

Первая зона (от 0 до 33 % высоты отвала) является зоной постепенного возрастания скорости потока.

Вторая зона (от 33 до 66 % высоты отвала) происходит существенное увеличение скорости ветрового потока, но максимальное значение достигается на пределах II-III зоны.

В третьей зоне, а если быть точнее в конце наблюдается снижение скорости в следствие обтекания ветровым потоком вершины отвала.

Данные исследования представляют собой обоснования возможности использования ветрогенераторов на территории карьеров, в частности, расположение ВЭУ на самих породных отвалах (хвостохранилищ, терриконов).

Рекомендовано до друку: д-ром техн. наук, проф. Шкрабцем Ф.П.

УДК 622.673:531

В.А. Ропай, д-р техн. наук, И.П. Федорова
(Украина, Днепр, ДВНЗ «Национальный горный университет»)

ДЕФОРМАЦИИ ОТВЕСА КРУГЛОГО ПОДЪЕМНОГО КАНАТА КАК ЕСТЕСТВЕННО-ЗАКРУЧЕННОГО СТЕРЖНЯ ПРИ РАЗНЫХ СХЕМАХ ЕГО НАВЕСКИ

Анотація. Виконаний математичний опис поздовжньо-крутильних деформацій виска круглого металевого канату шахтної піднімальної установки за різними шістью схемами навішування їх в умовах шахтового стволу.

Ключові слова: висок канату, природно-закручений стрижень, поздовжньо-крутильні деформації, навішування каната, умови шахтного стволу

Аннотация. Выполнено математическое описание продольно-крутильных деформаций отвеса круглого металлического каната при шести различных схемах его навешивания в условиях шахтного ствола подъемной установки.

Ключевые слова: отвес каната, естественно-закрученный стержень, продольно-крутильные деформации, навеска каната, условия шахтного ствола

Abstract. The longitudinal end torsion deformations of round wire ropes of shaft hoisting during the process of suspension of it in accordance with different six schemes in shaft conditions are described.

Keywords: round wire rope, naturally-involute bar, suspension of rope, shaft conditions

Канат – это естественно-закрученный стержень, состоящий из проволок, свитых в пряди и пряди свиты в канат. Впервые теорию напряженно-деформированного состояния каната разработал М.Ф. Глушко [1], в ряде работ эта теория применялась для расчета напряжений в проволоках подъемных канатов, в [2] она использована при исследовании напряженно-деформированного состояния круглых уравновешивающих канатов.

Целью настоящей работы является установление аналитических зависимостей, описывающих продольно-крутильные деформации отвеса подъемного каната при всех возможных схемах его навески в условиях шахтного ствола с дальнейшим исследованием напряженно-деформированного состояния проволок канатов и обоснования наиболее целесообразного способа навески канатов по указанному критерию.

С увеличением глубин стволов шахт резко уменьшился срок службы подъемных канатов. Практики заметили увеличение деформаций кручения применяемых обычно канатов двойной свивки ГОСТ 7668-80 и ГОСТ 7669-80 с металлическим сердечником с увеличением длин отвесов канатов. Нередки случаи разрушения вначале металлического сердечника, а не проволок наружного слоя прядей. В литературе появились предложения прикреплять подъемные канаты к сосудам через вертлюжные прицепные устройства, чтобы давать канату раскручиваться при натяжении [3]. Важным для срока службы каната является и способ навески, при котором канат претерпевает различные начальные деформации. Канат можно и принудительно раскрутить (закрутить) перед закреплением в коушах прицепных устройств. Эти вопросы не имеют в настоящее время научного обоснования. Способы навески определяются техническими возможностями шахты [4]–[8], а не напряженно – деформированным состоянием каната.

Анализ указанных работ позволил обобщить все применяемые способы навески и замены канатов и представить их шестью расчетными схемами (рис. 1).

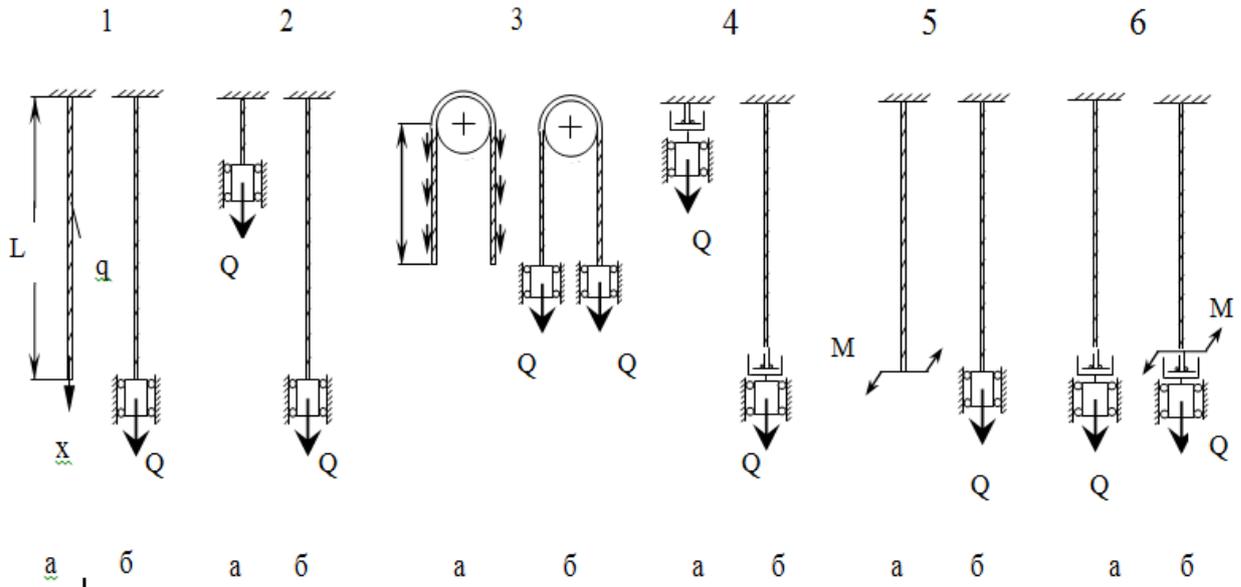


Рис. 1 – Расчетные схемы отвеса подъемного каната, соответствующие 6 схемам его навески

Схемы 1 и 2 применяются в Донбассе. По схеме 1 отвес каната опускается в ствол со свободным нижним концом (а), при этом канат раскручивается под действием собственного веса, затем к нему прикрепляют подъемный сосуд в направляющих (б), т.е. без возможности дальнейшего раскручивания канат нагружается весом подъемного сосуда.

По схеме 2 на верхней площадке канат прикрепляют к подъемному сосуду в направляющих (а), т.е. нижний конец каната не будет иметь возможность вращения вокруг продольной оси, подъемный сосуд опускается на нижний горизонт (б) и каждая его часть растягивается собственным весом. Относительно целого отвеса половинки оказываются натянутыми в противоположные стороны. Как показано в работе [7], угловые деформации отвеса каната пропорциональны квадрату его длины. В данном случае начальная длина отвеса равна половине всей его длины. Указанные факторы повлияют на напряженно-деформированное состояние каната.

Схема 4 описана в работах [3,4]. Канат предлагалось закреплять к подъемному сосуду с помощью вертлюжного прицепного устройства. По расчетам авторов работ при этом должен уменьшиться крутящий момент в канате до величины момента трения в опоре, т.е. в вертлюге. Институтом Кривбасспроект даже были разработки специальных конструкций вертлюгов для подъемных канатов. Но далее проектов дело не продвинулось.

Схемы 5 и 6 предложены для рассмотрения авторами настоящей статьи. Поскольку разные угловые деформации отвеса каната по-разному влияют на его напряженное состояние, то можно перед креплением нижнего конца каната к подъемному сосуду приложить к нему некоторый крутящий момент (схема 5,а), закручивая или раскручивая канат, что будет более целесообразным оценим последующими расчетами напряжений в проволоках каната. К ненапрянутому канату большой крутящий момент приложить невозможно из-за потери устойчивости его прямолинейной формы, поэтому предполагается рассмотреть схему 6, в которой канат натянут весом подъемного сосуда через вертлюжное прицепное устройство (схема 6,а), к нему прикладывается крутящий момент (схема 6,б), в таком состоянии канат прикрепляют к подъемному сосуду и снимают вертлюг (схема 5, б), фиксируя таким образом созданное моментом предварительное деформированное состояние каната.

Уравнения статики отвеса каната, как весомого естественно закрученного стержня, нагруженного погонной распределённой нагрузкой собственного веса и закреплённого определённым образом в конечных сечениях, имеет вид:

$$A \frac{d^2 U}{dx^2} + C \frac{d^2 V}{dx^2} = -q, \quad C \frac{d^2 U}{dx^2} + B \frac{d^2 V}{dx^2} = 0. \quad (1)$$

где A, B, C - агрегатные коэффициенты жёсткости каната, U, V - полные продольные и угловые перемещения сечений каната, q – погонный вес каната.

Для всех указанных на рис. 1 расчетных схем начало отсчёта оси x располагается в верхнем, закреплённом на шкиве трения сечении каната, для которого граничные условия имеют вид:
при $x = 0$

$$\text{а) } U(0) = 0, \quad \text{б) } V(0) = 0. \quad (2)$$

Рассмотрим статические деформации вертикального отвеса круглого каната при указанных выше схемах навески.

По схеме 1, а отвес каната со свободным нижним концом будет иметь граничные условия для нижнего сечения при $x=L$:

$$\text{в) } A \frac{dU}{dx} + C \frac{dV}{dx} = 0, \quad \text{г) } C \frac{dU}{dx} + B \frac{dV}{dx} = 0. \quad (3)$$

Первый интеграл уравнений (1) с учётом (3) принимает вид:

$$A \frac{dU}{dx} + C \frac{dV}{dx} = q(L-x); \quad C \frac{dU}{dx} + B \frac{dV}{dx} = M = const = 0. \quad (4)$$

Разрешая систему уравнений (4) относительно производных, получаем выражения для продольной и угловой деформации отвеса каната:

$$\varepsilon = \frac{dU}{dx} = \frac{B}{\Delta} [q(L-x)]; \quad (5)$$

$$\Theta = \frac{dV}{dx} = -\frac{C}{\Delta} [q(L-x)], \quad (6)$$

где $\Delta = AB - C^2$.

Интегрированием выражений (5) и (6) с учётом (2) получаем:

$$U(x) = \frac{B}{\Delta} \left[\frac{q}{2} (2L-x) \right] x, \quad (7)$$

$$V(x) = -\frac{C}{\Delta} \left[\frac{q}{2} (2L-x) \right] x. \quad (8)$$

Выражение для угла поворота нижнего сечения каната ($x=L$)

$$V(L) = -\frac{C}{\Delta} \frac{qL^2}{2} \quad (9)$$

будем использовать как граничное условие при изучении дальнейших деформаций отвеса каната при присоединении к его нижнему концу груза в направляющих по схеме 1,б. Второе граничное условие при $x=L$ должно быть записано в виде:

$$A \frac{dU}{dX} + C \frac{dV}{dX} = Q_{ГР}. \quad (10)$$

Деформации отвеса каната после присоединения груза в направляющих получим интегрируя (1) с учетом граничных условий (2), (9),(10). Первый интеграл уравнений (1) с учётом (10) получаем в виде:

$$\begin{aligned} A \frac{dU}{dx} + C \frac{dV}{dx} &= Q_{ГР} + q(L-x), \\ C \frac{dU}{dx} + B \frac{dV}{dx} &= M_1 = const, \end{aligned} \quad (11)$$

где M_1 – некоторый момент в опоре, равный постоянному крутящему моменту в отвесе каната, находится как постоянная интегрирования.

Из (11) следует:

$$\begin{aligned}\varepsilon &= \frac{dU}{dx} = -\frac{C}{\Delta} M_1 + \frac{B}{\Delta} [Q_{ГР} + q(L-x)], \\ \Theta &= \frac{dV}{dx} = \frac{A}{\Delta} M_1 - \frac{C}{\Delta} [Q_{ГР} + q(L-x)].\end{aligned}\quad (12)$$

Интегрируя (12), получим:

$$U = -\frac{C}{\Delta} M_1 x + \frac{B}{\Delta} \left[Q_{ГР} + \frac{q}{2} (2L-x) \right] x + C_1; \quad V = \frac{A}{\Delta} M_1 x - \frac{C}{\Delta} \left[Q_{ГР} + \frac{q}{2} (2L-x) \right] x + C_2, \quad (13)$$

где C_1 и C_2 – постоянные интегрирования.

С учётом граничных условий на верхнем конце каната (2)

$$C_1 = C_2 = 0.$$

Удовлетворяя граничному условию (9) для $V(L)$, из (13) получаем выражение для крутящего момента в канате

$$M_1 = \frac{C}{A} Q_{ГР}, \quad (14)$$

С учётом (13) выражения (12) и (13) принимают вид:

$$\varepsilon = \frac{dU}{dx} = \frac{Q_{ГР}}{A} + \frac{B}{\Delta} q(L-x); \quad (15)$$

$$\Theta = \frac{dV}{dx} = -\frac{C}{\Delta} q(L-x); \quad (16)$$

$$U = \frac{Q_{ГР}}{A} x + \frac{B}{2\Delta} q(2L-x)x; \quad (17)$$

$$V = -\frac{Cq}{2\Delta} (2L-x)x. \quad (18)$$

Полученный результат свидетельствует о том, что подвешенный к отвесу каната груз в направляющих не изменяет угловую деформацию каната, а также о том, что неучет последовательности смены деформированного состояния отвеса каната при навеске приведет к погрешности оценки его напряженного состояния.

В итоге можно сделать вывод о том, что деформации отвесов канатов существенно зависят от схемы и способа его навески. А поскольку деформации каната и его элементов связаны между собой, то можно утверждать, что деформации элементов канатов (прядей и проволок) и силовые факторы в них (продольные усилия, изгибающие и крутящие моменты, нормальные и касательные напряжения) также зависят от схемы навески канатов. Можно продолжить эту логическую связь и утверждать, что и циклы изменения напряжений в проволоках каната, а, следовательно, и срок службы каната будут определенным образом зависеть от схемы и способа его навески.

Список литературы

1. Глушко М.Ф. Стальные подъемные канаты / М.Ф. Глушко – К.: Техніка, 1966. – 327 с
2. Ропай В.А. Шахтные уравнивающие канаты. / В.А. Ропай – ДВНЗ «НГУ», Днепр. 2016. – 263 с.
3. Дворников В.И. О рациональном способе навески канатов многоканатной подъемной установки / В.И. Дворников, В.В. Махия. // Уголь Украины №6, 1984. – С. 23 – 25.

4. Махиня В.В. Способы замены канатов на многоканатной подъемных машинах с ведущим шкивом трения / В.В. Махиня // Уголь Украины №5, 1985. – С. 28 – 30.
5. Морозов В.Г. Механизованная навеска и замена канатов на многоканатных подъемных установках и средства их осуществления / В.Г. Морозов // Вопросы разработки шахтных стационарных установок: Сборник научных трудов ВНИИГМ им. М.М. Федорова.– Донецк. 1982. – С. 56 – 59.
6. Руководство по замене головных и уравнивающих канатов на многоканатных подъемных установках: Сборник научных трудов ВНИИГМ им. М.М. Федорова – РТМ 07.01.016.83.– Донецк. 1983. –147 с.
7. Коломиец А.А. Навеска канатов и клетей многоканатного подъема / А.А. Коломиец, Г.С. Платон // Шахтное строительство №12, 1988. – С. 11 – 15.
8. Гендон В.А. Навеска скипов и канатов на многоканатные подъемные установки / В.А. Гендон, Е.А. Белоцерковский // Шахтное строительство №7, 1975. – С. 20 – 22.

Рекомендовано до друку: д-ром техн. наук, проф. Шириним Л.М.

УДК 622.673.1[043.5]

В.І. Самуся, д-р техн. наук, І.С. Львіна, канд. техн. наук, С.С. Львіна, канд. техн. наук
(Україна, м. Дніпро, Державний вищий навчальний заклад «Національний гірничий університет»)

ДОСЛІДЖЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК ЖОРСТКОСТІ ПАРАМЕТРІВ РОЛИКОВИХ НАПРЯМНИХ ПРИСТРОЇВ ШАХТНИХ ПІДЙОМНИХ ПОСУДИН

Анотація. Метою роботи є підвищення безпеки експлуатації підйомних установок шахт, що експлуатуються в умовах підвищеного зносу обладнання. Задачею роботи є дослідження жорсткісних параметрів роликів напрямних пристроїв шахтних підйомних установок з метою підвищення плавності руху підйомних посудин в провідниках жорсткого армування вертикальних стовбурів гірничих підприємств. Проведені дослідження існуючої конструкції роликів напрямних та запропоновано модернізація їх елементів. В результаті моделювання та чисельних експериментів встановлені залежності жорсткісних параметрів напрямних пристроїв від параметрів підйомної установки. Отримані залежності використовуються для отримання рекомендацій по підборі параметрів роликів напрямних, що забезпечують плавний рух посудини в армуванні для кожного стовбура індивідуально.

Ключові слова: шахтна підйомна установка, роликові напрямні пристрої, підйомна судина, гірничі підприємства

Аннотация. Целью работы является повышение безопасности эксплуатации подъемных установок шахт, которые эксплуатируются в условиях повышенного износа оборудования. Задачей работы является исследование прочностных параметров роликів направляющих устройств шахтных подъемных установок с целью повышения плавности движения подъемных сосудов в проводниках жесткой армировки вертикальных стволов горных предприятий. Проведены исследования, существующих конструкций роликів направляющих и предложено модернизация их элементов. В результате моделирования и численных экспериментов установлены зависимости прочностных параметров направляющих устройств от параметров подъемной установки. Полученные зависимости используются для получения рекомендаций по выбору параметров роликів направляющих, которые обеспечивают плавное движение сосуда в армировке для каждого ствола индивидуально.

Ключевые слова: шахтная подъемная установка, ролики направляющие устройства, подъемный сосуд, горное предприятие

Abstract. The aim of work is to increase the safety of mine hoisting systems` operation that are in conditions of increased equipment wear. The task of work is to study the strength parameters of roller guide devices of mine hoisting systems in order to increase the smoothness of lifting vessels` movement in the guides of straight reinforcement of vertical shafts of mining enterprises. Studies were carried out on the existing design of roller directors and suggested the modernization of their elements. As a result of modeling and numerical experiments, the dependences of strength parameters of directors on parameters of lifting installation were established. The obtained dependences are used to get recommendations on selection of the roller directors` parameters, which ensure smooth movement of vessel in reinforcement for each vessel individually.

Keywords: mine lifting unit, roller guides, lifting boat, mining enterprise