

2. Чебан В.Г. Практический расчет фильтроэлемента с грушеобразным профилем фильтрующей поверхности очистителя маловязких жидкостей // Сборник научных трудов ДонГТУ. Вып. 31. – Алчевск:ДонГТУ, 2010. – С.115-126.

3. Пат. 64598 Україна, МПК6 B01D37/00. Спосіб очищення рідин від механічних домішок у потоці / Бондаренко В.П.; заявник і патентовласник Бондаренко В.П. – №2003076535; заявл. 14.07.03; опубл. 15.07.05. Бюл. № 7.

4. Поляков Ю. С. Ультра- и микрофльтрация в полволоконных аппаратах с образованием осадка на поверхности мембран : дис. ... канд. техн. наук : 05.17.08 : / Поляков Юрий Сергеевич.-К., 2005.- 150 с.

5. Ripperger S., Altmann J. Crossflow Microfiltration – State of the Art // Separation and Purification Technol., 2002, V. 26, No. 1, P. 19–31.

6. Bowen W. R., Jenner F. Theoretical descriptions of membrane filtration of colloids and fine particles: an assessment and review // Adv. Colloid Interface Sci., 1995, V. 56, P.141–200.

7. Сборник задач по машиностроительной гидравлике : Учебное пособие для вузов по машиностроительным специальностям / Ред. И. И. Куколевский, Л. Г. Подвидз. – 4-е изд., перераб. – М. : Машиностроение, 1981. – 464 с.

8. Дытнерский Ю.И. Обратный осмос и УФ / Ю.И. Дытнерский. – 1978. - 328с.

УДК 629.4.027:622.62

## ВЛИЯНИЕ КОНСТРУКЦИИ ХОДОВОЙ ЧАСТИ И ПРИВОДА ШАХТНОГО РЕЛЬСОВОГО ТРАНСПОРТА НА ИЗНОС ПАРЫ КОЛЕСО-РЕЛЬС

**К.А. Зиборов**, кандидат технических наук, заведующий кафедры основ конструирования механизмов и машин

Государственное высшее учебное заведение «Национальный горный университет», Днепропетровск, Украина, e-mail: [ziborov@nmu.org.ua](mailto:ziborov@nmu.org.ua)

**С.А. Федоряченко**, аспирант

Государственное высшее учебное заведение «Национальный горный университет», Днепропетровск, Украина, e-mail: [serg.fedoryachenko@gmail.com](mailto:serg.fedoryachenko@gmail.com)

**Г.К. Ванжа**, кандидат технических наук, доцент кафедры основ конструирования механизмов и машин

Государственное высшее учебное заведение «Национальный горный университет», Днепропетровск, Украина

**Аннотация.** Описаны результаты исследования износа пары колесо-рельс в зависимости от конструкции ходовой части и трансмиссии. Отмечено влияние работы сил трения на износ пары колесо-рельс в условиях шахты.

*Ключевые слова:* динамика, шахтная вагонетка, безопасность движения, рельсовый путь.

## INFLUENCE OF CHASSIS AND TRANSMISSION DESIGN OF MINING RAIL

---

**TRANSPORT ON WHEEL-RAIL WEAR**

**K.A. Ziborov**, Ph.D., Associate Professor, Head of Machinery Design Bases Department  
State Higher Educational Institution "National Mining University", Dnepropetrovsk, Ukraine,  
e-mail: [ziborov@nmu.org.ua](mailto:ziborov@nmu.org.ua)

**S.A. Fedoriachenko**, Postgraduate  
State Higher Educational Institution "National Mining University", Dnepropetrovsk, Ukraine,  
e-mail: [serg.fedoryachenko@gmail.com](mailto:serg.fedoryachenko@gmail.com)

**G.K. Vanga**, Ph.D., Associate Professor, Machinery Design Bases Department  
State Higher Educational Institution "National Mining University", Dnepropetrovsk, Ukraine

**Abstract.** Described the results of wheel-rail wear research depends on design scheme of a chassis and transmission. Denoted influence of friction force on wheel-rail wear in mining conditions.

*Keywords: dynamics, mining wagon, safety factor, additional movability, rail track.*

**Введение.** Качение колес шахтного рельсового транспорта по рельсу, несмотря на кажущуюся простоту, является сложным динамическим процессом. несовершенство характеристик материалов бандажа и рельса, постоянное изменение условий движения, действие многочисленных случайных факторов чрезвычайно затрудняют анализ процесса качения и действующих при этом сил сцепления. Поэтому истинная картина возникновения и реализации силы сцепления остается одной из основных, нерешенных полностью задач.

Проблема недостаточного использования фрикционных свойств выходных звеньев подвижного состава и рельсов шахтного и рудничного рельсового транспорта приводит к неоправданным энергетическим потерям, снижению его эксплуатационных характеристик. Результаты эксплуатации железнодорожного транспорта показывают, что на преодоление трения теряется до 30% всей потребляемой энергии, а потери материалов фрикционной пары колесо - рельс вследствие износа составляют до 15% производимого металла [1, 2]. С целью снижения интенсивности изнашивания до приемлемых значений проводится ряд мер технического и организационно-технологического характера [3] (лубликация, совершенствование геометрии профиля поверхности катания колесных пар и рельсов, повышение качества их металла и т.д.). К сожалению ни одно из этих мероприятий в полном объеме проблемы не решило.

**Материал исследования.** Существующие на сегодняшний день тенденции развития шахтного рельсового транспорта свидетельствуют о разработке и активном внедрении новых технических решений и вариантов

компоновки отдельных узлов и машины в целом. Однако применение новых технических решений без научного обоснования приводит к затруднениям при эксплуатации шахтных транспортных средств (недостаточная вписываемость в криволинейные участки, увеличенные энергозатраты, низкие показатели безопасности по устойчивости при движении на знакопеременном профиле пути и т.д.). Для устранения этих недостатков необходимо установить степень влияния конструктивных, компоновочных параметров на динамические характеристики шахтного рельсового транспорта, снижение износа и увеличение долговечности пар трения.

Возможные границы наиболее важных эксплуатационных показателей транспортных средств, которые определяют конкурентоспособность и экономическую эффективность работы систем подземного транспорта, - масса перевозимого груза и скорость движения локомотивной откатки, - при прочих равных условиях определяются тяговой способностью локомотива и динамическими характеристиками шахтных вагонеток.

В реальных условиях работа локомотива характеризуется большой цикличностью, обуславливающей высокую долю переходных процессов, в течение которых изменяются не только величины нормальной нагрузки на колеса, особенно при подергивании и галопировании, но и значения коэффициента сцепления. Кроме этого, работа рельсового транспорта в переходных режимах характеризуется боксованием или юзом. Наличие указанных явлений вызывает повышенный износ поверхностей взаимодействия фрикционных пар особенно на переходных участках пути и расход потребляемой мощности.

Механизм износа по данным ряда авторов [1, 4] состоит из смятия металла, сопровождающегося пластической деформацией поверхностного слоя колеса при его качении от воздействия рельса, и истирания колеса при его проскальзывании по рельсу.

Принято считать, что износ истиранием при проскальзывании колеса локомотива доминирует над смятием при его качении и определяется продольными составляющими сил упругого скольжения (крипа) и трения по поверхности катания, являющимися переменными, за счет непрерывно изменяющихся форм контакта различно изношенных колес и рельсов и за счет состояния этих поверхностей.

В результате взаимодействия с окружающей средой поверхности трущихся твердых тел (колесо-рельс) могут быть покрыты различными пленками, которые образуются вследствие окислительного процесса. В процессе взаимодействия (истирания поверхностей) окисный слой может механически разрушаться, освобождая область с чистой поверхностью металла. Однако под действием окружающей среды чистые поверхности

опять достаточно быстро покрываются новым слоем окислов. Наличие поверхностных пленок снижает силу трения.

Поверхностное загрязнение в зависимости от уровня влажности приобретает свойства коллоидного раствора типа пасты или приближается к свойствам, близким жидкостям, поэтому можно предположить о наличии гидроабразивной природы изнашивания взаимодействующих поверхностей. Однако в условиях частого срыва сцепления и последующего разрушения граничной пленки гидроабразивное изнашивание может переходить в чисто абразивное изнашивание, зона которого будет определяться площадью кратковременного контакта поверхностей с учетом деформации. Абразивное и гидроабразивное изнашивание существенно дополняется усталостным изнашиванием поверхностных слоев, которое является следствием высоких контактных напряжений. Все эти факторы не позволяют получить аналитическую зависимость для оценки износа пары колесо-рельс.

Для приводных колес шахтного локомотива стандартный профиль бандажей сохраняет свое очертание и определяется дорожкой катания. В дальнейшем он прирабатывается, приобретая профиль головки рельса, называемый «прокатом». Для выходных звеньев шахтной вагонетки область контакта более неравномерно распределена по профилю колеса, так как более зависима от параметров нагружения (полная или порожняя) и определяется меньшими размерами самих колес.

Когда управление положением колесной пары в колее не может обеспечиваться с помощью сил крипа, возникает гребневой контакт, и появляются боковые силы на гребне, предохраняющие колесную пару от схода (рис. 1). С силами на гребне связаны и составляющие сил трения, которые могут приводить к снижению нагрузки в зоне контакта, способствующему вползанию колеса на рельс и последующему сходу, особенно на криволинейных участках пути малого радиуса.

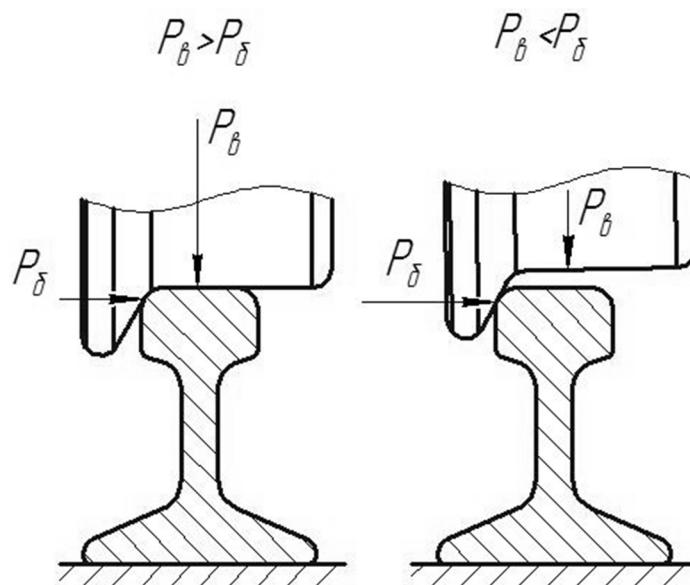


Рис. 1. Схема вползания колеса:

 $P_δ$  – нормальная нагрузка на колесо, Н; $P_δ$  – направляющая сила на колесе, Н

Указанные силы, в свою очередь, зависят от конструктивно-компоновочной схемы колесной пары и характеристик упруго-диссипативных связей между ее звеньями [2, 7, 9].

По мере износа колеса и рельса изменяются характеристики движения вагонетки – возрастает сопротивление движению, возникают дополнительные силовые возмущения. Дополнительная динамическая компонента, связанная с неровностями пути приводит к росту поперечной нагрузки на набегающем колесе, прижатию реборды к рельсу на закруглениях и снижению устойчивости, риску перекатывания колеса через рельс.

Один из способов снижения сопротивления движению – смазывание рабочих поверхностей распылением смазывающего вещества на боковую поверхность рельса для шахтных условий неприемлем, так как наносимый на рельс слой смазки играет роль связующего абразив, что только ухудшает условия взаимодействия и эксплуатационные свойства фрикционной пары.

Поэтому повысить устойчивость к вползанию колеса на рельс, а значит и безопасность эксплуатации вагонетки можно применением самоустанавливающейся конструкции колесной пары с дополнительной кинематической подвижностью набегающего колеса [9].

Определить численную величину каждой составляющей возможно путём совместного решения уравнения работы сил трения на колесе и уравнений движения для каждой компоновочной схемы привода шахтного локомотива и конструктивной особенности колесной пары, как локомотива, так и вагонетки, используя для этого пакет прикладных программ.

Результаты решения представлены графическими зависимостями работы сил трения и относительного скольжения во времени (см. рис. 6). Анализ результатов показывает, что площадь, заключённая между кривыми 1 и 2, представляет собой ту (вторую) часть работы сил трения, которая расходуется на трение скольжения (чистый износ).

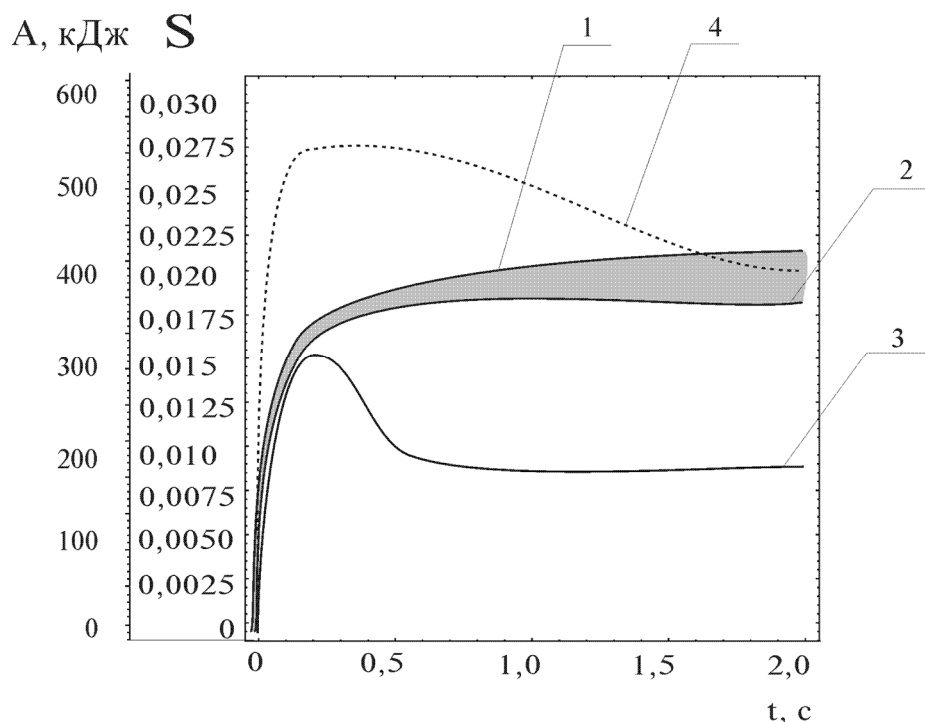


Рис. 6. Зависимость работы сил трения и относительного скольжения во времени:

1, 2 – работа сил трения колёсной пары локомотива, соответственно рамной и модульной компоновки;

3, 4 – относительное скольжение колёсной пары локомотива, соответственно рамной и модульной компоновки

Суммарную работу сил трения, в общем случае, представим состоящей из двух составляющих: одна из них, большая часть работы, расходуется (полезно) на создание касательной силы сцепления (для локомотива) или на перемещение (для вагонетки); другая, меньшая часть, расходуется (бесполезно) на скольжение колеса по поверхности рельса, что в конечном итоге, предопределяет износ бандажей колёсных пар и рельсов.

**Выводы.** Изменение скольжения в переходные периоды движения (особенность рабочего процесса шахтного рельсового транспорта) характеризуется существенным ростом работы сил трения между колесом и рельсом. В периоды установившегося движения, когда скольжение принимает минимальную постоянную величину, работа сил трения изменяется незначительно. Компоновочная схема (рамная или модульная) и кон-



структивное решение колесной пары влияют как на характеристику износа, так и на динамические качества шахтных транспортных средств.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Исаев И.П. Проблемы сцепления колес локомотива с рельсами [Текст] / И.П. Исаев, Ю.М. Лужнов. – М.: Машиностроение. - 1985. – 238 с.
2. Вериго М.Ф., Коган А.Я. Взаимодействие пути и подвижного состава / Под ред. М.Ф. Вериго – М.: Транспорт, 1986. – 559 с.
3. Шур Е.А., Бычкова Н.Я., Марков Д.П., Кузьмин Н.Н. Износостойкость рельсовых и колесных сталей // Трение и износ. Том 16. – 1995. №1. С. 80 – 91.
4. Крагельский И. В. / Основы расчётов на трение и износ [Текст]. И. В. Крагельский, М.Н. Добычин, В.С. Комбалов - М.: Машиностроение, 1977. – 526 с.
5. Ренгевич А.А. Коэффициент сцепления шахтных электровозов / А.А. Ренгевич // Вопросы рудничного транспорта. Под общ. ред. Н.С.Полякова. – М.: Госгортехиздат, 1961. – Вып. 5. – С.227-247.
6. Зиборов К.А./ Условия образования и реализации силы сцепления рабочих поверхностей контактирующей пары «колесо-рельс» // К.А.Зиборов, И.А.Таран Науковий вісник НГУ, №6, 2006, С. 62-64
7. Зиборов К.А., Дерюгин О.В.,Мацюк И.Н. / К вопросу износа бандажей колесных пар шахтных локомотивов при различных компоновочных схемах привода.// Разработка рудных месторождений. г. Кривой Рог, Науч.-техн.сб.-2008, вып.92, стр.137-140
8. Дерюгин О.В. Обоснование рациональных параметров упруго-диссипативных связей системы подвешивания шахтного локомотива : дис. ... канд. техн. наук : спец. 05.05.06 «Горные машины» / О.В. Дерюгин. – Д., 2000. – 173 с.
9. Процив В.В., Зиборов К.А., Федоряченко С.А. / О формировании кинематических и динамических параметров выходных звеньев шахтных транспортных средств в переходном режиме движения. // Науковий вісник НГУ, №4(136), 2013, С. 64-70

УДК 621.926.22

### ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ДВИЖЕНИЯ КОРПУСА ВИБРАЦИОННОЙ ЩЕКОВОЙ ДРОБИЛКИ С НАКЛОННОЙ КАМЕРОЙ ДРОБЛЕНИЯ

**Е.В. Федоскина**, ассистент кафедры основ конструирования механизмов и машин  
Государственное высшее учебное заведение «Национальный горный университет»,  
г. Днепропетровск. Украина

**Аннотация.** На лабораторном образце дробилки получены осциллограммы, показывающие качественную картину колебательного движения корпуса.

*Ключевые слова:* вибрационная щековая дробилка, амплитуда, зона дробления.

### THE PILOT STUDIES OF THE CASING MOVEMENT OF THE VIBRATIONAL CHEEK CRUSHER WITH THE OBLIQUE CAMERA OF CRUSHING