

# РОЗРОБКА РОДОВИЩ КОРИСНИХ КОПАЛИН

УДК 622.261.2:622.264:622.61

**В.А. Расцветаев**

Государственное высшее учебное заведение „Национальный горный университет“, г. Днепропетровск, Украина,  
e-mail: rascvetaev@mail.ru

## ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ НАГРУЗОК НА АРОЧНУЮ КРЕПЬ УЧАСТКОВЫХ ВЫРАБОТОК С ПОДВЕСНЫМИ МОНОРЕЛЬСОВЫМИ ДОРОГАМИ

**V.A. Rastsvetayev**

State Higher Educational Institution “National Mining University”,  
Dnepropetrovsk, Ukraine, e-mail: rascvetaev@mail.ru

## PECULIARITIES OF FORMING OF ADDITIONAL LOAD ON ARCH SUPPORT WITHIN LOCAL WORKINGS WITH OVERHEAD MONORAIL

Обоснованы особенности формирования и актуальность определения дополнительных нагрузок на арочную крепь подготовительных участковых выработок с подвесными монорельсовыми дорогами. С учетом параметров транспортирования, характеристик транспортных средств и состояния массива горных пород вокруг подготовительной выработки, проведен анализ ее устойчивости. Представлены результаты шахтных исследований проявления горного давления в выработках, закрепленных арочной крепью, с подвесной монорельсовой дорогой. Приведены рекомендации по определению дополнительных нагрузок на арочную крепь для прогнозирования устойчивости транспортных выработок.

**Ключевые слова:** массив горных пород, арочная крепь, подвесная монорельсовая дорога

Масштабное внедрение механизированных очистных комплексов нового поколения и интенсификация горных работ на шахтах Украины обусловили необходимость повышения темпов подготовки новых выемочных столбов. Анализ работы 65 проходческих бригад шахт ОАО „Павлоградуголь“ показал, что планируемые сроки подготовки выемочных столбов могут быть обеспечены комбайновым способом проведения участковых выработок, однако при этом необходимо кардинально изменить действующие схемы вспомогательного транспорта [1]. Традиционные схемы, рекомендуемые ранее нормативными документами для обеспечения подготовки запасов угольных шахт, базируются на применении рельсовых видов транспорта – концевой и локомотивной откатки горной массы и доставки грузов [2, 3, 4].

При интенсификации горных работ применение традиционных видов рельсового транспорта в условиях пучения пород почвы, в технологическом процессе проведения участковых подготовительных выработок, наблюдается нестабильность работы транспортно-технологической схемы и, как следствие, снижение скорости проходки и увеличение времени подготовки выемочных столбов.

Обусловлено это низкой адаптационной способностью действующих технологических схем и традиционно применяемых рельсовых видов транспорта при проведении подготовительных выработок.

Анализируя факторы, ограничивающие пропускную способность выработок с напочвенными видами транспорта, можно констатировать, что выходом из сложившейся в отрасли ситуации является создание технологических схем вспомогательного транспорта на базе применения нетрадиционного оборудования с повышенной адаптационной способностью, которое будет обеспечивать эффективную работу системы проведения выработок в сложных горно-геологических условиях.

Зарубежный опыт комбайнового проведения горных выработок свидетельствует, что в условиях активного пучения пород почвы в качестве основного вида вспомогательного транспорта применяют подвесные монорельсовые дороги. Подобные технологические схемы широко используются на шахтах Германии, Чехии, Польши и обеспечивают оперативность доставки материалов и оборудования [5]. На некоторых шахтах ЮАР и США монорельсовый транспорт применяется также в качестве основного для транспортировки горной массы и полезного ископаемого [6].

Необходимо отметить, что на действующих шахтах Украины область применения подвесных монорельсовых дорог ограничена. Используются они лишь на стабильно работающих шахтах Центрального и Восточного Донбасса. Обусловлено это недостаточным опытом эксплуатации данного вида вспомогательного транспорта, отсутствием необходимого количества исследований эксплуатационных параметров монорельсовых дорог и технико-экономического обоснования области эффективного их применения.

Учитывая вышесказанное, была выполнена оценка эксплуатационных показателей работы подвесных монорельсовых дорог на шахтах Красноармейского региона Донбасса с целью выявления факторов, ограничивающих область их эффективного применения [1]. Установлено, что стабильные шахты региона ориентируются на применение зарубежной техники. Например, шахта имени „Стаханова“ ОАО „Красноармейскуголь“ в выработках со сложными горно-геологическими условиями и высокими темпами ведения горных работ в качестве вспомогательного транспорта использует дизельную подвесную монорельсовую дорогу Ferrit (Чехия).

Вспомогательный транспорт ОАО „Шахтоуправление „Покровское“ представлен подвесными шахтными монорельсовыми дорогами ДКМЛ, 6ДМКУ (ОАО Луганскгормаш), KSP-32 (Pioma – Польша), Ferrit (Чехия) и др.

Необходимо отметить, что все монорельсовые дороги основаны на общих принципах перемещения укрупненных грузовых единиц по монорельсу, состоящему из отдельных звеньев длиной 2,4...3,0 м, скрепленных специальными замковыми соединениями. Комплекуются монорельсовые дороги приводной станцией или подвесным локомотивом и подвижным составом, состоящим из тележек и специальных платформ [6].

В зависимости от функционального назначения выработок и вида крепи звенья монорельса могут крепиться к верхнякам или непосредственно к кровле выработки при анкерном креплении. В вентиляционных выработках трасса монорельса, преимущественно, располагается по центру выработки, а в транспортных, закрепленных арочной крепью, место крепления монорельса к верхняку крепи определяется видом основного транспортного средства и местом его расположения относительно сечения выработки.

Несмотря на высокие технические характеристики, рекламируемые заводами-изготовителями монорельсовых дорог, применение данного вида вспомогательного транспорта на шахтах Красноармейского региона Донбасса вызывает ряд проблем при его эксплуатации. К основным факторам, ограничивающим область эффективного применения подвесных монорельсовых дорог, прежде всего, относятся отклонение скорости перемещения грузовых единиц от проектных показателей и, как следствие, времени доставки грузов к очистным и подготовительным забоям.

По результатам хронометражных замеров показателей работы подвесной монорельсовой дороги в вы-

работках сложной конфигурации установлено, что процесс перемещения грузовых единиц характеризуется многократным снижением скорости перемещения подвижного состава с 1,2 до 0,5 м/с, а время доставки грузов увеличивается в 1,3...1,6 раза, по сравнению с расчетными показателями. При этом необходимо учитывать, что, согласно [7, 8], максимально возможная скорость транспортирования грузов может составлять 2,0 м/с.

По результатам экспертной оценки условий транспортирования грузов в участковых выработках выявлено [9], что основными причинами снижения скорости перемещения подвижного состава являются: знакопеременный профиль трассы; отклонение габаритов и веса грузовых единиц от нормативных показателей; изменение влажности и температуры воздуха в выработке, а также нестандартные (аварийные) ситуации, возникающие в процессе перевозки грузов.

Оценка состояния проводимых участковых подготовительных выработок, оборудованных подвесной монорельсовой дорогой, показала, что максимальные искривления профиля трассы приурочены к зонам активного расслоения пород кровли. Как правило, эти зоны располагаются над „несущими арками“ – секциями арочной крепи, к которым крепятся сопрягаемые звенья става монорельсовой дороги (рис. 1).



Рис. 1. Состояние крепи подготовительной выработки в зонах активного смещения пород кровли

Инструментальными замерами установлено, что в процессе обыгрывания „несущих арок“, пришедшими в движение породами кровли, величина податливости верхняков относительно ножек крепи на 90...140 мм больше, чем в „рядовых арках“, расположенных в средней части сопрягаемых звеньев монорельса (рис. 2).

На рис. 2 представлен участок проводимой участковой подготовительной выработки, где отображена схема установки замерных станций для проведения исследований характера и особенностей формирования дополнительных нагрузок на арочную крепь от подвижного состава эксплуатируемой монорельсовой дороги.

Замерная станция представляет собой конструкцию, устанавливаемую на раме арочной крепи, для регистрации статических и динамических нагрузок,

передаваемых на арочную крепь подготовительной выработки, в момент прохождения подвижного состава монорельсовой дороги через стыковое соединение монорельса, подвешиваемого к верхняку арочной крепи (рис. 2, позиция – 6 – 6 | – 6 ||).

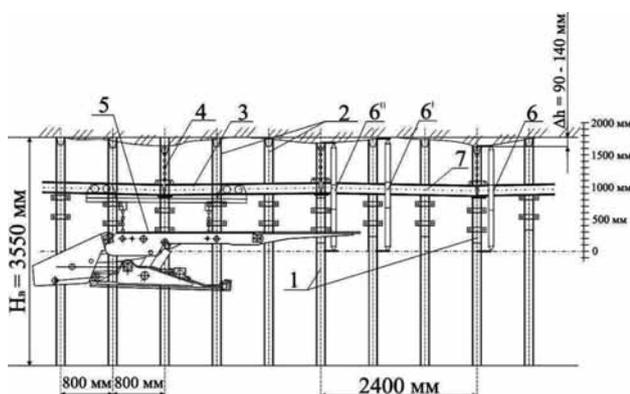


Рис. 2. Характер изменения податливости элементов арочной крепи в выработках, оборудованных подвесными монорельсовыми дорогами:  $H_B$  – проектная высота крепи выработки;  $\Delta h$  – величина абсолютной деформации пород кровли; 1 – несущие арки крепи; 2 – рядовые арки крепи; 3 – монорельс; 4 – подвеска монорельса; 5 – транспортная единица подвижного состава; 6 – 6' – 6'' – замерные станции; 7 – ось профиля монорельса

Регистрация показателей динамических нагрузок на арочную крепь осуществляется в момент прохождения тележки монорельсовой дороги через стыковое соединение подвешенного монорельса.

Величины деформации устанавливались для каждого вида транспортируемой единицы, различных показаний веса, скорости перемещения и других факторов, оказывающих непосредственное влияние на режимы работы подвесной монорельсовой дороги в процессе проведения участковых выработок.

Изменения показаний динамометра стойки СУИ-2 фиксировались цифровой видеокамерой (частота записи видеопотока составляет 24 – 25 кадров/секунду). При разложении полученного видео-файла на составляющие была получена качественная характеристика показаний динамометра, входящего в состав СУИ-2, в промежутке времени от одной до пяти секунд (время прохождения каретки через стыковое соединение) в количестве 24 – 25 показаний в секунду времени.

Обработка результатов производилась при помощи персонального компьютера и программного обеспечения, позволяющего обрабатывать видеопотоки.

Зная параметры и свойства материала, из которого изготовлена шахтная арочная крепь, можно определить параметры импульсных нагрузок, передаваемых арочной крепи при ударе в момент прохождения стыкового соединения монорельсовой дороги.

Кроме того, в процессе шахтных наблюдений определялась несущая способность замковых соединений арочной податливой крепи и качество закрепления проводимой подготовительной выработки.

Шахтными исследованиями установлено, что нагрузка, передаваемая арочной крепи и массиву горных пород при движении грузевого состава по монорельсу, определяется состоянием трассы монорельса, скоростью перемещения груза, его массой и описывается параметрами взаимодействия подсистемы „монорельс – подвижной состав“ [1]. Исследования характера взаимодействия элементов этой подсистемы проводились в условиях шахты им. „Стаханова“ ОАО „Красноармейскуголь“. По результатам выполненных исследований были сформулированы следующие выводы:

– при движении грузовых тележек по искривленному в профиле и плане стволу монорельса, в местах соединения его звеньев возникают динамические нагрузки, передаваемые элементам арочной крепи и массиву горных пород;

– показатели нагрузок, передаваемых арочной крепи, зависят от состояния трассы монорельса, а также скорости перемещения и величины груза, транспортируемого по участковой выработке.

Кроме того, установлены зависимости податливости элементов арочного крепления подготовительных выработок от величины транспортируемого груза для различных показателей скорости перемещения и представлены на рис. 3.

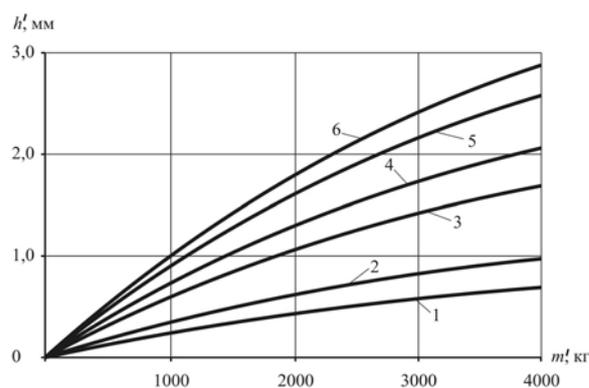


Рис. 3. Зависимости изменения податливости элементов арочной крепи от массы транспортируемого груза: 1 – для  $v = 0,5$  м/с; 2 – для  $v = 1,0$  м/с; 3 – для  $v = 1,2$  м/с; 4 – для  $v = 1,5$  м/с; 5 – для  $v = 1,8$  м/с; 6 – для  $v = 2,0$  м/с

Необходимо отметить, что значения масс на приведенном графике (рис. 3) по оси абсцисс соответствуют нагрузкам, приходящимся на одну грузовую каретку подвижного состава монорельсовой дороги. Т.е. масса всего поезда может быть определена суммированием количества грузовых тележек при условии, что транспортируемый груз распределен равномерно вдоль всего подвижного состава.

Установленные особенности дополнительных нагрузок на арочную крепь участковых транспортных выработок от подвижного состава монорельсовой дороги позволили сделать вывод, что при прохождении грузовыми „тележками“ стыков монорельса „несущие арки“ являются концентраторами напряжений, возникающих в конструкции под действием сил гор-

ного давления. Более того, динамические нагрузки, многократно передаваемые „несущим аркам“ крепи в момент прохождения подвижным составом стыковых соединений профиля монорельса, провоцируют не только расслоение пород кровли, но и приводят их в движение, искривляя при этом профиль монорельса и изменяя параметры проектного сечения участковых транспортных выработок.

### Список литературы / References

1. *Ширин Л.Н.* Оценка эксплуатационных параметров подвесных монорельсовых дорог / Ширин Л.Н., Посулько Л.Н., Расцветаев В.А. // Геотехнічна механіка: Міжвід. зб. наук. праць / Ін-т геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова НАН України. – Дніпропетровськ, 2008. – Вип. 76. – С. 91–96.

*Shirin L.N.* Estimating of exploitation parameters of overhead monorail / Shirin L.N., Posunko L.N., Rastsvetaev V.A. // Geotekhnichna mehanika: Interuniversity collected research works / M.S. Polyakov Institute of Geotechnical Mechanics NAS of Ukraine. – Dnipropetrovsk, 2008. – No.76. – P. 91–96.

2. *Основные положения по проектированию подземного транспорта новых и действующих угольных шахт.* – М.: ИГД им. А.А. Скочинского, 1986. – 356 с.

*Basic regulations on underground transport designing in new and operating coal mines.* – М.: IGD named by Skochinsky A.A., 1986. – 356 p.

3. *Ширин Л.Н.* Перспективы развития адаптационных систем вспомогательного транспорта в условиях шахт Западного Донбасса / Ширин Л.Н., Посулько Л.Н., Расцветаев В.А. // Школа подземной разработки: Матер. междунар. научно-практ. конф. – Днепропетровск – Ялта, НГУ, 2007. – 374 с.

*Shirin L.N.* Prospects of adaptation systems of secondary transport development in mines of Western Donbass / Shirin L.N., Posunko L.N., Rastsvetaev V.A. // School of Underground Mining: Materials of international scientific and practical conference. – Dnipropetrovsk – Yalta, NGU, 2007. – 374 p.

4. *Ширин Л.Н.* Совершенствование методики расчета эксплуатационных параметров подвесной монорельсовой дороги при доставке грузов в сложных горно-геологических условиях / Ширин Л.Н., Расцветаев В.А. // Научный вестник НГУ. – 2007. – №10. – С. 17–20.

*Shirin L.N.* Improvement of methodic of calculation of exploitation parameters of overhead monorail while delivering cargo in difficult mining and geological conditions / Shirin L.N., Rastsvetaev V.A. // Naukovyi visnyk NGU. – 2007. – No.10. – p. 17–20.

5. *Дубровский Е.М.* Монорельсовые дороги для угольных шахт / Дубровский Е.М. // Обзор. – М., 1960. – 20 с.

*Dubrovskiy Ye.M.* Monorails for coal mines / Dubrovskiy Ye.M. // Review. – М., 1960. – 20 p.

6. *Гиленко В.А.* Монорельсовый транспорт при проходке горизонтальных горных выработок / Гиленко В.А., Кадышев В.В., Костюченко С.И. // Обзор. – М. – 1975. – 35 с.

*Gilenko V.A.* Monorail transport while drifting horizontal workings / Gilenko V.A., Radyshev V.V., Kostyuchenko S.I. // Review. – М. – 1975. – 35 p.

7. *Временные нормы и технические требования для безопасной эксплуатации дизельных локомотивов (машин) в угольных шахтах.* – Макеевка – Донбасс, 1975.

*Temporary norms and technical requirements for safe exploitation of diesel locomotives (machines) in coal mines.* – Makeyevka – Donbass, 1975.

8. *Временные требования безопасности при эксплуатации монорельсовых дорог в угольных шахтах.* – Макеевка – Донбасс, 1983.

*Temporary requirements for safe exploitation of monorail in coal mines.* – Makeyevka – Donbass, 1983.

9. *Расцветаев В.А.* Комплексная оценка транспортно-технологических схем комбайнового проведения подготовительных выработок в условиях шахт западного Донбасса / Расцветаев В.А., Посулько Л.Н., Дятленко М.Г. // Матеріали V міжнародна науково-практична конференція „Проблеми горного дела и экологии горного производства“ (14–15 травня 2010р.) С. 36–41.

*Rastsvetaev V.A.* Complex estimation of transport and technological schemes of combine drifting of development workings in mines of Western Donbass / Rastsvetaev V.A., Posunko L.N., Dyatlenko M.G. // Materials of V International scientific and practical conference “Ecological and Mining Problems in Mining Industry” (14–15 may 2010.) P. 36–41.

Обґрунтовано особливості формування та актуальність визначення додаткових навантажень на арочне кріплення підготовчих гірничих виробок з підвісними монорельсовими дорогами. З урахуванням параметрів транспортування, характеристик транспортних засобів і станом масиву гірських порід навколо підготовчої виробки, проведено аналіз її стійкості. Наведено результати шахтних досліджень прояву гірського тиску у виробках, закріплених арочним кріпленням, з підвісною монорельсовою дорогою. Приведено рекомендації по визначенню додаткових навантажень на арочне кріплення для прогнозування стійкості транспортних виробок.

**Ключові слова:** масив гірських порід, арочне кріплення, підвісна монорельсова дорога

Peculiarities of formation and actuality of determining additional stresses on arch support in development workings with monorails are substantiated. Taking into account parameters of transportation, characteristics of vehicles and state of rock massif around development workings, analysis of its stability is done. Mine research results of mining pressure behavior in workings fixed by arch support with overhead monorails are presented. Recommendations for determining of additional stresses on arch support for prognosis of transport workings stability are given.

**Keywords:** rock massif, arched support, overhead monorail

Рекомендовано до публікації докт. техн. наук В.І. Бузило. Дата надходження рукопису 18.02.11