

ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ РЕЖИМОВ ТОРМОЖЕНИЯ МОБИЛЬНОЙ ПОДЪЕМНОЙ УСТАНОВКИ

Одержані залежності допустимих уповільнень при гальмуванні в режимі підйому вантажу для різних співвідношень довжини схилу каната, маси кінцевого вантажу і довжини струни каната з обліком і без урахування динамічних процесів в струні каната.

GROUND OF PARAMETERS OF THE MODES BRAKING MOBILE LIFTING SETTING

Dependences of possible decelerations at braking in the mode of getting up of load for different correlations of length of plumb of rope, mass of end load and length of string of rope with an account and without taking into account dynamic processes in string of rope are got

Тормозное устройство шахтной подъемной машины является важной составной частью системы управления и конечным звеном в цепи защиты подъемной установки и обеспечивает выполнение заданной диаграммы скорости и стопорение барабана во время технологических пауз (рабочее торможение), а также предохранительное торможение при возникновении аварийной ситуации.

Требования Правил безопасности [1] и Правил технической эксплуатации [2] регламентируют основные требования к режимам торможения, выполнить которые можно только при правильном выборе параметров и соответственной наладке тормозного привода и его системы управления.

Основные нормативные требования к тормозной системе и режимам торможения вертикальных подъемных установок:

- время холостого хода тормоза (время с момента разрыва цепи защиты до появления усилия в исполнительном органе тормоза) t_{xx} для гидропружинного привода не должно превышать 0,3 с.
- время срабатывания тормоза (время с момента разрыва цепи защиты до возникновения тормозного усилия, равного по величине статическому) $t_{ср\text{аб}}$ не должно превышать 0,8 с.
- коэффициент статической надежности тормоза или кратность тормозного усилия (отношение тормозных моментов, создаваемых как предохранительным, так и рабочим тормозом, к максимальному статическому моменту нагрузки) $\gamma = M_T / M_{ст.макс}$ должен быть не менее трех.
- при подъеме расчетного груза замедление при торможении a_n не должно превышать $5 м/с^2$.
- при спуске расчетного груза замедление при торможении a_c должно быть не менее $1.5 м/с^2$.

В состав подъемной установки АСППУ-6,3 входит аварийно-спасательная клеть с полной массой $Q = 2880$ кг. Для подъемной машины применен гидропружинный радиальный колодочный привод тормоза, который создает затор-

маживающее усилие предварительно сжатыми пружинными блоками при выпуске масла из тормозного цилиндра.

Привод гидропружинного тормоза рассчитан на обеспечение нормативной кратности тормозного усилия при максимальной концевой нагрузке и максимальной глубине подъема 1400 м. Тормозное усилие для вертикального одноконцевого подъема [1]

$$F_m \geq 3F_{cm} \quad , \quad (1)$$

где $F_{cm} = (Q + \rho l_K) \cdot g$ - максимальное статическое усилие в верхнем сечении каната; Q - расчетная масса концевого груза; ρ - линейная плотность каната; l_K - максимальная длина отвеса каната.

Результаты проведенных экспериментальных исследований режимов предохранительного торможения мобильной подъемной установки АСППУ-6,3 на шахте им. Калинина ГП "Донецкуголь" [3] свидетельствуют о выполнении указанных требований нормативных документов.

Так, например, быстродействие тормоза, определяемое временем холостого хода и временем срабатывания, не превышает максимальных значений $t_{xx} \leq 0,3c$ и $t_{сраб} \leq 0,8c$. Кратность тормозного усилия для максимальной статической нагрузки составляет $\gamma = 3,2$, что позволяет обеспечить максимальное замедление при торможении поднимающейся груженой клетки – $4,73 \text{ м/с}^2$ и минимальное замедление для опускающейся клетки – $2,66 \text{ м/с}^2$.

Допустимые замедления при подъеме и спуске расчетного груза определяются как средние замедления, то есть отношение фактической скорости ко времени, которое прошло с момента начала торможения до полной остановки подъемной машины [4]. При этом величина среднего замедления подъемной установки, как при предохранительном, так и при рабочем (в экстренных случаях) торможении при подъеме расчетного груза для вертикальных подъемных установок не должна превышать 5 м/с^2 .

Однако, для мобильной подъемной установки, которая характеризуется значительной массой каната по отношению к массе концевого груза, необходимо при выборе допустимых замедлений учитывать влияние динамических процессов в отвесе и струне каната на возможность набегания подъемного сосуда на канат даже при выполнении требований нормативных документов к режимам торможения.

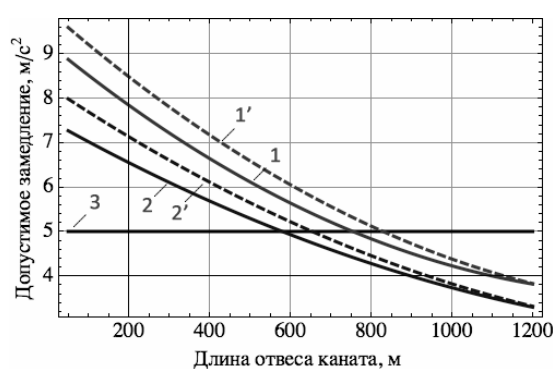
С помощью разработанной математической модели [5] были проведены исследования динамики мобильной подъемной установки АСППУ-6,3 для определения допустимых замедлений и тормозных усилий из условия нерасслабления каната в нижнем сечении при предохранительном торможении для различных масс концевого груза.

Это условие выполняется в том случае, когда динамическое усилие в нижнем сечении каната не превышает вес поднимающегося сосуда

$$F_{дин} \leq Q \cdot g, \quad (2)$$

что исключает его набегание на канат и последующий растягивающий удар по канату.

При моделировании варьировались длина отвеса каната с шагом 50 м и максимальная кратность тормозного усилия, обеспечивающая выполнение условия (2). На рис. 1 показаны зависимости допустимых замедлений от длины отвеса каната для режима торможения из условий ненабегания сосуда на канат при подъеме груженых клетки ($Q = 2880$ кг) и бадьи ($Q = 720$ кг) при длине струны $l_{стр} = 75$ м. Сплошными линиями показаны зависимости допустимых замедлений, полученных с учетом поперечных колебаний струны каната, пунктирными – без учета поперечных колебаний.

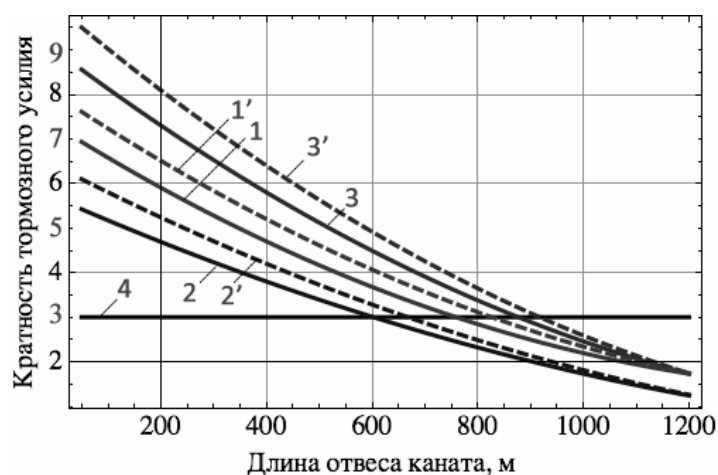


1 и 1' – для $Q = 2880$ кг; 2 и 2' – для $Q = 720$ кг;

3 – максимально допустимое замедление при подъеме груза.

Рис. 1. Зависимости допустимых замедлений от длины отвеса каната для различных масс конечного груза.

Анализ полученных зависимостей свидетельствует о том, что учет влияния динамики струны снижает величину допустимых замедлений на 7...12%, причем, это влияние усиливается при уменьшении длины отвеса каната и массы конечного груза. Кроме того, для больших глубин из-за усиления влияния динамических процессов в отвесе каната выполнение требований ПБ $a_n \leq 5 м/с^2$ обеспечивает ненабегание клетки на канат только до глубины подъема 800 м, а бадьи – до 480 м (сплошная горизонтальная линия 3 на рис. 1). При использовании мобильной подъемной установки в конкретных условиях необходимо учитывать этот фактор и ограничивать максимально допустимое замедление значением, значительно меньшим, чем $5 м/с^2$. Так, например, для глубины подъема 1200 м допустимые замедления при подъеме клетки и бадьи составляют $3,56 м/с^2$ и $2,48 м/с^2$ соответственно. На рис. 2 показаны максимальные кратности тормозного усилия, обеспечивающие нерасслабление каната в нижнем сечении для различных вариантов применения подъемного сосуда и наладки предохранительного тормоза.



1 и 1' – для $Q = 2880$ кг с учетом и без учета динамических процессов в струне каната; 2 и 2' – для $Q = 720$ кг с таким же тормозным усилием; 3 и 3' – для $Q = 720$ кг со скорректированным значением $T_{ст}$; 4 – минимально допустимая кратность тормозного усилия.

Рис. 2. Зависимости максимально допустимой кратности тормозного момента от длины отвеса каната.

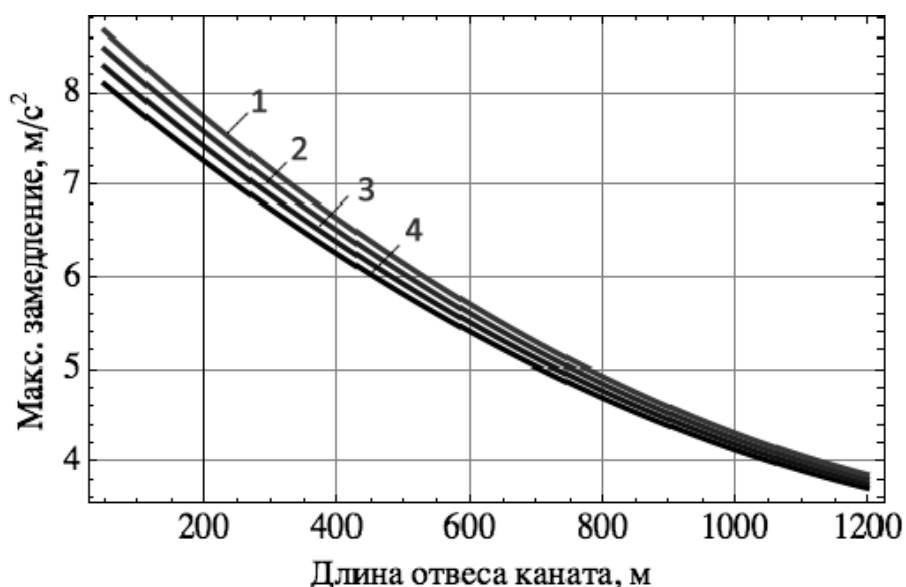
Анализ полученных графиков показывает, что применение в качестве подъемного сосуда бадьи при такой же наладке тормоза (кривые 2 и 2') значительно уменьшает допустимую кратность тормозного момента по сравнению с применением клетки (кривые 1 и 1'). Для выполнения требований ПБ необходимо в этом случае пересчитать максимальное значение тормозного усилия в соответствии с уменьшением статического усилия в канате и произвести переналадку тормоза (кривые 3 и 3').

При максимальной массе подъемного сосуда (линии 1 и 1') необходимость ограничения кратности тормозного усилия появляется при глубине подъема около 1200 м, а при использовании бадьи в качестве подъемного сосуда это ограничение необходимо применять уже с глубины подъема 860 м (линии 2 и 2'). Так как фактический запас тормозного момента не должен быть менее трех, то одним из способов обеспечения ненабегания сосуда на канат в этом случае может быть уменьшение тормозного усилия пропорционально массе концевого груза.

Для реализации этого способа необходимо для каждого конкретных условий применения мобильной подъемной установки рассчитывать и реализовывать необходимое тормозное усилие при наладке тормозного привода.

Однако анализ зависимостей (рис. 2) показывает, что при длине отвеса каната 1200 м и более необходимо применение двухступенчатого торможения, так как допустимая кратность тормозного усилия становится меньше трех, что противоречит требованиям ПБ. При этом максимальное тормозное усилие с $\gamma = 3$ можно прикладывать только после остановки барабана подъемной машины.

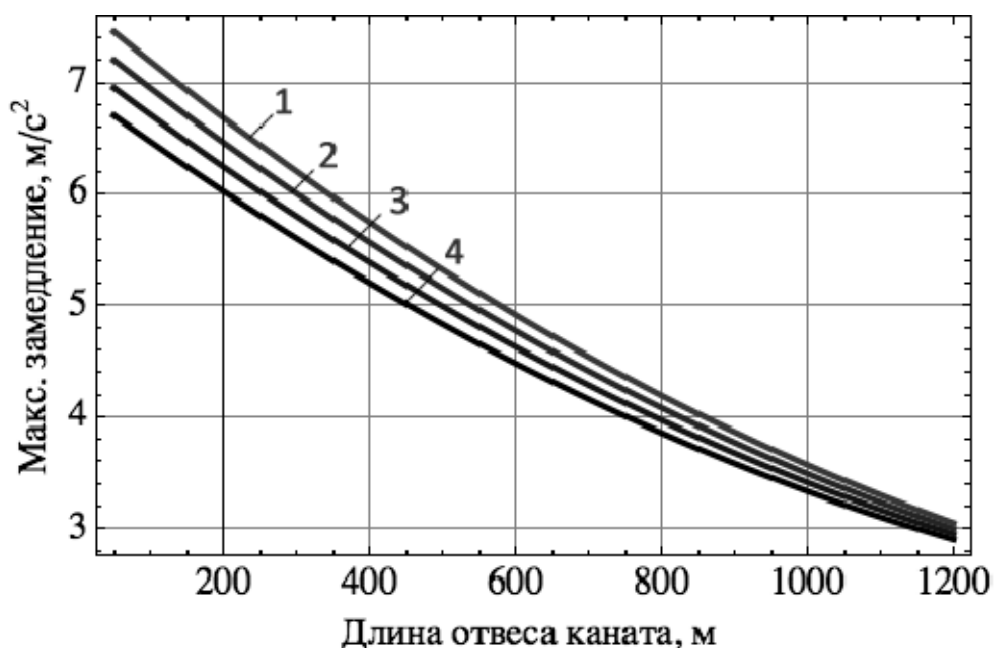
На рис. 3 показаны допустимые замедления при подъеме груженого сосуда, полученные при математическом моделировании режимов торможения.



1 – 30 м; 2 – 60 м; 3 – 90 м; 4 – 120 м для различных соотношений длины отвеса каната, массы концевго груза и длины струны каната с учетом динамических процессов в струне каната.

Рис. 3. Допустимые замедления при подъеме клетки ($Q = 2880$ кг) для разных длин струны каната.

На рис. 4 показаны допустимые замедления при подъеме груженной бадьи.



1 – 30 м; 2 – 60 м; 3 – 90 м; 4 – 120 м.

Рис. 4. Допустимые замедления при подъеме бадьи ($Q = 720$ кг) для разных длин струны каната.

Анализ полученных зависимостей свидетельствует о необходимости учета динамических процессов в струне каната, что приводит к уменьшению допустимых замедлений с увеличением ее длины. Сравнение графиков на рис. 3 и рис. 4 показывает, что при одинаковом тормозном усилии допустимые замедления уменьшаются на 10...15% для меньшей массы подъемного сосуда. Необ-

ходимость замены клетки на бадью может быть вызвана неудовлетворительным состоянием армировки в стволе при ликвидации последствий аварии или несоответствием проводников и направляющих устройств клетки.

Поэтому обязательным условием обеспечения безопасности эксплуатации мобильной подъемной установки является правильная наладка максимального тормозного усилия, обеспечивающая ненабегание подъемного сосуда на канат в режиме подъема груза при выполнении требований к кратности тормозного усилия и минимальному замедлению для режима спуска расчетного груза.

Для этого необходимо определить максимальное тормозное усилие с учетом допустимого замедления при подъеме [4]:

$$F_m \leq [a_n] \cdot m_i - F_{cm} , \quad (3)$$

где $[a_n]$ - допустимое замедление из условий ненабегания сосуда на канат; m_i - приведенная масса движущихся элементов подъемной установки; F_{cm} - максимальное статическое усилие в верхнем сечении каната.

Используя полученное максимальное значение тормозного усилия необходимо проверить выполнение условий 3 и 5:

$$\gamma = \frac{F_m}{F_{cm}} \geq 3, \quad (4)$$

$$a_{cm} = (F_m - F_{cm}) \cdot m_{np} \geq 1,5m/c^2.$$

Если эти условия выполняются, то необходимо по известной методике [4] рассчитать величину затяжки пружинного блока гидропружинного привода тормоза:

$$H_{\sigma} = \frac{F_m - gG_n}{z} , \quad (5)$$

где F_m - необходимое тормозное усилие; G_n - масса подвижных деталей привода тормоза, участвующих в предохранительном торможении; z - жесткость пружинного блока (по данным завода-изготовителя); g - ускорение свободного падения.

При большой глубине подъема и, соответственно, большой массе каната по отношению к массе концевой груза возможно, что условие 3 не выполняется при расчетном значении тормозного усилия. В этом случае необходимо применять систему избирательного торможения, что дает возможность прикладывать максимальное тормозное усилие, рассчитанное из условий 3 и 5, только при снижении скорости барабана до минимальной скорости резкого торможения.

Как показывает анализ конкретных условий применения мобильной подъемной установки АСППУ-6,3, такая необходимость возникает при глубинах подъема более 900...1000 м и вынужденном применении в качестве подъемного сосуда легкой проходческой бадьи. В этом случае после размещения подъемной установки около шахтного ствола согласно проекту ее применения необходима дополнительная переналадка пружинного блока привода тормоза.

Проведение этих мероприятий специалистами горноспасательной службы, обслуживающими подъемную установку АСППУ-6,3, позволит обеспечить ее эффективное и безопасное применение при ликвидации последствий аварий в шахтных стволах и эвакуации людей с подземных горизонтов.

Выводы.

Получены зависимости допустимых замедлений при торможении в режиме подъема груза для различных соотношений длины отвеса каната, массы концевого груза и длины струны каната с учетом и без учета динамических процессов в струне каната. Анализ полученных зависимостей свидетельствует о том, что учет влияния динамики струны снижает величину допустимых замедлений на 7...12%, причем, это влияние усиливается при уменьшении длины отвеса каната и массы концевого груза.

При использовании мобильной подъемной установки для глубоких шахт из-за усиления влияния динамических процессов в отвесе каната выполнение требований Правил безопасности $a_n \leq 5 м/с^2$ обеспечивает ненабегание клетки на канат только до глубины подъема 800 м, а бадьи – до 480 м. Так, например, для глубины подъема 1200 м допустимые замедления при подъеме клетки и бадьи составляют $3,56 м/с^2$ и $2,48 м/с^2$ соответственно.

Разработанная методика выбора рациональных параметров режимов торможения позволяет обеспечить правильную наладку тормозного привода из условий ненабегания подъемного сосуда на канат в режиме подъема груза при выполнении требований к кратности тормозного усилия и минимальному замедлению для режима спуска расчетного груза.

Применение разработанной методики специалистами проектных организаций и горноспасательной службы позволит обеспечить эффективное и безопасное применение подъемной установки АСППУ-6,3 при ликвидации последствий аварий в шахтных стволах и эвакуации людей с подземных горизонтов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Правила безпеки в вугільних шахтах (НПАОП 10.0 – 1.01–05). – К.: Відлуння, 2005. – 398 с.
2. Правила технічної експлуатації вугільних шахт (СОУ 10.1 – 00185790 – 002 – 2005). – Київ: Мінвуглепром України. – 2005. – 353 с.
3. Самуся С.В. Анализ результатов экспериментальных исследований динамических процессов в струне и отвесе каната мобильной подъемной установки / С.В. Самуся // Гірнична електромеханіка та автоматика: Наук.-техн. зб. – 2009. – Вип. 83. – С. 118–126.
4. Руководство по ревизии, наладке и испытанию шахтных подъемных установок / В.Р. Бежок, В.Г. Калинин, В.Д. Коноплянов, Е.М. Курченко. – Донецк: Донеччина, 2009. – 672 с.
5. Ильин С.Р. Математическая модель нелинейных колебаний струны и отвеса каната мобильной подъемной установки / С.Р. Ильин, С.В. Самуся // Наукові праці ДонНТУ. – Вип.16(142). – Донецьк: ДВНЗ «ДонНТУ», 2008. – С.122–131.

ВЛИЯНИЕ ПАРАМЕТРОВ ДИАГРАММЫ СКОРОСТИ ПОДЪЕМА И ЭКСЦЕНТРИСИТЕТА ГРУЗА НА ДИНАМИКУ СИСТЕМЫ «СОСУД-АРМИРОВКА» ШАХТНЫХ СТВОЛОВ

У статті представлені результати аналізу діаграм швидкості роботи підйомних машин в діючих стовбурах. Розглянута задача про спільний вплив горизонтального зміщення центру мас вантажу в підйомній посудині та закону зміни окружної швидкості барабана підйомної машини на динамічні навантаження в системі «посудина-армування». Показано, що коливання посудини носять хаотичний характер, на перехідних ділянках діаграми швидкості зміщення центру мас системи «посудина - вантаж» від вертикальної осі головного каната є домінуючим чинником, що викликає зростання динамічних навантажень на армування, використання згладжених діаграм швидкості дозволяє суттєво знизити контактні навантаження на армування.

COMMON EFFECT OF LIFTING VELOCITY CURVES FORM AND LOCATION SHIPMENT IN VESSELS ON REINFORCEMENT DYNAMIC LOADS IN MINING SHAFTS

In this paper we show the results of the analysis charts the speed of the winders in the existing trunks. Consider the problem of the joint effect of the horizontal displacement of center of mass of the cargo vessel and a lifting of the law changes the peripheral speed of the drum hoist on the dynamic load on the system "vessel-reinforcement." Shown that the fluctuations are chaotic in nature. In transitional areas a chart speed of displacement of center of mass system "vessel - cargo" from the vertical axis of the main cable is the dominant factor causing the growth of dynamic loads on the reinforcement. Use smoothed chart speed can significantly reduce the contact pressure on reinforcement.

Состояние вопроса

Традиционно сложилось в практике работы отечественных горнодобывающих предприятий, что в зоне ответственности службы главного механика находится большое количество единиц механического оборудования, обеспечение бесперебойной работы которого требует постоянного внимания и значительного количества ежесуточных ремонтных работ. Выход из строя какого-либо механического узла требует немедленной мобилизации ресурсов практически всей механической службы шахты не зависимо от времени суток.

Одновременно с этим службы главного маркшейдера, главного энергетика (если только поломка не требует при ликвидации маркшейдерского сопровождения или не затрагивает работу электрического оборудования) находятся как бы в стороне от ее устранения и, как правило, от выявления первопричин, которые часто являются очевидными только на первый взгляд, поскольку при их поиске не учитывается систематичность и длительность негативных воздействий на отдельные узлы механического оборудования, вызванных неблагоприятными сочетаниями геометрических параметров и/или особенностями работы энергетического оборудования подъемной установки.