

А.Л. Ширин

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ВИЗУАЛЬНО-ОПТИЧЕСКОГО МЕТОДА ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ПРОЦЕССА ВЫГРУЗКИ ПОРОДЫ ИЗ ШАХТНЫХ ВАГОНОВ

Проведен анализ пропускной способности технологических схем вспомогательного транспорта. По результатам шахтного эксперимента получена зависимость изменения полезного объема кузова шахтных вагонов от количества циклов подвигания забоя. Обосновано использование на шахтах Западного Донбасса способа бесконтактного определения объемов горной массы, остающейся в шахтных вагонах после разгрузки.

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ ВИЗУАЛЬНО-ОПТИЧНОГО МЕТОДУ ДІАГНОСТУВАННЯ ПРОЦЕСУ ВИВАНТАЖЕННЯ ПОРОДИ З ШАХТНИХ ВАГОНІВ

Проведено аналіз пропускної здатності технологічних схем допоміжного транспорту. За результатами шахтного експерименту отримана залежність зміни корисного об'єму кузова шахтних вагонів від кількості циклів посування вибою. Обґрунтовано використання на шахтах Західного Донбасу способу безконтактного визначення обсягів гірничої маси, що залишається в шахтних вагонах після розвантаження.

RESEARCH RESULTS OF VISUALLY-OPTICAL METHOD OF DIAGNOSTICS ROCK UNLOADING PROCESS FROM MINE WAGONS

Analysis of current capacity of auxiliary transport technological schemes is conducted. Changing dependence of effective volume of mine wagons body from quantity of stoping face advance rate is received with help of mine experiment. Usage of noncontact method of rock mass determination that remain in mine wagons after unloading on Western Donbass mines is substantiated.

ВВЕДЕНИЕ

При разработке прирезаемых запасов угля, расположенных у границ шахтных полей, длина транспортных магистралей достигает 6,0 – 7,0 км. Резервные запасы преимущественно сосредоточены в зонах влияния тектонических нарушений, высокой обводненности и интенсивного пучения пород почвы. В подобных условиях

ведения горных работ своевременный вывоз породы из подготовительных забоев рельсовыми видами транспорта является трудно решаемой, а в большинстве случаев невыполнимой задачей.

В условиях активного пучения пород почвы на шахтах Западного Донбасса в качестве единого транспортного средства при комбайновом проведении подготовительных выработок применяют напочвен-

ные канатные дороги. Однако, даже при использовании технологических схем транспорта с применением напочвенных дорог высокого технического уровня типа ДКНП-1,6, саморазгружающихся шахтных

вагонов ВД-2,5 и аккумулирующих породных бункеров (рис. 1) отмечается невыполнение планируемых темпов проведения подготовительных выработок из-за несвоевременного вывоза породы из забоев.

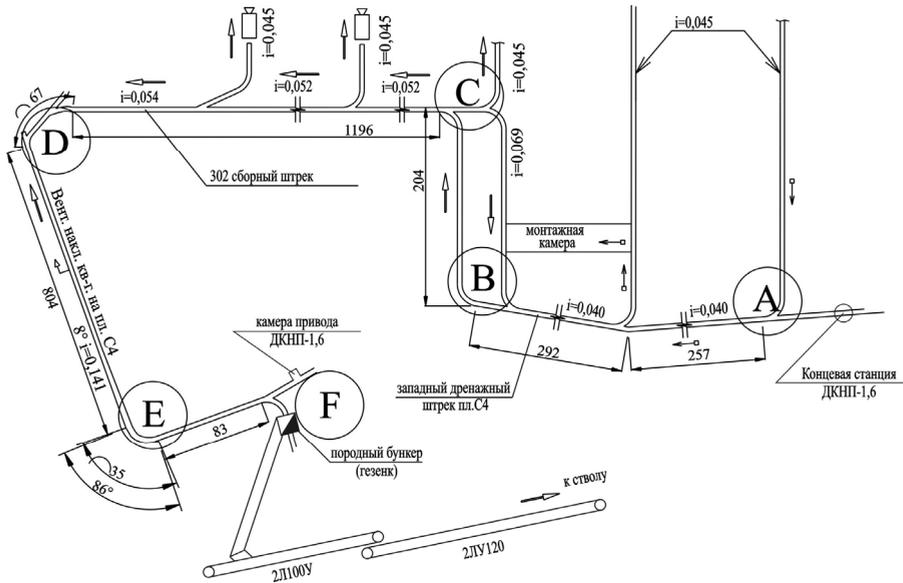


Рис. 1. Технологическая схема транспортирования породы ДКНП-1,6

Результаты анализа пропускной способности технологических схем вспомогательного транспорта показали, что одной из причин снижения темпов проведения выработок по вине транспорта является отклонение эксплуатационных параметров шахтных вагонов из-за налипания породы на стенки и днище кузова. Изменение эксплуатационных параметров шахтных вагонов, таких как емкость (V) и грузоподъемность (G), обусловлено технологией проведения участковых подготовительных выработок.

В соответствии с требованиями ТБ при комбайновом проведении подготовительных выработок процессы разрушения массива сопровождаются пылеподавлением (орошением). В результате из подготовительных забоев в шахтных вагонах выдвигается на поверхность горная масса (порода,

уголь) влажностью 50 – 80% и липкостью до 75 г/см^2 . Шахтными исследованиями установлено, что при транспортировании горной массы в протяженных криволинейных выработках со знакопеременным профилем пути происходят различного вида поступательные и вращательные колебания элементов конструкции шахтных вагонов. К основным видам поступательных колебаний относятся: подергивание – вдоль оси OX ; боковой относ – вдоль оси OY и подпрыгивание – вдоль оси OZ . К вращательным колебаниям относятся: боковая (поперечная) качка – вокруг оси OX ; продольная качка (галомирование) – вокруг оси OY и влияние – вокруг оси OZ . В результате многократных пространственных колебаний происходит интенсивное уплотнение влажной породы и налипания ее на стенки и днище вагонеток и, как

следствие, снижение коэффициента использования объема кузова шахтного вагона.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

По результатам анализа работ в области управления грузопотоками шахтной породы установлено, что выявленная проблема до настоящего времени остается малоизученной. В подобных ситуациях значительно повышается роль оперативно-производственного диагностирования и управления транспортно-технологическими процессами перемещения породы в подземных выработках при выполнении горнопроходческих работ.

Цель оперативно-производственного диагностирования и управления процессами перемещения породы заключается в координации во времени и пространстве мероприятий поиска и устранения несовершенств при выгрузке породы из шахтных вагонов в бункер (конечная операция транспортно-технологического процесса) и передачи текущей информации проходческому звену о степени готовности подвижного состава к выполнению работ следующего цикла – выемки и погрузки породы в вагоны.

Для обоснования метода оперативного управления процессом выгрузки породы из шахтных вагонов был проведен комплекс исследований по установлению причин и характера налипания породы в кузове вагонеток, способов контроля и средств диагностирования данного процесса.

Шахтными исследованиями установлено, что при темпах продвижения подготовительных забоев $v \geq 2,4$ м/смену (три и более цикла), подобные события приводили в конце смены к снижению полезного объема кузова вагонеток на 25 – 30%. Как следствие, нарушались графики выполнения текущих процессов и операций в подготовительных забоях, снижались темпы проведения выработок, а также повышались удельные энергозатраты, связанные с

транспортированием «мертвого груза», т.е. налипшей горной массы.

На рис. 2 приведены результаты шахтного эксперимента по установлению показателей и характера изменения полезного объема кузова шахтных вагонов ВД-2,5 и ВГ-3,3 после выполнения очередных циклов погрузочно-разгрузочных и транспортных работ.

Необходимо отметить, что в практике технического диагностирования механических систем состояние анализируемого объекта оценивается по результатам возложенных на него функций, т.е. с помощью методов функционального диагностирования [1].

Алгоритм функционального диагностирования предусматривает учет входных воздействий и выходных реакций, последовательность выполнения операций, а также внешние и косвенные признаки.

Известные методы диагностирования процессов и операций при выполнении погрузочно-разгрузочных работ в подземных условиях – затратное мероприятие, требующее дополнительного введения в транспортно-технологическую цепочку энергоемкого стационарного оборудования. Например, на зарубежных рудниках цветной металлургии, добывающих редкие и благородные металлы, объемы невыгруженной горной массы определяют методом взвешивания груженых и порожних составов. В работах [2, 3] описаны методы контроля добычи горнорудной массы с помощью модулей АСУ ТП-Д и стационарных устройств взвешивания вагонеток АКРВ-87 производства Болгарии.

Технология ведения горных работ на угольных шахтах не предусматривает выполнение операций, связанных с взвешиванием вагонов с пустой породой (отходами горного производства). По этой причине на предприятиях отрасли отсутствует опыт ведения подобных мероприятий.

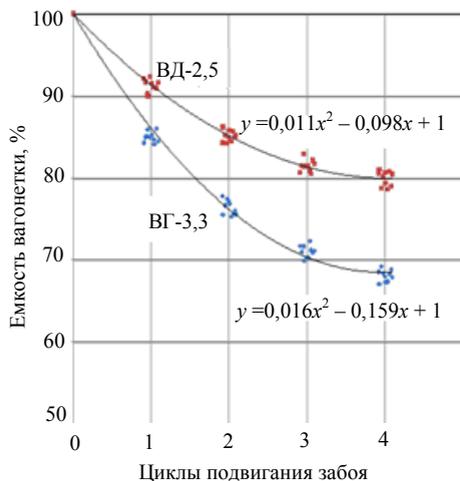


Рис. 2. Характер снижения полезного объема кузова шахтных вагонов при налипании породы в кузове вагонетки

Для реализации малоисследованной научно-практической задачи рекомендовано использовать визуально-оптический метод контроля процесса выгрузки породы из шахтных вагонов. Сущность предлагаемого технического решения заключается в установке системы стереовидения в пункте выгрузки породы из груженных составов в бункер, обеспечивающей диагностику процесса разгрузки шахтных вагонов.

Идея заключается в использовании эффекта компьютерного зрения для оперативного распознавания толщины слоя налипшей горной массы на стенки и днище шахтной вагонетки и по визуальному анализу получаемых трехмерных изображений принимать соответствующие решения для координации режимов работы транспортно-технологической системы.

Компьютерное зрение – теория и технология создания искусственных систем, обеспечивающих обнаружение, слежение и классификацию исследуемых объектов путем анализа и синтеза трехмерных изображений и видеоданных, последовательно получаемых с различных камер, датчиков и устройств. Видеоданные могут быть

представлены множеством форм, таких как видеопоследовательность изображения с различных камер или трехмерными данными, например, с датчиков устройства Kinect или стереосистемы камер.

Сущность стереовидения заключается в имитации человеческого бинокулярного зрения. Система стереовидения позволяет компьютеру по двум снимкам, полученным с помощью двух камер, считывать в трехмерном виде информацию об окружении и создавать карту глубины изображения. В рассматриваемом случае – толщину слоя налипшей горной массы.

Под картой глубины подразумевается изображение, где каждый пиксель представляет не цвет, а расстояние от объекта до камеры. Чем темнее объект на карте, тем он дальше от камеры.

Методикой комплексных исследований предусматривалось, что программный комплекс создаваемой компьютерной системы контроля и управления режимами работы ДКНП-1,6 с применением стереовидения должен совмещать в себе три важные функции:

- регистрацию движения состава с одновременным поиском в кадре вагонетки, устанавливаемой под разгрузку;
- обработку полученного кадра с последующим поиском отклонений от заданной нормы;
- передачу обработанной информации оператору ДКНП-1,6 для принятия решения.

В соответствии с приведенными функциями, для создаваемой стереосистемы, была разработана программа лабораторного эксперимента, которая предусматривала проведение комплекса специфических исследований на действующем оборудовании лаборатории рельсового транспорта кафедры транспортных систем и технологий НГУ.

Для сборки и установки стереосистемы потребовалось определить положение камер – рассчитать длину стереобазы, высоту установки камер и их направление. При выполнении расчетов использовались по-

казатели освещенности помещения в месте установки стереосистемы, а также технические характеристики камер и шахтного вагона.

Необходимо отметить, что на практике процесс установки очередной вагонетки для выгрузки породы в бункер осуществляется автоматически, путем проталкивания состава груженных вагонеток без расцепки. В этой связи для качественного распознавания движения вагонеток в обоих кадрах камер, необходимо зафиксировать стереосистему на таком расстоянии, чтобы в одну единицу времени вагонетка была одновременно в центре кадра обеих камер (рис. 3).

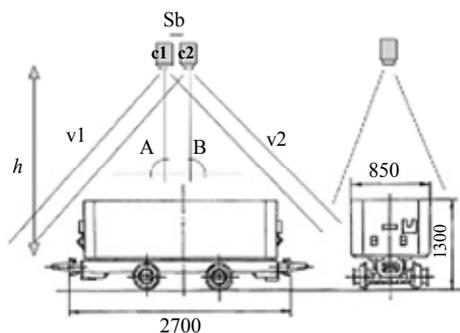


Рис. 3. Схема к расчету высоты расположения камер: $c1, c2$ – камеры стереосистемы; $v1, v2$ – поле зрения каждой камеры; h – высота расположения стереосистемы относительно рельсового пути

Высота между камерами и вагонеткой рассчитывается в зависимости от длины вагонетки, однако из-за различных параметров камер, их матриц и разрешающих способностей расчеты показывают только приблизительное расстояние, поэтому системе нужно дополнительно проверять и настраивать на месте установки.

Расчет высоты установки камер h производится в соответствии с выражением:

$$h = \frac{A_e f}{mh} + H_e,$$

где A_e – горизонтальный размер вагонетки, м;

f – фокусное расстояние, мм;

mh – горизонтальный размер матрицы, мм;

H_e – высота вагонетки, м.

При проведении натурального эксперимента использовались камеры с фокусным расстоянием около 4,8 мм и горизонтальным размером матрицы – 4 мм. Применительно к рассматриваемым условиям для вагонетки ВГ-1,6 минимальная высота установки камер, согласно расчетам, составила $h_{1,6} = 3,1$ м, а для вагонетки длиной 2,5 м и высотой 1,3 м $h_{2,5} = 4,3$ м.

Расчетные показатели вместимости кадра и высоты установки камер с различным фокусным расстоянием приведены в таблице.

ВМЕСТИМОСТЬ КАДРА КАМЕР С $MH = 4,8$ мм

Таблица

Фокусное расстояние, мм	Расстояние от камер до объекта, м		
	1,5	3,0	4,6
	Горизонтальная вместимость кадра, м		
1,78	7,6	15,1	22,7
2,45	5,3	10,5	15,8
3,00	3,5	7,5	11,3
3,60	2,3	4,6	6,9
4,00	2,0	4,0	6,0
8,00	0,9	1,8	2,7
16,00	0,4	0,9	1,3
50,00	0,1	0,2	0,4

Для формирования базы исходных данных были выполнены исследования по определению рациональной высоты установок стереокамер для серийно выпускаемых типов шахтных грузовых вагонов. По результатам аналитических расчетов было установлено рациональное фокусное расстояние камеры f , с которого возможно получать полноразмерные кадры шахтных вагонеток в подземных выработках:

$$f = \frac{v \cdot h \cdot S}{H},$$

где v – вертикальный размер матрицы, мм;

h – горизонтальный размер матрицы, мм;

S – расстояние до объекта, м;

H – горизонтальный размер объекта, м.

ВЫВОДЫ

Показателем значимости натурального эксперимента было установление характера изменения коэффициента использова-

ния внутреннего объема кузова вагонеток на разных стадиях горного производства. В связи с этим ставилось условие, чтобы стереокамеры качественно отслеживали события, связанные с процессами налипания породы внутри кузова шахтного вагона, т.е. оперативно определяли количество горной массы, оставшейся в кузове на уровне днища вагонетки после каждого цикла ее разгрузки.

Результаты экспериментальных исследований по установлению объема налипшей породы и коэффициента использования объема кузова вагонеток послужили базой для разработки программных продуктов для контроля процесса выпуска породы из шахтных вагонов и «Исходных требований на применение системы стереовидения для компьютерной диагностики технических и эксплуатационных параметров транспортно-технологической системы с применением напочвенных канатных дорог нового поколения».



СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Коллакот Р. *Диагностика повреждений: пер. с англ.* / Р. Коллакот. – М.: Мир, 1988. – 512 с.

2. Ситников Д.М. Самоочищающиеся вагонетки с донной разгрузкой на шахтах Подмоскownого бассейна: экспресс-информ. / Д.М. Ситников, Г.Д. Потапенко, С.Я. Саутов. – М.: ЦНИИУголь, 1986. – 15 с.

3. Комплекс технических средств весового учета работы подземного рельсового транспорта / Ю.И. Гаврилов, В.В. Усанов, В.Ф. Степаненко [и др.] // *Состояние и перспективы автоматизации процессов на открытых и подземных рудниках: материалы совещания.* – Орджоникидзе, 1982. – С. 45 – 47.

4. Ширин А.Л. *Визуально-оптический метод контроля процесса выгрузки породы из шахтных вагонов* / А.Л. Ширин // *Інформаційні технології в освіті, техніці та промисловості: всеукр. наук.-практ. конф. аспірантів, молодих учених і студентів, 8 – 11 жовтня 2013 р.: тези доп.* – Івано-Франківськ, 2013.

ОБ АВТОРАХ

Ширин Артем Леонидович – ассистент кафедры программного обеспечения компьютерных систем Национального горного университета.