

УДК 622.28(06)

Масленников С.А., к.т.н., зав. каф. «Строительство и техносферная безопасность», Мирошниченко К.Н., Партолин Д.А., АД-Рв-11  
ИСОиП (филиал) ДГТУ, г. Шахты, Россия

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ПРОХОДЧЕСКОГО ПОДЪЕМА

В структуре затрат времени на проходческие операции при строительстве вертикальных стволов наибольшую продолжительность имеет процесс погрузки и выдачи породы. В настоящее время подъем осуществляется преимущественно без перецепки бадей и использования призабойных перегружателей, емкость бадей ограничена возможностями подъемных машин. С увеличением глубин св. 0,8-1,0 км подобный подход нельзя признать рациональным. Погрузка и выдача породы является длительным процессом, занимающим до 50% продолжительности проходческого цикла, при этом с одной заходки выдается до 100 и более бадей. Сокращение продолжительности погрузки и выдачи бады на 1 мин, позволяет сократить время цикла до 1 час, а в отдельных случаях и более. Оптимальному проектированию параметров подъема мешает отсутствие адекватной современным техническим и технологическим условиям математической модели, позволяющей с достаточной надежностью определять продолжительность отдельных составляющих анализируемого процесса.

Изучение данных по процессу подъема показывает, что на его продолжительность будут влиять:

- глубина ствола;
- допустимая скорость движения бады на основной части протяженности ствола;
- высота участка, на котором бадя движется с пониженной скоростью, определяемое расположением и типом призабойного оборудования;
- допустимой скоростью движения бады через проемы в проходческих полках при подъеме горной массы;
- допустимым ускорением при движении бады на основном участке шахтного ствола вне проходческого оборудования;
- время загрузки бады в забое;
- время выгрузки бады на поверхности;
- отклонения определяемые весом каната и, соответственно, его натяжением в точке схода с барабана в зависимости от глубины ведения работ;
- индивидуальные особенности и уровень квалификации машиниста подъемной машины.

В настоящее время наиболее распространенным способом определения продолжительности цикла подъема бады при проектировании является

---

использование классических формулы приведенных в табл. 15 [1, с. 78]. Указанные выражения предполагают наличие существенной зависимости продолжительности цикла только от глубины ствола, скорости движения бадьи по протяженной части, наличия дополнительных полков (при параллельной технологии) и характера подъема (одноконцевой или двухконцевой), влияние остальных из перечисленных выше факторов учтено численными коэффициентами. Формулы разрабатывались в 60-х годах XX в. и в них зафиксированы реалии того времени. С одной стороны повысилась мощность используемого оборудования, скорости подъемов, с другой вырос объем бадей, увеличилась высота подвески проходческого полка за счет применения новых комплексов, изменились допустимые ускорения при движении грузов как по, так и без направляющих, существенно выросла глубина строящихся стволов [2, с. 101, 3, с. 105, 4, с. 438-439]. Вторым недостатком имеющихся зависимостей является невозможность учета эффекта от применения перецепки бадей, забойного перегружателя или других технических и организационных мер направленных на сокращение цикла и не связанных с изменением скорости подъема на протяженной части ствола.

Так как цикл подъема логично делится на отдельные этапы то наибольшую точность и адекватность будет иметь при его описании выражение вида:

$$T_u = \sum_{i=1}^n t_i$$

где  $T_u$  - продолжительность цикла подъема бадьи, с;

$t_i$  – продолжительность отдельных этапов цикла подъема бадьи, с.

Анализ литературных источников и натурных наблюдений авторов позволил выделить следующие основные составляющие цикла подъема:

$t_1$  - время ускоренного движения в начале подъема, до 2 м/с на нулевой раме до максимально допустимой, с;

$t_2$  - время равномерного движения порожней бадьи, с;

$t_3$  - время замедления скорости бадьей от максимально допустимой до  $V=0$  на высоте 6 м над проходческим полком, с;

$t_4$  - время движения бадьи от уровня 6 м над полком, до забоя, с, включает движение со скоростью 1 м/с через раструбы полка, движение со скоростью не более 2 м/с ниже полка, установку бадьи на забой;

$t_5$  - время погрузки бадьи, с;

$t_6$  - время движения бадьи от забоя до верхнего края полка, с, включает подъема груженой бадьи со скоростью не более 0,3 м/с на высоту 1,5—2 м для осмотра днища, устранение раскачивания бадьи, движение бадьи без направляющих канатов до подвесного полка (не более 40 м) со скоростью 2 м/с, прохождение бадьи через раструбы полка со скоростью до 1 м/с;

$t_7$  - время набора бадьей скорости от  $V_2 \approx 1$  м/с на выходе из полка до максимально допустимой, с;

$t_8$  - время движения груженной бадьи с постоянной скоростью, с,  $t_8 \approx t_2$ ;

$t_9$  - время снижения бадьей скорости от максимально допустимой до  $V_3 \approx 2$  м/с на нулевой раме, с;

$t_{10}$  - время разгрузки бадьи, с.

Включенные в искомое выражение составляющие цикла имеют различную продолжительность, вероятность отклонения от среднего значения, зависят от большого количества факторов. Очевидно, что продолжительности  $t_1, t_2, t_3, t_4, t_7, t_8, t_9$  могут быть определены с помощью простейших выражений из курса физики при наличии информации о начальной, конечной скоростях и ускорениях. Максимальные значения этих величин ограничены требованиями нормативных документов либо возможностями применяемых подъемных машин. Продолжительности остальных составляющих зависят от большого числа различных факторов, точно определить их степень влияния невозможно, но при этом произвести оценку с необходимой точностью можно обработкой данных натурных измерений с помощью методов математической статистики.

Для разработки математической модели авторами были выполнены хронометражные наблюдения при строительстве скипового ствола рудника «Мир» и вентиляционно-вспомогательного ствола рудника «Удачный». Дополнительно рассматривались и анализировались имевшиеся в распоряжении данные хронометражных наблюдений по проходке главного и вспомогательного стволов шахты «Обуховская 1». Характеристики стволов приведены в табл. 1.

Наиболее полная информация была собрана при строительстве скипового ствола рудника «Мир». Хронометражные замеры продолжительности составляющих цикла подъема, скорости и ускорения движения бадьи выполнялись по данным приборов подъемных машин, продолжительность циклов черпания, загрузки бадей, подготовительно-заключительных операций и т.д. путем непосредственных наблюдений проводимых с подвесного проходческого полка.

Для стволов глубиной до 1 км оснащенных серийно производящимися подъемными машинами МПП-17,5, позволяющих транспортировать породу в бадьях объемом 4 м куб. на глубинах до 1040 м и 5 м куб. до 680 м, со скоростью до 8 м/с [4] авторами была получена следующая математическая модель:

$$T_u = 4 \cdot \frac{V_1 - V_0}{a_1} + 2 \cdot \frac{H - 2 \cdot \frac{V_1^2 + V_0^2}{2a_1} - 40}{V_1} + 2 \cdot \frac{H_{заб}}{V_{пон}} + t_5 + t_{10}$$

где  $H_{заб}$  – расстояние от уровня 6 м над полком, до забоя, м, с учетом высоты подвески погрузочной машины 2КС-2У40 и высоты трехэтажного полка, может быть принята 40 м;

$V_{пон}$  – средняя скорость движения бадьи на участке  $H_{заб}$ , м/с, с учетом выполненных хронометражных наблюдений может быть принята равной 1 м/с;

$V_1$  – максимально допустимая скорость движения бадьи, м/с;

$V_0$  – начальная скорость движения бадьи при спуске, м/с, может быть принята равной до 2 м/с;

$a_1$  – максимально допустимое ускорение движения бадьи, м/с<sup>2</sup>, может быть принято равным до 0,6 м/с<sup>2</sup>.

Таблица 1

Характеристика подъема на участках наблюдений

Ствол, горное предприятие	Скиповой ствол, рудник «Мир»	Вентиляционно-вспомогательный ствол, рудник «Удачный»	Главный ствол, шахта «Обуховская №1»	Вспомогательный ствол, шахта «Обуховская №1»
Тип подъемной машины	МПП-17,5	МПП-17,5	МПП-17,5	МПП-17,5
Объем бадьи, м. куб.	3	4	4	3
Участок наблюдений (глубина, м)	723 – 994	417 – 551	251 – 284 511 - 543	374 – 415

Представленные исследования выполнены в рамках Госзадания Минобрнауки России №1.10.14 по теме «Ресурсосберегающие и экологически безопасные технологии освоения подземного пространства на основе комплексного мониторинга всех стадий жизненного цикла инженерных объектов и систем» и гранта МК-6986.2015.8 по теме «Разработка инновационных конструктивных и технологических решений при креплении вертикальных стволов шахт и рудников.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Покровский Н.М. Технология строительства подземных сооружений и шахт. М: Недра, 1982. – 295 с.

2. Прокопов А.Ю., Масленников С.А., Шинкарь Д.И. К вопросу о влиянии технологических факторов на деформационные характеристики бетона в многослойной крепи / Научное обозрение. - №11. – М.: МГГУ, 2013.– С. 97-102.

3. Прокопов А.Ю., Масленников С.А., Шинкарь Д.И. О влиянии специфических условий строительства вертикальных стволов на формирование прочностных характеристик бетона / Научное обозрение. - №11. – М.: МГГУ, 2013.– С. 102-107

4. Langefeld O., Maslennikov S.A., Stand und Ausblick des Schachtbaus in der Russischen Föderation / Bergbau. - №10. – Iserlohn: Изд-во Thiele, 2011. - С. 437-439.