

ИССЛЕДОВАНИЕ СОПРОТИВЛЕНИЯ КАЧЕНИЯ ШИН КАРЬЕРНЫХ САМОСВАЛОВ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ЦИКЛОВ ТРАНСПОРТНЫХ РАБОТ

М. В. Гашеев

Научный руководитель – Н. Н. Пуляев

ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева», г. Москва, Российская Федерация

***Аннотация.** В статье приведен анализ продолжительности цикла системы транспортировки самосвалов на угольной шахте, а именно рассматривается возможность минимизации продолжительности цикла транспортной системы, а также факторы, влияющие на скорость карьерного самосвала. В текущем исследовании дорога для карьерных самосвалов разделена на пять участков: наклонная дорога, пандус, наземная дорога, самосвальная дорога в гору и самосвальная дорога.*

***Ключевые слова:** самосвал; транспортные циклы; условия транспортировки; оптимизация маршрутов.*

RESEARCH OF ROLLING RESISTANCE OF TIRES OF DUMP TRUCKS DEPENDING ON TRANSPORTATION CYCLES

M. V. Gasheev

Scientific advisor – N. N. Pulyaev

Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russian Federation

***Abstract.** The paper analyzes the cycle time of dump truck transportation system in coal mine, namely, the possibility of minimizing the cycle time of transportation system is considered, and the factors affecting the speed of mine dump truck are also considered. In the current study, the quarry dump truck road is divided into five sections: inclined road, ramp, surface road, uphill dump truck road and dump road.*

***Keywords:** dump truck; transportation cycles; transportation conditions; route optimization*

Добыча полезных ископаемых является одной из дорогостоящих и сложных отраслей промышленности [1]. В частности,

транспортные расходы составляют от 50 до 60 процентов от общих инвестиционных затрат и 70 процентов от эксплуатационных расходов. При открытой добыче полезных ископаемых перевозка сырья считается одной из наиболее сложных задач, при этом транспортировка грузовым автомобилем представляет собой наиболее влиятельный фактор затрат на добычу полезных ископаемых [2]. Чем глубже карьер, тем длиннее требуется карьерная дорога; это приводит к более высоким транспортным затратам. Соответственно, для снижения транспортных расходов необходимо изучить потенциальные стратегии увеличения продолжительности цикла карьерных самосвалов.

Тип дорожного покрытия и уклон дороги оказывают большое влияние на скорость карьерного самосвала. Если скорость карьерного самосвала определена точно, объем добычи, а также необходимое количество самосвалов будут рассчитаны правильно. Скорость карьерного самосвала можно регулировать, оптимизируя состояние каждого участка дороги. Изучение влияния карьерных самосвалов на режим движения может помочь нам определить, какие детали требуют наибольших затрат и какие стратегии следует реализовать для снижения затрат.

Продолжительность цикла определяется как время, необходимое любому оборудованию для завершения одного цикла работы. Для самосвала время цикла включает время на погрузку, поездку к месту отвала, маневрирование, выгрузку и возвращение к месту погрузки, также включая предсказуемые задержки и непредсказуемое время ожидания [2].

Анализ продолжительности цикла был проведен, начиная с определения видов деятельности, для чего было определено и зарегистрировано время цикла семи видов деятельности. В соответствии с исследованиями в работе [3], общее время цикла для самосвала было определено в соответствии с уравнением:

$$T_{ц} = t_{з} + t_{м} + t_{ноз} + t_{мцз} + t_{выз} + t_{пр} + t_{мсп} \quad (1)$$

где $t_{з}$ – время ожидания в очереди у экскаватора, $t_{м}$ – время определения местоположения, $t_{ноз}$ – время погрузки, $t_{мцз}$ – время полной транспортировки, $t_{выз}$ – время выгрузки, $t_{пр}$ – время простоя и $t_{мсп}$ – время транспортировки порожняком.

Дорожные условия влияют на технические и экономические показатели карьерных самосвалов. Дорога карьера классифицируется по своему характеру. Соответствующие характеристики включают:

- конструкция: с твердым и грунтовым покрытием;
- направление движения: одна полоса, две или более полос движения;
- использование времени: постоянное и временное;
- местоположение: наклонная дорога, пандус, покрытие, самосвальная дорога.

Сопротивление качению определяется как усилие, необходимое для поддержания транспортного средства на постоянной скорости, и зависит не только от полной массы транспортного средства и ходовых характеристик, но также от типа и состояния шин и дорожного покрытия, на котором эксплуатируется транспортное средство [4]. Характеристики дорожного покрытия выражаются в виде коэффициента сопротивления качению.

Эмпирические оценки сопротивления качению основаны на проникновении шин, и оказывается, что увеличение сопротивления качению на 0,6 процента на сантиметр проникновения шин в дорогу обычно приводит к минимальному сопротивлению на 1,5...2 процента.

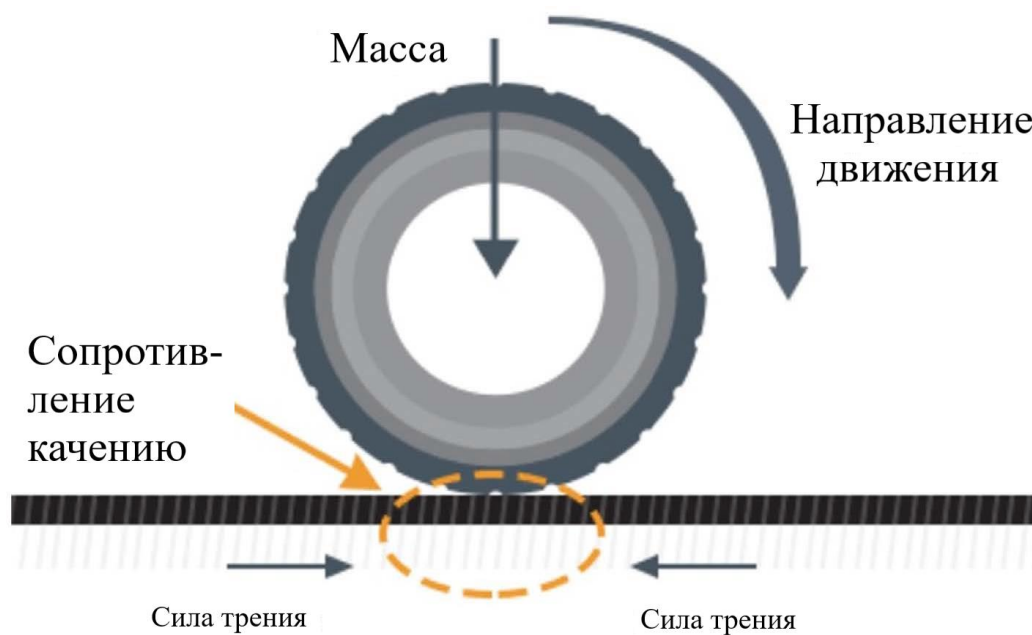


Рисунок – Сопротивление качению

Согласно Г. Н. Кутькову [5], среднее значение сопротивления качению дороги в направлении грузового участка j определяется следующим образом:

$$W_{ij} = \frac{l_1 \cdot w_1 + l_2 \cdot w_2 + \dots + l_n \cdot w_n}{l_1 + l_2 + \dots + l_n} = \frac{\sum_{i=1}^n l_i \cdot w_i}{\sum_{i=1}^n l_i}, H / \kappa H \quad (2)$$

Рисунок показывает, что сопротивление качению карьерной дороги зависит от дорожных условий. Расчеты сопротивления качению классифицированы, как показано в таблице.

Таблица – Расчет сопротивления качению для карьерной дороги

Сопротивление качению (%)	Состояние дорожного покрытия (построено из несвязанных гравийных материалов)
2	Прочные слои покрытия и твердая, уплотненная, хорошо построенная и ухоженная дорога, не заметны пробои / прогибы шин
2...3	Слоистые конструкции средней прочности, уплотненная, хорошо построенная и часто обслуживаемая дорога с минимальным (< 25 мм) пробиванием / прогибом шин
3...5	Слабые слои или наплавочный материал, пробитие / прогиб шин 25...50 мм, колеи и плохое обслуживание
5...8	Слабые слои или наплавочный материал, прокол шин 50...100 мм, колеи и плохое обслуживание

Математические модели, разработанные в ходе текущего исследования, могут быть использованы для будущего планирования карьерных работ, ключевыми факторами которого обычно являются тип дорожного покрытия, уклон дороги и продолжительность цикла.

В частности, уравнения, полученные с помощью регрессионного анализа, четко определяют, какие участки дороги существенно влияют на скорость грузовиков, а также будут учитываться при ресурсе самосвальных крупногабаритных шин.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Дидманидзе, Р. Н. Алгоритм рационального использования транспортных средств в производственном процессе / Р. Н. Дидманидзе, А. С. Гузалов // Международный технико-экономический журнал. – 2019. – № 5. – С. 77-84.

2. Дидманидзе, Р. Н. Выбор типов подвижного состава для перевозки сельскохозяйственных грузов с учетом эксплуатационных факторов / Р. Н. Дидманидзе, А. С. Гузалов // Чтения академика В.Н. Болтинского : семинар : сборник статей, Москва, 22-24 января 2020 года. – М. : Общество с ограниченной ответственностью «Мегаполис», 2020. – С. 259-265.
3. Liu, G. W. Optimizing Open-Pit Truck Route Based on Minimization of Time-Varying Transport Energy Consumption / G. W. Liu, S. L. Chai // Mathematical Problems in Engineering. – 2019.
4. Manyele, S.V. (2017) Analysis of Waste-Rock Transportation Process Performance in an Open-Pit Mine Based on Statistical Analysis of Cycle Times Data / S. V. Manyele // Engineering. – 2017. – № 9. – P. 649-679.
5. Кутьков, Г. Н. Тракторы и автомобили. Теория и технологические свойства / Г. Н. Кутьков. – М. : ИНФА-М, 2014. – 506 с.
6. Эксплуатация, ремонт, хранение и утилизация шин автотранспортных средств / Е. А. Пучин, В. М. Корнеев, М. Ю. Конкин [и др.]. – М. : ООО «Издательство «Триада», 2005. – 117 с.
7. Дидманидзе, О. Н. Основы работоспособности и надежность технических систем / О. Н. Дидманидзе, Е. П. Парлюк, Н. Н. Пуляев. – М.: Учебно-методический центр «Триада», 2020. – 232 с.

Об авторах:

Гашеев Максим Васильевич, магистрант, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, д. 49).

Научный руководитель – Пуляев Николай Николаевич, доцент кафедры тракторов и автомобилей ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева» (127434, Российская Федерация, Москва, ул. Тимирязевская, д. 49), кандидат технических наук, доцент, inpo.msau@gmail.com.

About the authors:

Maksim V. Gasheev, master's student, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49).

Scientific advisor – Nikolay N. Pulyaev, associate professor, Department of Tractors and Cars, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (127434, Russian Federation, Moscow, Timiryazevskaya St., 49), Cand.Sc. (Engineering), associate professor, inpo.msau@gmail.com.