

производится с учётом 2-х основных факторов:

- обеспечение наименьшего удельного расхода топлива;
- обеспечение требуемой надёжности.

Измерения выходных параметров расхода дизельного топлива на тепловозе имеет то преимущество, что учитывается мощность, затрачиваемая на собственные нужды тепловоза.

Таким образом, было получено снижение дымности отработавших газов на установившихся режимах работы тепловозного дизеля и снижение удельного расхода дизельного топлива тепловозом на частичных режимах работы дизеля.

Поэтому в качестве альтернативного варианта повышения экологических показателей ДВС было предложено настраивать генераторную характеристику тепловозного дизеля не по жёстко регламентируемой кривой, а по расширенным полям допуска регулирования. Чаще всего вид оптимальной генераторной характеристики будет не в виде прямой, а в форме ломаной (зигзага).

Необходимо также рассматривать элементную базу локомотивных депо, оснащать пункты реостатной диагностики тепловозов после ремонта современными и точными средствами диагностики и контроля.

#### ***Библиографический список***

1. Коссов Е.Е., Сухопаров С.И. Оптимизация режимов работы тепловозных дизель-генераторов. – М.: Интекст, 1999. – 184 с.

УДК 622.673.3

### **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ УСТАНОВОК НЕПРЕРЫВНОГО ТРАНСПОРТА В КАЧЕСТВЕ ШАХТНОГО ПОДЪЕМА**

***Кускильдин Р.Б., Кольга А.Д.***

*ФГБОУ ВПО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И.Носова» (МГТУ),  
455000, г. Магнитогорск, пр-т Ленина, 38,  
кафедра «Горные машины и транспортно-технологические комплексы»,  
rafis614321@mail.ru*

#### ***Аннотация***

В статье представлены результаты анализа существующих шахтных подъемных установок и проблем, связанных с использованием канатов. Рассмотрена возможность применения установки непрерывного действия без тягового органа, на основе тележек с автономным приводом вместо шахтных подъемных установок циклического действия. Проанализированы преимущества и недостатки такого решения.

***Ключевые слова:*** шахтный подъем, вертикальный транспорт, непрерыв-

ный транспорт без тягового органа, приведенные массы, погонная масса каната, циклический транспорт, скиповой подъем, критическая длина, бесканатный подъем, самоходные тележки.

## USE OF FACILITIES OF UNINTERRUPTED TRANSPORT AS MINE LIFT

*Kuskildin R., Kolga A.*

*Magnitogorsk State Technical University named after G.I. Nosov*

### **Abstract**

The paper analyzes the existing mine hoist installations and problems associated with the use of the rope. The possibility of using the continuous action without pulling unit on the basis of a self-propelled carriages, instead of mine hoist installations by cyclic. The advantages and disadvantages of such solutions.

**Key words:** mine lifting, vertical transport, continuous transport without pulling unit, reduced mass, mass per unit length of the rope, the cyclical transport, the critical length, without rope lift, self-propelled vehicles.

Шахтный подъем является основным звеном технологического комплекса подземного способа добычи полезного ископаемого, связывающий подземные выработки и поверхность шахты. От надежной, бесперебойной и производительной работы шахтного подъема зависит ритмичная работа всей шахты в целом.

Проблемы существующих подъемных установок связаны с циклическостью и использованием тягового органа (каната). Во-первых, из-за циклическости подъемных установок, с увеличением глубины падает их производительность. Во-вторых, применение каната на больших глубинах ограничивает массу поднимаемого груза.

В представленной работе предлагается применение системы бесканатного шахтного подъема на основе самоходных тележек с управлением от свободно программируемых контроллеров. Данная система транспорта обладает достоинствами непрерывного и циклического транспорта. Отказ от тягового органа позволит обеспечить требуемую производительность независимо от глубины подъема.

Применение такой установки позволит получить дополнительные преимущества: удобство обслуживания и ремонта установки, быстрый ввод в эксплуатацию, возможность регулирования производительности подъемной установки.

Современные шахтные подъемные машины являются наиболее мощным стационарным оборудованием шахты. Мощность электропривода подъемной машины может составлять 2000 кВт и более. Электропривод подъемных установок потребляет до 40% всей электроэнергии, рас-

ходуемой шахтой [1].

Следует отметить, что подъемные установки проектируют, исходя из необходимости обеспечения предполагаемой производительности с самого глубокого горизонта на конец отработки месторождения. Поэтому большую часть срока эксплуатации подъемная установка используется неэффективно, а изменить ее параметры довольно затруднительно, поскольку подъемные машины устанавливаются на весь срок эксплуатации шахты.

Скорость движения подъемных сосудов в стволе достигает 15-20 м/сек (54-72 км/час), т.е. близка к скорости движения железнодорожных составов [1].

В настоящее время, в основном, применяются канатные подъемные установки. Традиционный шахтный подъем с канатной тягой относится к транспорту циклического действия. Причем циклическая работа является особой и характеризуется малой длительностью рабочего цикла, а в общей продолжительности движения существенную долю занимают периоды неустановившихся движений, связанных с разгоном и торможением подъемной системы.

При таком режиме подъемной системы мощность ее привода и расход энергии канатного подъема в значительной степени зависят от инерционных нагрузок, возникающих в период неустановившихся движений.

Применение канатов накладывает жесткие ограничения на главные параметры подъемной системы – массу поднимаемого груза и глубину подъема. Многие исследователи считают наличие каната основным недостатком современных подъемных установок и говорят о необходимости отказа от использования каната.

Критическая длина каната  $L_0$  (в метрах), при которой канат разрывается под собственным весом равна

$$L_0 = \frac{\sigma_v}{m_{пб} \cdot \rho_0 \cdot g}, \quad (1)$$

где  $\sigma_v$  – временное сопротивление каната разрыву, Па;

$m_{пб}$  – запас прочности каната по правилам безопасности;

$\rho_0$  – условная плотность каната, кг/м<sup>3</sup>;

$g = 9,81$  м/с<sup>2</sup> ускорение свободного падения.

Например для каната (по ГОСТ 7668-80) с  $\sigma_v = 1770$  МПа;  $\rho_0 = 9400$  кг/м<sup>3</sup>; при  $m_{пб} = 8,5$  (для грузовых одноканатных установок).

$$L_0 = \frac{1770 \cdot 10^6}{8,5 \cdot 9400 \cdot 9,81} = 2258 \text{ м.}$$

Таким образом, при глубине подъема 500м значительная часть прочности каната расходуется на собственный вес каната.

Погонная масса каната (кг/м) определяется по формулам:

- для одноканатных установок

$$p_k = \frac{m_{гр} + m_{ск}}{L_0 - H_0}, \quad (2)$$

где  $m_{гр}$  и  $m_{ск}$  – соответственно масса груза и скипа, кг;

$H_0$  – высота подвеса, м;

- для многоканатных установок при равновесных хвостовых канатах

$$p_k = \frac{m_{гр} + m_{ск}}{z \cdot (L_0 - H_0)} \quad (3)$$

где  $z$  – количество головных канатов.

Как следует из приведенных формул, чем больше глубина подъема и поднимаемая масса полезного ископаемого, тем больше погонная масса канатов (как для одноканатных, так и для многоканатных установок). При этом критическая длина каната  $L_0$  имеет определенное значение, зависящее лишь от вида каната и материала.

Вес полезного груза, который может поднимать установка, с увеличением глубины уменьшается. Многоканатные установки позволяют поднимать грузы с глубин свыше 1200 м за счет увеличения числа канатов (до 8), но проблемы с применением канатного подъема (разбалансировкой канатов, их вытягиванием в период начала эксплуатации и т.д.) усугубляются. Кроме этого, увеличивается приведенная масса установки на единицу массы груза, а масса канатов составляет до 50% приведенной массы подъемной установки. Причем у современных машин, в том числе многоканатных, отношение массы концевой нагрузки к вращающимся массам не превышает 20-25%.

Шахтные подъемные установки, являясь наиболее энергоемкими транспортными устройствами, обладают специфическими, присущими только им, особенностями: значительная масса подъемной системы, перемещаемой в условиях неустановившегося режима движения с большими ускорениями; существенная масса подъемных канатов. Увеличение массы концевой нагрузки приводит к увеличению массы канатов, и, как следствие, размеров электромеханической части подъема, а неуравновешенность и инерция движущихся масс ухудшает его энергетические показатели.

Для обеспечения требуемой производительности установки, при подъеме грузов с глубоких горизонтов, развитие конструкций подъемных установок пошло по пути увеличения скорости движения (до 20 м/с) подъемного сосуда и его грузоподъемности (до 50 т), а также уменьшения запаса прочности каната [5].

Основные недостатки такого подхода заключаются в следующем:

- возрастает величина кинетической энергии, накапливаемой в движущихся массах установки, снижается коэффициент полезного действия и увеличивается расход электроэнергии на

преодоление сил инерции;

- усложняется режим работы тормозной системы как при маневровом, так и предохранительном торможении, поскольку основным поглотителем накопленной кинетической энергии для машин с асинхронным двигателем является тормозная система;
- увеличиваются вредные аэродинамические сопротивления движению сосуда в стволе с увеличением скорости движения;
- увеличивается динамическая составляющая во время переходных процессов (ускорение, замедление и стопорение машины);
- увеличение вместимости сосуда приводит к утяжелению канатов и увеличению их диаметров, что весьма нежелательно на глубоких стволах;
- ускорение износа направляющих устройств, увеличение динамических усилий от толчков;
- увеличение пути предохранительного торможения.

Во время любого переходного процесса, связанного со значительным изменением усилий, приложенных к головному канату, возникают колебания подъёмных сосудов. С увеличением скорости и массы сосуда этот вредный фактор становится значимым.

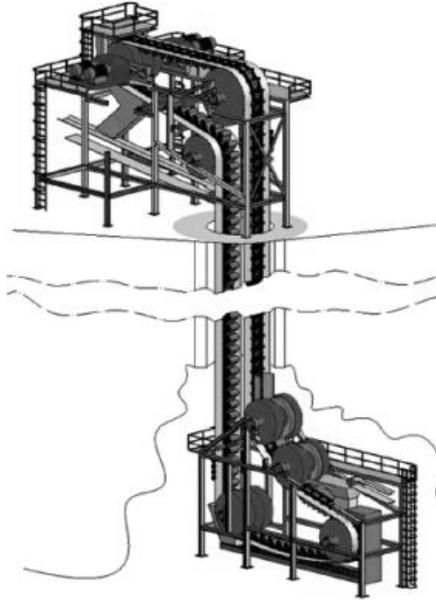
С увеличением глубины шахтных стволов значение упругих свойств головного каната возрастает настолько, что становится невозможным корректное выполнение расчетов основных параметров движения машины и настройка режимов ее работы без учета этих параметров.

Многие исследователи считают наличие каната основным недостатком современных установок и высказывают необходимость отказа от канатных установок.

Например, имеется опыт использования на угольных шахтах для подъема угля ковшового элеватора (рис.1) [6]. Применение установок непрерывного транспорта взамен применяемого циклического вида транспорта позволяет снизить скорость перемещения груза при заданной производительности.

Эксплуатация ковшового элеватора системы Pocketlift на шахте Pattiki 2 (США) позволила выявить следующие преимущества такой системы:

- меньшие затраты на монтаж, по сравнению со скиповыми подъемниками;
- сниженные расходы на техническое обслуживание;
- меньший диаметр шахтного ствола (3,66 м в диаметре вместо 9 м), по сравнению с требуемым, при использовании обычных скиповых подъемных установок;



*Рис. 1. Общий вид ковшового элеватора системы Pocketlift*

- точное регулирование скорости движения вертикальной ленты в соответствии с темпом подачи добываемого материала; минимальный износ ковшей в результате их наполнения до оптимального уровня при любой скорости движения ленты;
- отсутствие необходимости компенсировать пиковые нагрузки на электросиловое оборудование, возникающие при использовании скиповых подъемников;
- меньшие капитальные вложения;
- большой коэффициент технической готовности оборудования – 0,97-0,99.

Следует заметить, что наличие тягового элемента в виде металлотросовой ленты ограничивает глубину подъема и загрузку ковшей элеватора. Расчет ковшового элеватора [4] показывает, что эффективно такая установка может использоваться только до глубины 500 м.

Одним из путей создания бесканатного шахтного подъема может стать использование установки, состоящей из тележек с автономным приводом (рис.2). Такая установка позволит отказаться от использования тягового органа как основного несущего элемента и обеспечит требуемую производительность, при подъеме грузов с глубоких горизонтов [7].

Груженные тележки поднимаются на поверхность по расположен-

ным в стволе магистралей, следуя друг за другом с определенным интервалом, а порожние – опускаются до добычного горизонта.

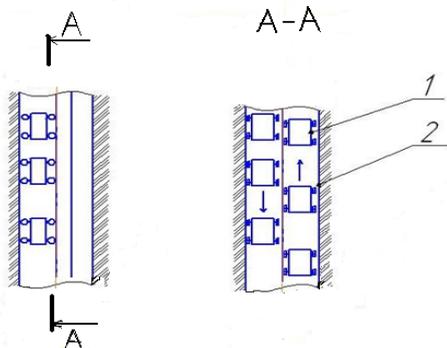


Рис. 2. Схема подъема с помощью тележек с автономным приводом:  
1 – тележка; 2 – ствол шахты.

Осуществление вертикального перемещения возможно только за счет сил зацепления, возникающих при использовании различных механизмов, таких, например, как зубчатое зацепление.

Основным недостатком такой системы является большой вес самой тележки из-за наличия автономного привода, вследствие чего увеличивается энергоемкость подъема. Однако применение такой установки может быть оправдано из-за следующих её преимуществ:

- постоянное усилие подъема на всем его протяжении;
- относительно малые скорости движения;
- постоянная производительность, не зависящая от глубины ствола;
- долговечность работы привода и узлов тележки из-за работы, в основном, в номинальном режиме;
- равномерное распределение статической нагрузки по всей протяженности ствола;
- меньшие затраты энергии на разгон и торможение тележек;
- удобство в обслуживании и ремонте (легкость изъятия части тележек для планового ремонта);
- возможность полной автоматизации процесса;
- возможность регулирования производительности (с помощью изменения числа тележек и скорости их движения);
- возможность подъема с любой глубины без изменения мощности привода, конструкции тележки и всей установки в целом;
- возможность «переброски» тележек для обслуживания дру-

- гого ствола;
- возможность организации подъема с нескольких горизонтов;
- меньшая потребная площадь сечения ствола;
- меньшие капитальные затраты на создание поверхностного комплекса ствола.

Бесканатный шахтный подъем на основе самоходных тележек обладает большими преимуществами, которые позволяют рассматривать такую установку в качестве основного средства подъема полезного ископаемого для подземных рудников.

### ***Библиографический список***

1. Завозин Л.Ф. Шахтные подъемные установки. – изд. 2-е, перераб. и доп. – М.: Недра, 1975. – 368 с.
2. Васильев К.А., Николаев А.К., Сазонов К.Г. Транспортные машины и оборудование шахт и рудников: учебное пособие. – СПб.: Лань, 2012. – 544 с.
3. Найденко И.С., Белый В.Д. Шахтные многоканатные подъемные установки. – М.: Недра, 1979, – 391 с.
4. Спиваковский А.О., Гончаревич И.Ф. Специальные транспортирующие устройства в горнодобывающей промышленности. – М.: Недра, 1985. – 128 с.
5. Федоров М.М., Шахтные подъемные установки. – М.: Недра 1979. – 309 с.
6. Довженко М.В., Результаты эксплуатации системы вертикального конвейерного транспорта // Горная Промышленность. – 2008.–№5(81).– С.52.
7. Кускильдин Р.Б., Кольга А.Д., Возможности применения бесканатного шахтного подъема // Добыча, обработка и применение природного камня: сб. науч. тр. / под ред. Г.Д. Першина. – Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. тех. ун-та им. Г.И.Носова, 2013. – Вып. 13. – 166 с.