

#### Список литературы

1. Сорокин Л. А. Энергетическая оценка средств карьерного транспорта//Проблемы разработки месторождений глубокими карьерами: Тез. Докл. Междунар. конфер. – Челябинск: НИИОГР, 1996. – С. 89–90.
2. Пригунов А.С. Исследование взаимосвязи параметров электропотребления комплексов машин непрерывного действия с основными параметрами технологических схем // Механика и технология открытых горных работ. – К.: Наукова думка, 1978. – С.156 – 161.
3. Тангаев И.А. Энергоёмкость процессов добычи и переработки полезных ископаемых. – М.: Недра, 1986. – 231 с.
4. Справочник. Открытые горные работы/ К.Н. Трубецкой, М.Г. Потапов, К.Е. Винницкий, Н.Н. Мельников и др. – М.: Горное бюро, 1994, 590 с.: ил.

*Рекомендовано до публікації д.т.н. Ширінім Л.Н.  
Надійшла до редакції 29.10.2012*

УДК 622.625.28

© А.В. Денищенко, О.О. Юрченко, В.В. Новосельцев

### **ОСНОВЫ СОЗДАНИЯ ПУТЕИЗМЕРИТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК**

Проведен анализ основных геометрических несовершенств шахтного рельсового пути и их влияния на эксплуатационные характеристики подвижного состава локомотивного и канатного рельсового транспорта. Предложены новые технические решения по совершенствованию шахтной измерительной техники.

Проаналізовано основні геометричні недосконалості шахтного рельсового шляху та їх вплив на експлуатаційні характеристики рухомого складу локомотивного та канатного транспорту. Запропоновані нові технічні рішення щодо удосконалення шахтної шляховимірювальної техніки.

The basic geometric imperfections of underground rail track and its impact on operational characteristics of locomotive and rope rail transport are analyzed. The new technical solutions for improving mine measuring equipment are offered.

Несмотря на масштабное внедрение конвейеризации на отечественных угольных шахтах роль рельсового транспорта, в котором эксплуатируются более 3000 электровозов и 150000 вагонеток, остается значительной. Кроме локомотивного транспорта для обеспечения грузопотоков горной массы, оборудования, материалов и людей, особенно на знакопеременном профиле пути, широко используются рельсовые канатные напочвенные дороги.

Подвижный состав рельсового транспорта в процессе движения испытывает динамические воздействия, которые приводят к повышению сопротивления движению, снижению производительности, устойчивости и долговечности транспортных средств. Исследованиями [1] установлено, что основными источниками возмущающего воздействия на подвижной состав является изменение геометрии рельсового пути.

Для аналитического описания рельсового пути обычно применяются статистические характеристики, поскольку дать его полное описание невозможно из-за большой протяженности, многообразия встречающихся неровностей и причин их возникновения.

На магистральных железных дорогах эксплуатируются специальные устройства для контроля геометрических параметров рельсового пути, однако адаптировать их к специфическим горно-геологическим условиям не представляется возможным. Поэтому задача определения геометрических несовершенств шахтного рельсового пути и разработка мероприятий по обеспечению его соответствия принятым нормам является актуальной.

Цель работы – повышение эффективности шахтного рельсового транспорта за счет совершенствования методов и средств контроля состояния пути.

Параметры рельсового пути определяются такими характеристиками как: ширина колеи, возвышение одного рельса над другим, положение оси пути в плане и вертикальный профиль пути. Ширина колеи определяется расстоянием по горизонтали между внутренними гранями головок рельсов в плоскости, перпендикулярной к оси пути, возвышение одного рельса над другим как разность возвышений двух рельсовых путей. Положение оси пути вычисляется осредненным значением поперечных горизонтальных положений двух рельсовых нитей. Осредненным значением возвышений двух рельсов является их вертикальный профиль.

В настоящее время определение фактического профиля пути производится при помощи весьма трудоемкой маркшейдерской съемки. Разработан с участием авторов метод экспериментально-расчетного определения и построения профиля пути на заданном маршруте, который основан на замерах силы сопротивления движению вагонетки (состава) с помощью тяговой лебедки или локомотива, каната и динамометра [2].

На рис. 1, а) показан вариант профиля шахтного рельсового пути подобный профилю маркшейдерской съемки в шахте. Ломаный продольный профиль пути состоит из отдельных его отрезков ( $AB, BB\dots EK$ ), отличающихся величиной уклона и длиной.

Вагонетка (состав) 1 перемещается с постоянной известной скоростью по рельсовому пути 2 в одну сторону лебедкой 3 с помощью каната 4 или локомотивом. При этом динамометром 5 в масштабе времени непрерывно записывается изменение силы тяги  $F$  на перемещение состава. Аналогичным образом вагонетка (состав) перемещается лебедкой 6 в обратном направлении и фиксируется изменение силы тяги  $F'$

На рис. 1, б) и 1, в) показаны варианты результатов измерения силы тяги динамометром. Здесь обозначены  $F_1, F_2, \dots, F_n$  – силы тяги при движении в одну сторону и соответствующие им (по нумерации участков)  $F'_n, \dots, F'_2, F'_1$  силы при движении в обратную сторону.

Для участка пути  $AB$  длиной  $l$  с уклоном  $i$  запишем уравнение движения вправо:

$$F_1 - G(w - i) = 0 \text{ откуда } F_1 = G(w + i) \text{ (плюс } i \text{ при подъеме),}$$

влево:

$$F'_1 + G(i_1 - w) = 0 \text{ откуда } F'_1 = G(w - i) \text{ (минус } i \text{ при спуске),}$$

где  $G$  – сила тяжести вагонетки;  $w$  – коэффициент основного сопротивления движению;  $i$  – уклон пути.

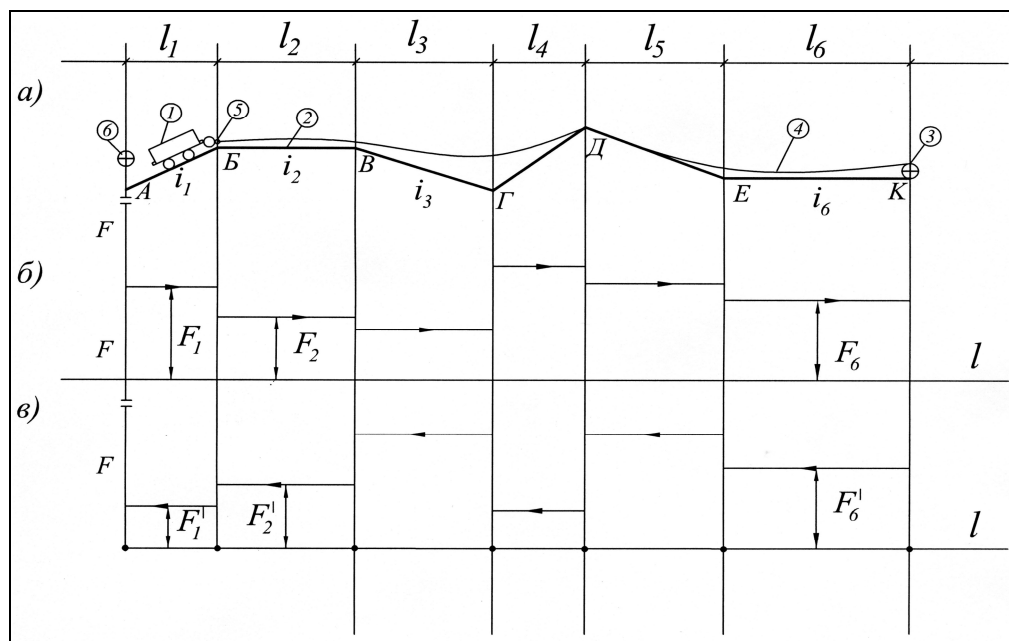


Рис. 1. Определение уклона пути: а) – профиль трассы; б) – сила тяги  $F$  на перемещение вагонетки (состава) вправо; в) – сила тяги  $F'$  на перемещение вагонетки (состава) влево

Аналогично можно записать уравнения движения (уравнения равновесия) для каждого из  $n$  участков, отличающихся величиной уклона и длиной.

Любой ряд сил (вправо  $F_1, F_2 \dots F_6$  или влево  $F'_1, F'_2 \dots F'_6$ ) назначается уменьшаемым или вычитаемым. Разница тяговых усилий  $F_1$  и  $F'_1$  – это удвоенное значение силы сопротивления от уклона пути:

$$\Delta F_1 = F_1 - F'_1 = 2Gi.$$

Из выражений (5), (6), (8) находим:

– уклон пути  $i$  (равен удельному сопротивлению от уклона):

$$i = \frac{\Delta F_1}{2mg} \text{ (либо } \oplus, \text{ либо } \ominus \text{ по знаку } \Delta F).$$

Экспериментально полученные в масштабе времени диаграммы тяговых усилий при движении вагонетки (состава) с известной скоростью  $v$  на протяжении маршрута  $l$  (аналогично изображенным на рис. 1, б и 1, в) обрабатывают, в результате чего получают значения:

– длин участков трассы  $l_1; l_2; l_3 \dots l_n$ ;

– уклонов каждого участка ( $\oplus$  или  $\ominus$ )  $i_1; i_2; i_3 \dots i_n$ , в зависимости от направления движения определяется как среднее арифметическое абсолютных величин  $i$  вверх или вниз.

Использование предлагаемого способа определения профиля трассы позволяет совершенствовать методику расчета электровозной откатки, существенно повысить точность определения ее параметров, и, как следствие, повысить производительность и безопасность шахтного транспорта. Однако, для его

реализации необходимо устанавливать динамометр между вагонеткой и тяговой лебедкой или локомотивом, что в шахтных условиях затруднительно и требует дополнительных затрат. Для устранения указанного недостатка предлагается определять силу тяги электровоза на участках трассы с помощью электро-механической характеристики его тягового электродвигателя, постоянно измеряя и фиксируя в процессе движения силу тока в цепи питания последнего.

Известно, что зависимость силы тяги ( $F$ ), скорости движения ( $V$ ), к.п.д. ( $\eta$ ) и силы тока двигателя ( $I$ ) дает электро-механическая характеристика двигателя на обode колеса. Поскольку передаточное число редуктора и диаметр колес зависят от типа электровоза, то электро-механическая характеристика является индивидуальной для каждого из них. Таким образом, имея показания силы тока тягового двигателя на всех участках трассы в обоих направлениях, несложно по электро-механической характеристике двигателя определить соответствующие им значения силы тяги и построить ее продольный профиль. Более того, этот процесс легко поддается компьютерной обработке и вывод информации осуществляется в удобном для использования виде [3].

Производительность локомотивной откатки зависит, в первую очередь, от скорости движения составов, которая в шахтных условиях остается недопустимо низкой. Это является следствием недостаточного внимания к путеукладочным и ремонтным работам на рельсовом транспорте. В мировой практике эксплуатации шахтных рельсовых дорог предпринимались попытки создания мобильных путе-измерительных комплексов [4]. Однако широкого распространения они не получили, несмотря на то, что с их помощью за короткое время (несколько дней) можно было бы получить полную информацию об основных характеристиках пути и оперативно планировать проведение ремонтно – профилактических работ.

На кафедре транспортных систем и технологий НГУ разработана конструкция устройства для определения расстояния между рельсами [5], которое состоит из тележки с расположенными на ней двумя роликами, соединенными между собой через рычаги пружиной и гидравлическим демпфером (рис. 2). В качестве регистрирующего устройства в приборе использован реостатный преобразователь. Демпфер позволяет замедлить колебательные процессы в системе и способствует их затуханию, а реостатный преобразователь делает возможным использование современных методов сбора, накопления и обработки информации.

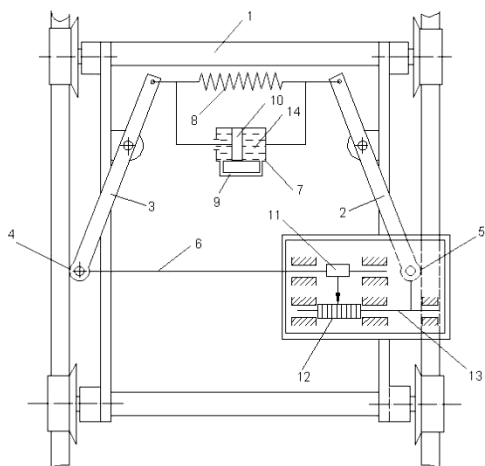
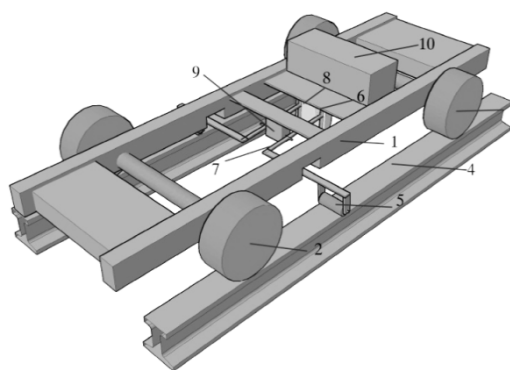


Рис. 2. Устройство для контроля ширины колеи шахтного рельсового пути: 1 - тележка; 2,3 – двуплечие рычаги; 4,5 – измерительные ролики; 6,13 – жесткая тяга; 7 - цилиндр; 8 - пружина; 9 – соединяющий трубопровод; 10 - поршень; 11 - ползун; 12 - корпус обмотки; 14 – рабочая жидкость

В другой предлагаемой конструкции (рис. 3) во время движения тележки по рельсовому пути измерительные ролики через рычаги прижимаются к рельсам пружинами. В случае превышения уровня любого рельса измерительный ролик изменяет свое положение и через рычаги перемещает ползун реостата относительно его обмотки [6].

Расположение измерительных роликов на отдельных осях позволяет контролировать уровень каждой из нитей рельсового пути и, тем самым, повышает точность и достоверность результатов.

Рис. 3. Устройство для контроля уровня нитей шахтного рельсового пути: 1 – тележка; 2,3 – колесные пары; 4 – рельсовый путь; 5 – измерительный ролик; 6 – пружина; 7 – рычаг; 8 – реостат; 9 – кронштейн; 10 – фиксирующий блок



Устройство для определения углов наклона шахтного рельсового пути (рис.4) содержит тележку, на которой расположен датчик наклона пути, включающий корпус, измерительную призму и установленные под углом  $45^{\circ}$  электронные весы. Колесная пара оборудована несколькими постоянными магнитами разного размера (рис.5) и, соответственно, разной индукции, катушка индуктивности установлена на тележке с возможностью магнитного взаимодействия с магнитами и связана с блоком обработки результатов измерений.

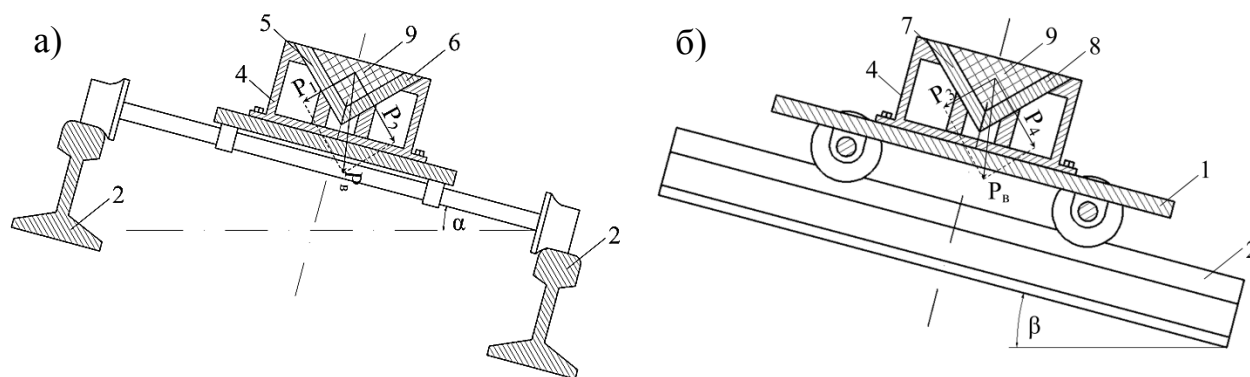


Рис. 4. Устройство для определения наклона шахтного рельсового пути: а – вид по оси рельсового пути; б – поперечное сечение; (1 – тележка; 2 – корпус измерительной призмы; 3,4,5,6 – электронные весы; 7 – груз; 8 – колесная пара; 9 – рельсовый путь)

Во время движения тележки по участку рельсового пути, на котором один рельс расположен выше другого в поперечной плоскости, измерительная призма наклоняется на угол  $\alpha$ , при этом смещение центра тяжести груза влечет за собой изменение величин сил  $P_1$ ,  $P_2$ , которые фиксируются электронными весами и сигнал отправляется на блок обработки результатов измерения.

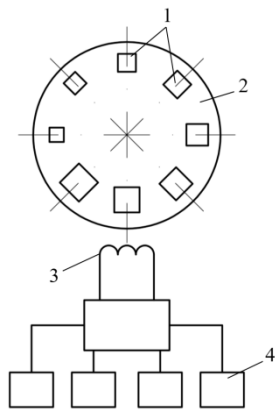


Рис. 5. Датчик контроля долей оборота колеса: 1 – колесная пара; 2 – постоянные магниты; 3 – катушка индуктивности; 4 – блок обработки результатов измерений

При этом значение угла наклона рельсового пути в поперечной плоскости, который определяет блок обработки результатов измерения, составит

$$\alpha = \arctg \frac{P_2}{P_1} - 45^\circ, \text{ град.}$$

Аналогично определяется продольный уклон рельсового пути

Предложенные в работе методы контроля и конструкции путеизмерительных устройств позволяют эффективно и качественно определять основные геометрические параметры пути и исключают ручной труд. Их применение на практике приведет к совершенствованию системы содержания и ремонта рельсового пути, уменьшению сопротивления движению локомотивного транспорта, повышению его производительности и безопасности эксплуатации.

#### Список литературы

1. Гарг, В.К. Динамика подвижного состава [Текст] / В.К. Гарг, Р.В. Дуккипати. – М.: Транспорт, 1988. – 391 с.
2. Пат 48193 Україна на корисну модель, МПК E21F 13/00, E01B 35/04. Спосіб визначення повздовжнього уклону шахтної рейкової колії [Текст]: О.В. Денищенко, М.Я. Біліченко; заявник і патентовласник – Національний гірничий університет. Заявл. 14.09.2009., опубл. 10.03.2010., бюл. № 8. – 2с.
3. Пат 72560 Україна на корисну модель, МПК E21F 13/00, E01B 35/00. Спосіб визначення профілю шахтного рейкового шляху [Текст]: О.В. Денищенко; заявник і патентовласник – Національний гірничий університет. Заявл. 16.01.2012., опубл. 27.08.2012., бюл. № 16. – 2с.
4. Якоби, Х. Мероприятия по улучшению перевозки людей в шахте [Текст] / Х. Якоби // Глюкауф. – 1982. – № 11. – С. 10-14.
5. Пат 61983 Україна на корисну модель, МПК E01B 35/00. Пристрій для контролю ширини колії шахтного рейкового шляху [Текст] О.В. Денищенко, В.О. Расцветаев, О.О. Юрченко, В.В. Новосельцев; заявник і патентовласник – Національний гірничий університет. Заявл. 27.12.2010; опубл. 10.08.11.; бюл. № 15. – 2с.
6. Пат 664127 Україна на корисну модель, МПК E01B 35/00. Пристрій для контролю рівня ниток шахтного рейкового шляху [Текст] О.В. Денищенко, В.В. Новосельцев, С.О. Шипунов; заявник і патентовласник – Національний гірничий університет. Заявл. 22.04.2011 опубл. 25.10.11.; бюл. № 20. – 2с.
7. Пат 67179 Україна на корисну модель, МПК E01B 35/00. Пристрій для визначення нахилу шахтного рейкового шляху [Текст] О.В. Денищенко, О.О. Юрченко, В.В. Новосельцев; заявник і патентовласник – Національний гірничий університет. Заявл. 14.06.2011 опубл. 10.02.12.; бюл. № 3. – 3с.

*Рекомендовано до публікації д.т.н. Самусею В.І.  
Надійшла до редакції 30.10.2012*