

УДК 622.6:629

ВЛИЯНИЕ РЕЖИМНЫХ ПАРАМЕТРОВ КОНТАКТИРУЮЩИХ ТЕЛ НА КОЭФФИЦИЕНТ СЦЕПЛЕНИЯ

К.А. Зиборов

кандидат технических наук, заведующий кафедрой основ конструирования механизмов и машин, Государственное высшее учебное заведение «Национальный горный университет», г. Днепр, Украина, e-mail: Ziborov@nmu.org.ua

Аннотация. В работе устанавливается функциональная связь силового и кинематического параметров при реализации колесом рельсового транспортного средства касательной реакции для случая нестационарного прямолинейного движения.

Ключевые слова: рельсовый транспорт, нестационарное движение, коэффициент сцепления, задача динамики.

THE INFLUENCE OF THE CONTACTING BODIES OPERATIONAL PARAMETERS ON THE COEFFICIENT OF ADHESION

Kirill Ziborov

Ph.D., The Head of Machinery Design Fundamentals Department, National Mining University, Dnepr, Ukraine, e-mail: Ziborov@nmu.org.ua

Abstract. The functional connection of the power and kinematic parameters is established when the wheel of the rail vehicle is implemented by the tangential reaction for the case of non-stationary rectilinear motion.

Keywords: rail transport, nonstationary motion, adhesion coefficient, the problem of dynamics.

Введение. Задачи, заключающиеся в исследовании условий образования контакта с учетом свойств и форм этих поверхностей, весьма сложны и корректность получаемых результатов зависит, в том числе, от особенностей эксплуатации средств рельсового транспорта. Так для магистральных локомотивов это высокие скорости, значительные инерционные характеристики, широкий диапазон климатических и сезонных условий эксплуатации, различные по своим свойствам верхнее и нижнее строения пути и т.д. [1, 2, 3, 4]. В тоже время для шахтных условий при определении тягово-тормозных характеристик необходимо также учитывать различие в диаметрах колес колесной пары, износ поверхностей катания рельсов и бандажей колес,

уширения колеи, плохое состояние стыков и стрелочных переводов, локальные прогибы рельсовых нитей и наклон рельсов, которые в подземных условиях определяются технологией проведения горных выработок и свойствами вмещающих пород [5, 6, 7].

Цель работы. Установление функциональной связи силового и кинематического параметров при реализации колесом рельсового транспортного средства касательной реакции для случая нестационарного прямолинейного движения.

Материалы исследований. Действие внешних сил на звенья фрикционной пары колесо–рельс приводит к возникновению в точках их объема напряжений и деформаций. И тогда, при каждом обороте колеса на опорной площадке его на рельсе возникают под действием этих сил и внутренней энергии материала упругие и пластические деформации.

Коэффициентом сцепления в тяговых расчетах принято называть отношение тягового усилия, приложенного по касательной к контактирующей поверхности, к силе нормального давления на эту поверхность:

$$f = \frac{Q_{xy}}{Q_z} = \frac{\tau}{p} \leq \mu_0 \quad (1)$$

где τ – сдвигающие напряжения, возникающие на площадке контакта; μ_0 – коэффициент, учитывающий свойства материалов контактирующих тел (без учета влияния окружающей среды).

Колесо, движущееся по рельсу, может находиться в свободном ($Q_{xy}=0$), тормозном ($Q_{xy}<0$) или тяговом ($Q_{xy}>0$) режимах.

Как следует из выражения (1), при $\tau=0$ коэффициент сцепления также равен нулю. По мере увеличения сдвиговой нагрузки коэффициент сцепления увеличивается. Относительный сдвиг поверхностей контактирующих тел при приложении τ происходит за счет упругой деформации выступов шероховатости [8, 9].

Проведенный анализ предложенных аналитических зависимостей и результатов экспериментальных исследований для коэффициента сцепления как функции скорости относительного скольжения поверхностей v_1, v_2 показывает [9, 10], что для рассматриваемого случая функция зависимости сдвиговых нагрузок от относительной скорости имеет вид:

$$\tau = \mu_0 p \cdot \frac{\alpha v}{\delta v + \beta v + \lambda V} \quad (2)$$

где α, β, δ – коэффициенты, учитывающие состояние поверхности контактирующих тел, продолжительность контакта, способ приложения нагрузки и т.п.; λ – коэффициент, учитывающий упругие характеристики материала,

величину и характер распределения выступов шероховатости контактирующих поверхностей, скоростные характеристики приложения нагрузки.

В общем случае, если рассмотреть подробнее, коэффициенты α и λ будут зависеть от параметров, так или иначе связанных со скоростью перемещения V : фактической площади контакта, температуры в зоне контакта (влияние ее на модуль упругости материалов контактирующих тел) и т.п.

Каждый из коэффициентов несет свою смысловую нагрузку, возможно и несколько коэффициентов одновременно подвержены влиянию одного внешнего параметра. Обозначая также

$$\kappa = \frac{v}{V} \quad (3)$$

получим уравнение, определяющее тяговую способность тел с подвижной точкой контакта в виде:

$$\tau = \mu_0 \alpha p \frac{\kappa}{\delta \kappa^2 V + \beta \kappa + \lambda} \quad (4)$$

Обозначив

$$\chi = \frac{\tau}{\mu_0 \alpha p}$$

получим значение коэффициента формы взаимодействия тел с подвижной точкой контакта:

$$\chi = \frac{\kappa}{\delta \kappa^2 V + \beta \kappa + \lambda} \quad (5)$$

Рассмотрим влияние режимных параметров контактирующих тел на коэффициент формы взаимодействия тел с подвижной точкой контакта (на параметр χ согласно выражению 5). Для начала выберем параметры такими, чтобы максимальное значение коэффициента χ было равно -1 при $\kappa=0.021$ и $V=10$ м/с.

Как видно из рисунка 1, с увеличением скорости движения экипажа V сила тяги будет несколько уменьшаться. Связано это с тем, что меньшее время контактирования точки поверхности колеса с рельсом приводит к снижению времени релаксации и уменьшению фактической площади их контакта. Снижается также и скорость относительного движения, при котором имеет место явление крипа. Т.е. тяговая способность колеса с увеличением скорости движения локомотива уменьшается. Уменьшается также и относительная скорость, при которой наступает максимальная тяговая способность колеса. Это связано как с упруго-наследственными свойствами материалов контактирующих тел, так и с температурными эффектами в зоне контакта, связанными с увеличением скорости прохождения зоны.

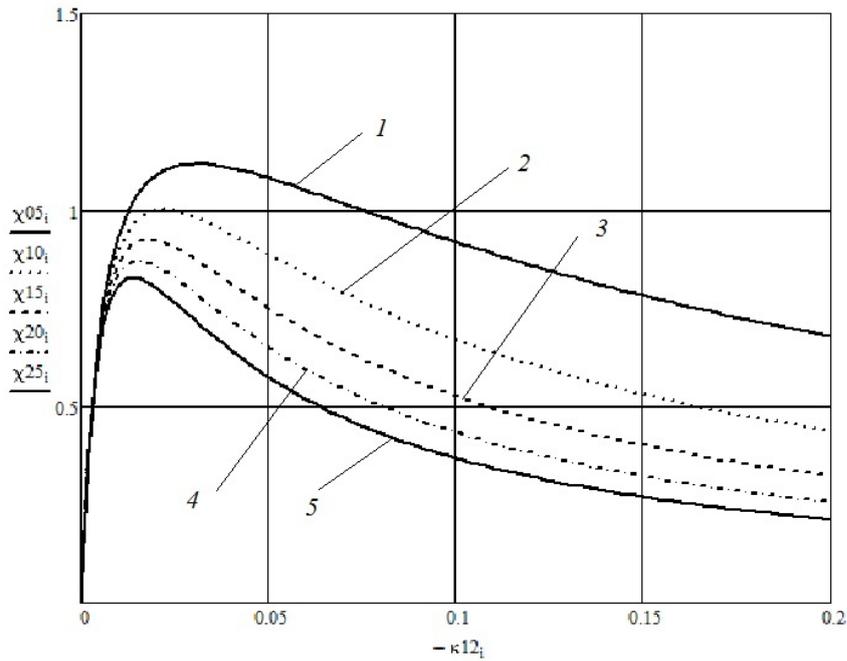


Рис. 1 – Влияние скорости перемещения на тяговую способность контактирующих тел: 1 – $V=5$ м/с; 2 – $V=10$ м/с; 3 – $V=15$ м/с; 4 – $V=20$ м/с; 5 – $V=25$ м/с

При скорости $V=0$ зависимость $f = \frac{\tau}{p} = \frac{\mu_0 \alpha}{\delta V_{12} + \beta}$ будет иметь вид

(рис. 2), т.е. классическую зависимость «коэффициент трения покоя – коэффициент трения скольжения». Коэффициент трения покоя μ_0 , а также коэффициент α зависят от внешних условий: загрязнения поверхности, смазка, температуры поверхностного слоя и т.п.

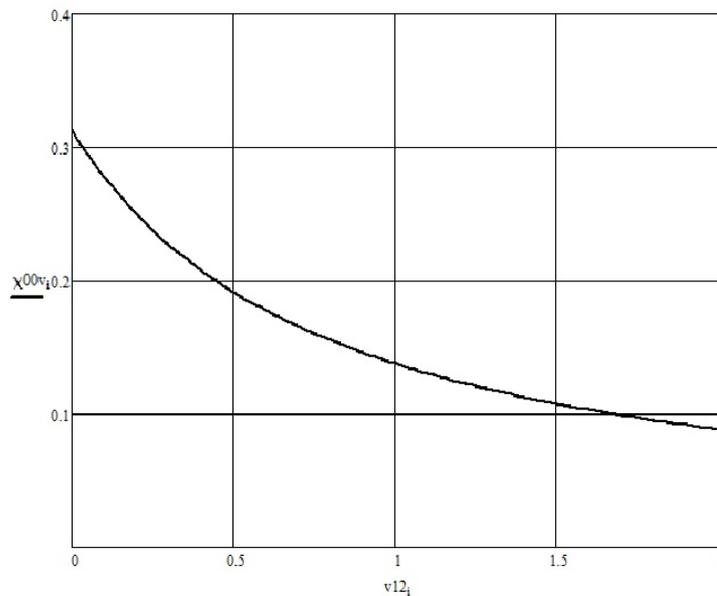


Рис. 2 – Взаимодействие тел при скорости $V=0$

На рис. 3 представлен график зависимости тягового усилия (коэффициента χ) в зависимости от абсолютной скорости движения V и относительной скорости k . Как следует из графика, с увеличением скорости V максимальное значение χ уменьшается, т.е. с увеличением скорости движения локомотива его тяговая способность снижается. Особенно это заметно в области за пределами крипа, т.е. движения локомотива в режиме боксования.

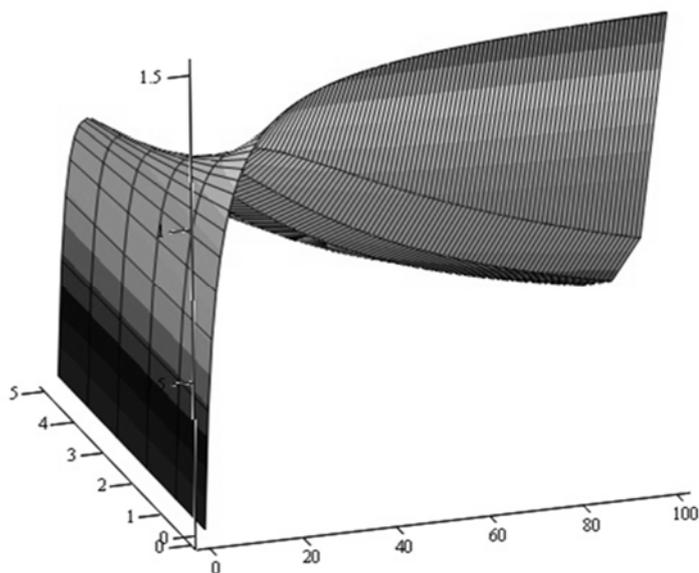


Рис. 3. – Изменение тяговой способности контакта от скорости движения рельсового транспортного средства

Выводы. В работе на основе теоретических исследований параметров движения транспортного средства по рельсовому пути сформулирована математическая модель реализации колесом рельсового транспортного средства касательной реакции при нестационарном прямолинейном движении, устанавливающая функциональную связь силового и кинематического параметров и позволяющая с большей степенью точности прогнозировать эксплуатационные свойства и решать задачи динамики рельсового транспорта.

ЛИТЕРАТУРА

1. Вериго, М.Ф. Взаимодействие пути и подвижного состава / М.Ф. Вериго, А.Я. Коган. – М.: Транспорт, 1986. – 559 с.
2. Garg, V.K. Dynamics of Railway Vehicle Systems / V.K. Garg, R.V. Dukkipati. – New York: Academic Press, 1984. – 407 p.
3. Исаев, И.П. Проблемы сцепления колес локомотива с рельсами / И.П. Исаев, Ю.М. Лужнов – М.: Машиностроение, 1985. – 238 с.

4. Голубенко А.Л. Сцепление колеса с рельсом / А.Л. Голубенко – 2-е изд. доп. и пер. – Луганск: Изд-во ВУГУ, 1999. – 476 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. Ренгевич, А.А. Эффективность торможения поездов рудничными электровозами / А.А. Ренгевич // Вопросы рудничного транспорта. Под общ. ред. Н.С.Полякова. – М.: Госгортехиздат, 1961. – Вып. 5. – С.278–298.
7. Зиборов, К.А. Экспериментальное определение характеристик сцепления шахтного локомотива при кинематических и силовых несовершенствах / К.А. Зиборов, А.А. Сердюк, О.В. Дерюгин // Вибрации в технике и технологиях. – 2000. – №4(16). – С. 60–63.
8. Джонсон, К. Механика контактного взаимодействия / К. Джонсон: Пер. с англ. – М.: Мир, 1989. – 510 с.
9. Минов, Д. К. Повышение тяговых свойств электровозов и тепловозов с электрической передачей. - М.: Транспорт, 1965. – 266 с.
10. Франчук, В.П. Метод определения неупругих сопротивлений при качении колеса по рельсу / В.П. Франчук, К.А. Зиборов // Збірник наукових праць НГУ– 2017. – №50. – С. 72–81.

УДК 656.025

ПРИМЕНЕНИЕ ПРОГРАММНОГО ПРОДУКТА «TRANSITWAND» ДЛЯ СНИЖЕНИЯ ТРУДОЕМКОСТИ ПРОВЕДЕНИЯ И АВТОМАТИЗАЦИИ ОБРАБОТКИ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБСЛЕДОВАНИЯ ПАССАЖИРОПОТОКОВ

В.В. Литвин¹, К.С. Сердюк²

¹старший преподаватель кафедры «Управление на транспорте», Государственное высшее учебное заведение «Национальный горный университет», г. Днепр, Украина, e-mail: piligrimm_2007@mail.ru

²студент третьего курса кафедры «Управление на транспорте», Государственное высшее учебное заведение «Национальный горный университет», г. Днепр, Украина, e-mail: kristi_serdyuk97@mail.ru

Аннотация. В данной статье представлен анализ области применения, преимущества и недостатки наиболее распространенных методов обследования пассажиропотоков. Рассмотрены основные этапы работы с программным продуктом «TransitWand», который позволяет существенно уменьшить трудоемкость проведения обследования пассажиропотоков в городских условиях, а также автоматизировать процесс обработки его результатов.

Ключевые слова: методы обследования пассажиропотоков, программный продукт «TransitWand», технико-эксплуатационные показатели перевозочного процесса, подвижность населения, транспортная сеть, городской автобусный маршрут.