology and software can automatically calculate values for the recommended correction of the lining gutter radius per each of the pulleys and rope length in order to ensure a more even distribution of tensions between the ropes.

This extends service life of the ropes, reduces load impact on the shaft equipment and improves safety of the hoist operation.

Keywords: mine multi-rope hoist, deviation of the rope tension, deviations of the rope lengths, multi-rope leading pulley, multi-rope deflecting pulley, system for monitoring the rope tension

Стаття постуила в редакцію 13.04.2016

екомендована к печати д-ром техн. наук А.П. Круковским