

**В.М. Шарипов, С.В. Горюнов****ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ДОЛГОВЕЧНОСТИ  
ПНЕВМАТИЧЕСКИХ ШИН  
КАРЬЕРНЫХ АВТОСАМОСВАЛОВ**

*Анализ разработанной функциональной модели, проведенный на основе методологии структурного анализа SADT (Structured Analysis & Design Technique), позволил сделать заключение о необходимости рассмотрения долговечности пневматических шин по естественному износу протектора. Рассмотрена возможность прогнозирования долговечности пневматических шин карьерных автосамосвалов по износу протектора с использованием мощностного подхода для реальных условий эксплуатации.*

*Ключевые слова: пневматические шины, долговечность, ресурс, карьерные автосамосвалы, функциональная модель.*

**Р**азвитие открытого способа добычи полезных ископаемых в настоящее время идет по пути роста производственной мощности предприятий, увеличения коэффициента вскрыши, объемов работ по экскавации, продвижения открытых разработок в отдаленные районы с суровым климатом. Удельный вес добычи угля открытым способом в стране сейчас составляет около 42%, а в Сибирском и Дальневосточном федеральных округах уже превышает 50% и, как показывает статистика, продолжает расти.

Ведущее место в горнодобывающей промышленности занимает открытый способ добычи полезных ископаемых как наиболее производительный, экономичный и безопасный, причем в ближайшей перспективе он сохранит свое доминирующее положение. Резервы снижения себестоимости добычи, повышения производительности работы автосамосвалов заключаются в наиболее полной реализации и прогнозировании долговечности пневматических шин карьерных автосамосвалов. Эксплуатационные затраты на крупногабаритные шины составляют 25–30% и более от суммы расходов на транспортирование горной массы

автосамосвалами, поэтому выявление факторов влияющих на работоспособность шин и прогнозирование долговечности пневматических шин имеет важное значение для сокращения затрат предприятия.

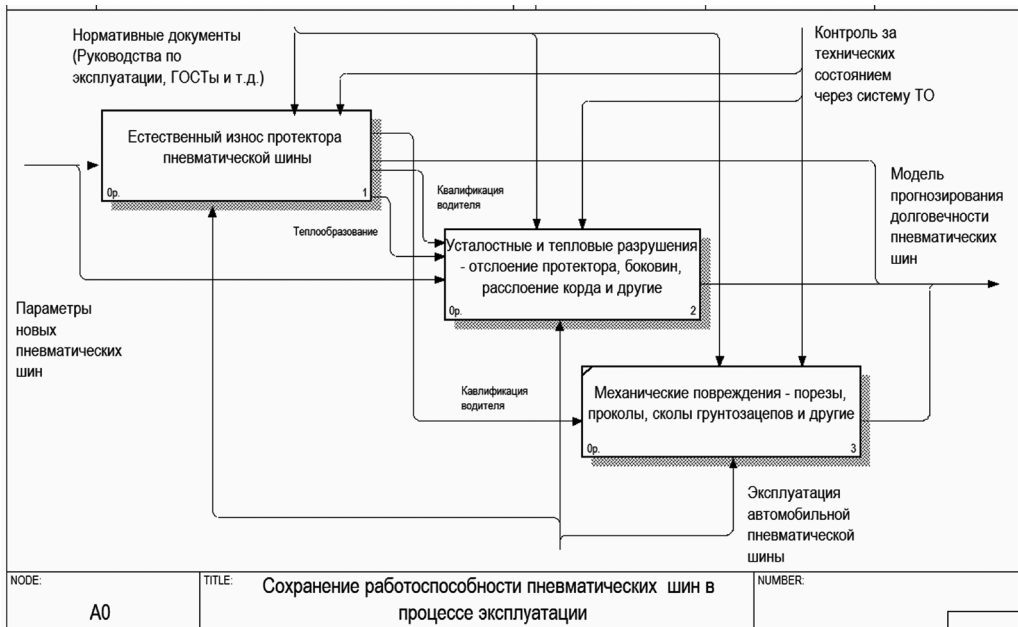
Проведенный анализ разработанной функциональной модели [1], на основе методологии структурного анализа SADT (Structured Analysis & Design Technique), позволил сделать заключение что, необходимо рассматривать долговечность пневматических шин по естественному износу протектора. Остальные факторы отказа пневматических шин, как правило, сложно спрогнозировать и они носят вероятностный характер, либо являются нарушением действующих правил эксплуатации (рисунок).

Естественный износ протектора можно определить по зависимости [2, 3]:

$$I = \alpha A,$$

где  $I$  – величина износа шины, мм;  $\alpha$  – износ материала, отнесенный к единице работы трения, мм/Н м;  $A$  – работа трения за заданный период эксплуатации автосамосвала, Н м.

Величину  $\alpha$  можно определить как отношение высоты износа рисунка про-



**Декомпозиция по основным подфункциям**

тектора шины к работе трения за заданный период эксплуатации автосамосвала.

Работа трения выражается следующей зависимостью:

$$A = P_{тр} S,$$

где  $P_{тр}$  – сила трения, Н;  $S$  – путь трения, м.

Силы трения можно определить при помощи мощностного подхода, который заключается в определении мощности, затрачиваемой на качение колеса (мощности потерь). Мощность потерь на качение колеса определяется как разность между подводимой к нему ( $N_{под}$ ) и отводимой от него ( $N_{отв}$ ) мощностями.

$$N_{\pi} = N_{под} - N_{отв} = M_k \omega - P_k V_a,$$

где  $M_k$  – момент, подводимый к колесу, Нм;  $\omega$  – угловая скорость вращения колеса, рад/с;  $P_k$  – продольная сила приложенная к колесу со стороны автомобиля, Н;  $V_a$  – линейная скорость

движения автомобиля в продольном направлении, м/с.

Работа автомобильной шины в различных условиях эксплуатации сопровождается потерями мощности, которая затрачивается на нагрев шины и работу трения в контакте. Ранее выполненными исследованиями доказано, что чем выше рабочая температура шины и работа трения в контакте, тем короче срок службы шины в эксплуатации [4, 5, 6]. Мощность потерь на качение колеса будет складываться из потери мощности на гистерезис и трение, что хорошо согласуется с разработанной функциональной моделью.

$$N_{\pi} = N_{гист} + N_{тр},$$

где  $N_{гист}$  – мощность расходуемая на гистерезис, Вт;  $N_{тр}$  – мощность расходуемая на трение элементов протектора о дорожное покрытие, Вт.

Введем в выражение коэффициент пропорциональности ( $\beta$ ). В результате получим, что

$$N_{\text{тр}} = \frac{N_{\text{п}}}{1 + \beta}.$$

Силу трения выразим через скорость:

$$P_{\text{тр}} = \frac{N_{\text{тр}}}{V_{\text{а}}} = \frac{N_{\text{п}}}{V_{\text{а}}(1 + \beta)}.$$

Тогда работа трения в контакте шины с опорной

$$A = \frac{N_{\text{п}}}{V_{\text{а}}(1 + \beta)} S.$$

Соответственно износ протектора можно определить по следующей зависимости:

$$I = \alpha \frac{N_{\text{п}}}{V_{\text{а}}(1 + \beta)} S.$$

Мощность отводимая, т.е. отдаваемая шиной автосамосвалу определится как:

$$N_{\text{отв}} = V_{\text{а}} \sqrt{R_{\text{x}}^2 + R_{\text{y}}^2},$$

где  $V_{\text{а}}$  – линейная скорость движения автомобиля в продольном направлении, м/с;  $R_{\text{x}}$  – продольная реакция в контакте шины с дорогой, Н;  $R_{\text{y}}$  – боковая реакция в контакте шины с дорогой, Н.

Тогда износ протектора шины

$$I = \alpha \frac{f \sqrt{R_{\text{x}}^2 + R_{\text{y}}^2}}{(1 - f)(1 + \beta)} S.$$

Силы  $R_{\text{x}}$  и  $R_{\text{y}}$  определяются по известным зависимостям [7, 8, 9].

Краевой задачей экспериментальных исследований будет определение коэффициента пропорциональности ( $\beta$ ) между потерями на гистерезис и трение элементов протектора о дорожное покрытие, а также влияние теплового состояния крупногабаритных шин на их долговечность в условиях эксплуатации Кемеровской области.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Горюнов С.В. Функциональная модель прогнозирования долговечности шин карьерных автосамосвалов // Известия МГТУ «МАМИ». Наземные транспортные средства, энергетические установки и двигатели. – 2013. – т. 1, № 2(16). – С. 149–153.
2. Кнороз В.И., Кленников Е.В. Шины и колеса. – М.: Машиностроение, 1975. – 184 с.
3. Кнороз В.И. Работа автомобильной шины. – М.: Транспорт, 1976. – 85 с.
4. Бродский Г.И., Евстратов В.Ф., Сахновский Н.Л., Слюдилов Н.Л. Истирание резины. – М.: Химия, 1957. – 240 с.
5. Бухин Б.Л. Введение в механику пневматических шин. – М.: Химия, 1988. – 224 с.
6. Горюнов С.В., Шарипов В.М. Прогнозирование эксплуатационной температуры пневматических шин карьерных автосамосвалов // Известия МГТУ «МАМИ». – 2012. – т. 1, № 2(14). – С. 89–92.
7. Фалькевич Б.С. Теория автомобиля. – М.: Машгиз, 1963. – 239 с.
8. Львов Е.Д. Теория трактора. – М.: Машгиз, 1960. – 252 с.
9. Селифонов В.В. Теория автомобиля – М.: ООО «Гринлайт», 2009. – 208 с. **ГИАБ**

## КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

Горюнов Сергей Викторович – зав. кафедрой, e-mail: Barsk-81@yandex.ru, Филиал КузГТУ в г. Прокопьевске,  
Шарипов Валерий Михайлович – доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки РФ, советник ректора, Университет машиностроения, e-mail: trak@mami.ru.

## THE PREDICTION OF DURABILITY OF THE PNEUMATIC TIRE DUMP TRUCKS

Goryunov S.V., Head of Chair, e-mail: Barsk-81@yandex.ru,  
Prokopievsk branch of Kuzbass State Technical University, 653033, Prokopievsk, Russia,  
Sharipov V.M., Doctor of Technical Sciences, Professor,  
Honored Scientist of the Russian Federation, Advisor to the Rector,  
Moscow State University of Mechanical Engineering (MAMI), 107023, Moscow, Russia,  
e-mail: trak@mami.ru.

*The possibility of predicting the durability of the pneumatic tire dump trucks for tread wear using the power approach for real operating conditions.*

*Key words: pneumatic tires, durability, resource, quarry dump, functional model.*

### REFERENCES

1. Goryunov S.V. *Izvestiya MGTU «MAMI». Nazemnye transportnye sredstva, energeticheskie ustanovki i dvigateli*. 2013, vol. 1, no 2(16), pp. 149–153.
2. Knoroz V.I., Klennikov E.V. *Shiny i kolesa* (Tyres and wheels), Moscow, Mashinostroenie, 1975, 184 p.
3. Knoroz V.I. *Rabota avtomobil'noy shiny* (Operation of auto-tyre), Moscow, Transport, 1976, 85 p.
4. Brodskiy G.I., Evstratov V.F., Sakhnovskiy N.L., Slyudikov N.L. *Istiranie rezin* (Rubber abrasion), Moscow, Khimiya, 1957, 240 p.
5. Bukhin B.L. *Vvedenie v mekhaniku pnevmaticheskikh shin* (Introduction to mechanics of air tyres), Moscow, Khimiya, 1988, 224 p.
6. Goryunov S.V., Sharipov V.M. *Izvestiya MGTU «MAMI»*. 2012, vol. 1, no 2(14), pp. 89–92.
7. Fal'kevich B.S. *Teoriya avtomobilya* (Vehicle theory), Moscow, Mashgiz, 1963, 239 p.
8. L'vov E.D. *Teoriya traktora* (Tractor theory), Moscow, Mashgiz, 1960, 252 p.
9. Selifonov V.V. *Teoriya avtomobilya* (Vehicle theory), Moscow, ООО «Grinlayt», 2009, 208 p.



**РУКОПИСИ,  
ДЕПониРОВАННЫЕ В ИЗДАТЕЛЬСТВЕ «ГОРНАЯ КНИГА»**

### РАСЧЕТ РАМНОЙ ТРАПЕЦИЕВИДНОЙ КРЕПИ МЕТОДОМ СИЛ

(№ 1056/11–15 от 01.09.2015, 16 с.)

Кондратенко В.Е. – кандидат технических наук, доцент,

Девятярова В.В. – доцент, e-mail: vikdev@yandex.ru,

Пикель К.С. – магистр,

НИТУ «МИСиС».

*Рассмотрен расчет статически неопределимой жесткой крепи горизонтальной горной выработки. Для решения использован метод сил. Даны рекомендации по подбору сечения элементов крепи.*

*Ключевые слова: рама, крепь, метод сил, горизонтальная горная выработка.*

### CALCULATION OF TRAPEZOIDAL FRAME BY BOLTING FORCES

Kondratenko V.E.<sup>1</sup>, Candidate of Technical Sciences, Assistant Professor,

Devyatyarova V.V.<sup>1</sup>, Assistant Professor, e-mail: vikdev@yandex.ru,

Pikel K.S.<sup>1</sup>, Master,

<sup>1</sup> National University of Science and Technology «MISS», 119049, Moscow, Russia.

*The article analysis of statically indeterminate rigidly mounted horizontal excavation. For solution used the method of forces. Recommendations was given on the selection of sectional elements lining.*

*Key words: The rama, the lining, the method of forces, the horizontal excavation.*