

УДК 004.386

С.И. МЕДВЕДИЦКОВ, канд. техн. наукдоцент кафедры «Информатика, статистика и высшая математика»¹

E-mail: Medsim@rambler.ru

Н.М. ГЛЕБОВАинженер-программист отдела информационных технологий¹¹Бобруйский филиал УО «Белорусский государственный экономический университет», г. Бобруйск, Республика Беларусь**А.И. КОРМАЗ**

начальник Управления по испытаниям шин и техническому сопровождению продукции

ОАО «Белшина», г. Бобруйск, Республика Беларусь

Статья поступила 23.03.2015.

ПРОГРАММИРОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА ПОКАЗАТЕЛЬ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ДЛЯ СВЕРХКРУПНОГАБАРИТНЫХ ШИН, В УСЛОВИЯХ РЕАЛЬНОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Разработана и опробована программа, позволяющая в полевых условиях, с использованием ноутбука, автоматически определять рекомендуемые параметры температуры и внутреннего давления в шине путем изменения величин скорости и нагрузки на колесо. Такой подход обеспечивает оптимальные режимы эксплуатации карьерных самосвалов, что непосредственно влияет на увеличение ходимости сверхкрупногабаритных шин. Приведены результаты экспериментальных исследований.

Ключевые слова: программа, сверхкрупногабаритная шина, температура, внутреннее давление, эксплуатация, нагрузка на колесо, скорость, карьерный самосвал

В мировой практике одним из основных оценочных параметров качества конструкторско-технологических разработок крупногабаритных и сверхкрупногабаритных шин (СКГШ) принят нормативный показатель их эксплуатационной производительности — показатель ТКВЧ (тонно-километров в час) или ТМВЧ (тонно-миль в час). Этот показатель определяется, в конечном счете, максимальной допустимой рабочей температурой шины и зависит от конструкции шины, рисунка и рецептуры протектора, размера и типа ее внутреннего давления в ней, скорости движения самосвала, нагрузки на колесо, плеча перевозок, профиля трассы, температуры окружающей среды и другие факторов. Поэтому ведущие производители СКГШ, такие как ОАО «Белшина», фирмы «Michelin» [1], «Bridgestone», «Goodyear» и другие, непрерывно ведут работы над усовершенствованием конструкции, которая направлена на снижение температурного режима в шине. Так в работе [2] отмечено, что для лучшего теплоотвода, в условиях жаркого климата и длинных расстояний перевозок, рекомендуется увеличить до 30–40 % соотношение толщины подканавочного и бегового слоев или уменьшить высоту рисунка протектора на 30–33 %. Исследования теплового состояния шин представлены и в других работах. Автор Кнороз В.И. в работе [3], рассматривая механизм теплообразования в шинах, определяет одну из основных задач конструкторов

шин — снижение максимальной рабочей температуры в заданных условиях эксплуатации, поскольку от ее уровня зависит срок службы шин. При высоких эксплуатационных температурах наиболее часто возможны тепловые отслоения протектора шин. В работе Колбасова А.Ф. [4] проведены исследования изменения давления воздуха в шине при изменении температурного режима окружающей среды. Исходя из этого отмечено, что чем выше температура окружающего воздуха, тем выше давление в шине. Изменение температуры окружающего воздуха влечет за собой изменение температуры в шине и соответствующие изменения прочности шинных материалов [5]. Аналогичными исследованиями занимались авторы работы [6], в этой работе установлено, что при повышении температуры воздуха от 10 до 30 °С температура шин повышается по линейному закону. В работе Индейкина Б.А. [7] авторы, по результатам измерений температуры шин, рекомендуют этот параметр для нормирования режимов эксплуатации большегрузных автосамосвалов, поскольку допускаемая температура шин важнейший критерий оценки интенсивности их работы и долговечности. В обзоре методов теплового расчета шин Бухин Б.Л. [8] указывает на то, что стационарная температура шин является критерием их прочности. Шинные резины сохраняют свою усталостную прочность лишь до температуры 110–120 °С.

В настоящее время анализ практической деятельности горно-обогатительных комбинатов (ГОК) показывает, что такие фирмы как «Michelin» и «Bridgestone» в каждом конкретном случае, в условиях реальной эксплуатации, предлагают свои СКГШ с различным рисунком и рецептурой протектора. Так фирма «Bridgestone», в разрезе «Черниковский» Кемеровской области, поставила шины размера 33.00R51 модели VRDP и VRPS, которые идеально сочетают в себе высокие характеристики порезостойкости и теплостойкости и обладают самым высоким показателем ТКВЧ среди существующих на сегодняшний день шин. Необходимость адаптации шин под конкретные условия связано с тем, что условия эксплуатации постоянно изменяются в части увеличения плеч перевозок, внедрения более современных экскаваторов с большим объемом ковша, что ведет к увеличению интенсивности работы карьерных самосвалов, среднеэксплуатационной скорости и повышению температуры в шине. Это заставляет производителей шин реагировать на «вызовы» эксплуатации и вносить необходимые конструктивные изменения.

По данным представителя ООО «Белнефтехим — РОС» в Кемеровской области России получена зависимость выхода шин из эксплуатации по различным причинам за последние годы, которая приведена на рисунке 1.

Из анализа рисунка 1 следует, что большая часть СКГШ выходит из эксплуатации по износу рисунка протектора, поэтому повышение эксплуатационной температуры СКГШ карьерных самосвалов является актуальной проблемой. Ранее в условиях ОАО «Белшина» были проведены стендовые испытания СКГШ [9], где была рекомендована для измерения параметров температуры и внутреннего давления в шине, измерительная система фирмы «Schrader». Для проведения исследовательских работ в условиях реальной эксплуатации ОАО «Белшина» была приобретена аппаратура фирмы «Schrader» с целью установки ее на шины размера 33.00R51 модели Бел-162 для карьерных самосвалов «БелАЗ 75131» и последующего изучения вышеуказанных параметров. Была также разработана программа, которая автоматически осуществляет расчет ТКВЧ и определяет фактические показатели ТКВЧ с це-

лью устранения отклонений рекомендуемых параметров температуры и внутреннего давления в шине путем изменения величин скорости и нагрузки на колесо. Такой подход обеспечивает оптимальные режимы эксплуатации карьерных самосвалов, что значительно повышает эффективность использования СКГШ в местах эксплуатации. Полученные данные в окне списка возможно экспортировать в Microsoft Word 2010.

Расчет ТКВЧ_{мэ} происходит по формуле [10]:

$$\text{ТКВЧ}_{\text{мэ}} = K_1 \cdot K_2 \cdot \frac{Q_{\text{гр}} + Q_{\text{пор}}}{2} \cdot V_{\text{ср}},$$

где ТКВЧ_{мэ} — нормативный показатель эксплуатационной производительности в местах эксплуатации (в конкретных условиях каждого ГОКа); K_1 — коэффициент, зависящий от длины пробега в рабочем цикле; K_2 — коэффициент, зависящий от окружающей температуры; $Q_{\text{гр}}$ и $Q_{\text{пор}}$ — нагрузки на шину в груженом и порожнем состоянии соответственно, кг; $V_{\text{ср}}$ — средняя скорость рабочего цикла с учетом остановок на погрузку и выгрузку горной массы, км/ч.

Коэффициенты K_1 и K_2 для каждого конкретного ГОКа приведены в специальных таблицах, величины $Q_{\text{гр}}$ и $Q_{\text{пор}}$ рассчитаны по данным развесовки груженого и порожнего автомобиля. Величина $V_{\text{ср}}$ определяется по результатам измерений времени и длины пробега в рабочем цикле в процессе работы карьерного самосвала по формуле:

$$V_{\text{ср}} = \frac{2 \cdot L \cdot n}{t},$$

где L — плечо перевозок, км; n — количество рейсов; t — общее время работы самосвала, ч.

Если ТКВЧ шины > ТКВЧ_{мэ}, то выбранная шина подходит для данных условий, если ТКВЧ шины < ТКВЧ_{мэ}, то выбранная шина не подходит для эксплуатации в данных условиях и требуется либо продолжить использование имеющихся в наличии шин с новыми «щадящими» режимами эксплуатации, либо, в качестве альтернативы, при проектировании новых шин-аналогов рекомендуется изменить рецептуру резиновой смеси для протектора, или другие конструктивные параметры шины. В процессе ввода данных после обработки получаем величины ТКВЧ места эксплуатации и отчет, содержащий значения ТКВЧ для каждой конкретной СКГШ, при разных значениях входных данных вводимых пользователем. Программа «Расчет ТКВЧ» должна быть установлена на операционных системах семейства Microsoft Windows не ниже версии Windows XP. Для использования всех возможностей программы «Расчет ТКВЧ» должна быть установлена программа Microsoft Word 2010.

Для написания программы была выбрана среда программирования Visual Studio 2010 C#, основанная на языке программирования C#. Данная среда

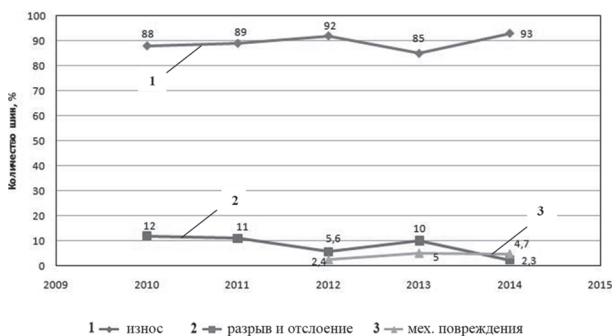


Рисунок 1 — Зависимость выхода шин из эксплуатации за последние годы

выгодно отличается эффективностью и надежностью. Для разработки приложений был использован язык программирования C#, как объектно-ориентированный. Компилятор C# входит в стандартную установку NET Framework и относится к семье языков с C-подобным синтаксисом, из них его синтаксис наиболее близок к C++ и Java. Язык имеет статическую типизацию, поддерживает полиморфизм, перегрузку операторов (в том числе операторов явного и неявного приведения типа), делегаты, атрибуты, события, свойства, обобщенные типы и методы, итераторы, анонимные функции с поддержкой замыканий, LINQ, исключения, комментарии в формате XML. Язык программирования C#, опираясь на практику их использования, исключает некоторые модели, зарекомендовавшие себя как проблематичные при разработке программных систем, например, C# не поддерживает множественное наследование классов (в отличие от C++).

После ввода данных в соответствующие поля ввода и нажатия кнопки «Расчет ТКВЧ» в окне списка «Результаты» отражаются все расчеты. Результат расчета представлен на рисунке 2.

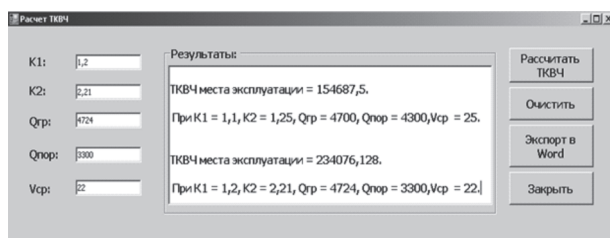


Рисунок 2 — Окно с отображенными результатами расчета

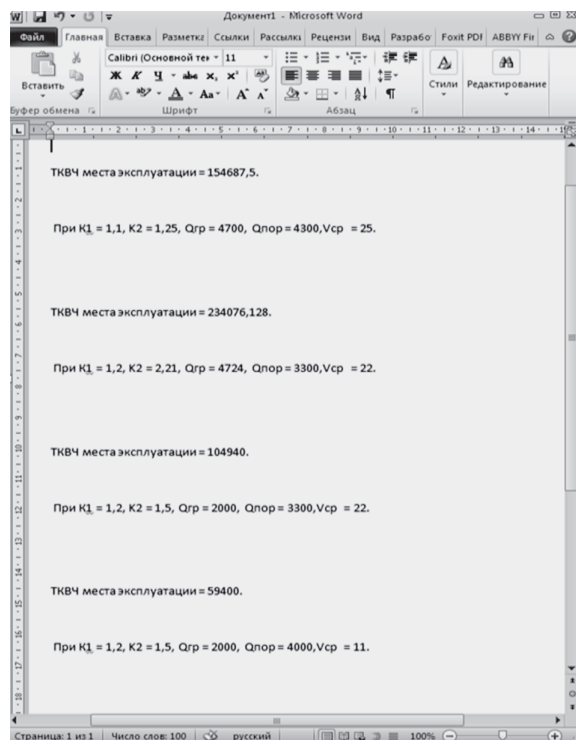


Рисунок 3 — Окно программы «Microsoft Word 2010» с экспортированными из программы «Расчет ТКВЧ» результатами расчета

Для экспорта результатов в Microsoft Word 2010 следует нажать кнопку «Экспорт в Word». Результат представлен на рисунке 3.

Исследовательские работы проводились в реальных условиях эксплуатации на карьере месторождения «Таван-Толгой» Республики Монголия, при температуре окружающего воздуха от + 32 до + 35 °С. Методологически экспериментальные исследования были построены таким образом, чтобы по результатам испытаний имелась возможность оценки теплового состояния СКГШ. На дисплее, расположенном в кабине карьерного автосамосвала, отображаются температура и давление в СКГШ как во время движения, так и на стоянке. По результатам экспериментальных исследований, получены зависимости температуры и давления СКГШ от условий эксплуатации во время проведения испытаний. На рисунке 4 приведена вышеуказанная зависимость для всех 6 шин карьерного самосвала; на рисунке 5, для большей наглядности, приведена зависимость для шин передней оси самосвала.

В ходе испытаний было отмечено, что температура в шинах передних колес существенно выше, чем в шинах сдвоенных колес задней оси. Из анализа рисунка 5 следует, что эта разница составляет в среднем от 15 до 30 °С. Регистрация параметров температуры и внутреннего давления в СКГШ измерительной системой фирмы «Schrader» позволила подтвердить результаты эксплуатационных испытаний, проводимых ОАО «Белшина» в части повышенного износа СКГШ

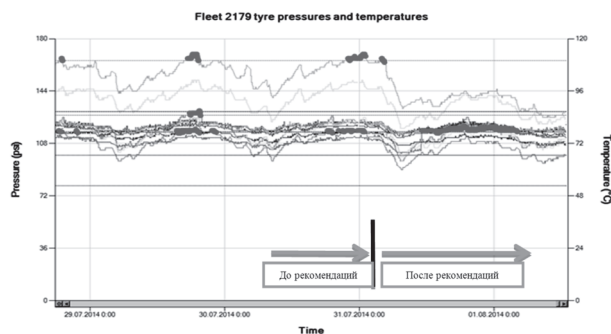


Рисунок 4 — Зависимость температуры и давления СКГШ во время проведения испытаний всех 6 шин самосвала

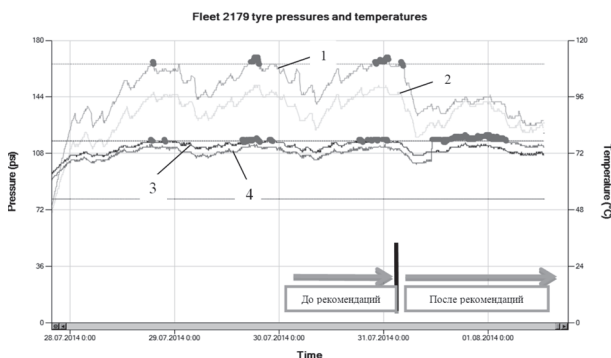


Рисунок 5 — Зависимость температуры и давления СКГШ во время проведения испытаний шин передней оси самосвала: 1 — температура, правое переднее колесо; 2 — температура, левое переднее колесо; 3 — давление, левое переднее колесо; 4 — давление, правое переднее колесо

передней оси карьерных самосвалов, где отмечается, что износ шин передней оси до 30 % превышает износ шин задней оси. После установки измерительной системы фирмы «Schrader», исследования проводились в течение 6 суток. Поскольку регистрация параметров температуры и внутреннего давления в шине осуществлялась автоматически, то после стабилизации выше указанных данных, а это произошло через 4 дня, представителем ОАО «Белшина» были выданы рекомендации. Используя программу «Расчет ТКВЧ», была ограничена скорость движения до 18–20 км/ч и снижена загрузка карьерного самосвала на 10 %, при этом температура в шинах снизилась на 15–22 °С. Следует отметить, что исходя из конкретных условий реальной эксплуатации, эти рекомендации актуальны только для конкретного ГОКа. По данным ООО «Белнефтехим-РОС» в Кемеровской области России при добыче угля эксплуатационные затраты на шины составляют 25...30 % и более от суммы расходов на транспортирование горной массы и угля карьерными автосамосвалами. Поэтому программирование и расчет ТКВЧ позволяют оптимизировать режимы движения, что ведет к увеличению пробега шин и соответственно сокращению затрат.

Выводы. 1. Результаты исследований позволили обосновать необходимость установки измерительной системы фирмы «Schrader» (или подобных систем) на СКГШ и получать зависимости температуры и давления в шине во время проведения испытаний, в условиях реальной эксплуатации, в каждом конкретном ГОКе.

2. По результатам замеров параметров температуры и давления воздуха в шине можно рекомендовать максимально допустимые эксплуатационные скорости и вертикальные нагрузки

на колесо, исходя из критической температуры СКГШ и температуры окружающего воздуха с учетом протяженности трассы.

3. Полученные результаты исследований по ТКВЧ можно использовать для повышения эффективности СКГШ в реальных условиях эксплуатации.

Список литературы

1. INDUSTRIAL_CATALOG [Электронный ресурс]. — Режим доступа: www.michelin.ru. — Дата доступа: 25.11.14.
2. Смелянский, В.М. Влияние основных конструктивно-технологических и эксплуатационных факторов на тепловое состояние и работоспособность сверх крупногабаритных шин: дис. ... канд. техн. наук / В.М. Смелянский. — М., 1991. — 208 с.
3. Кнороз, В.И. Работа автомобильной шины / В.И. Кнороз. — М.: Транспорт, 1976. — 338 с.
4. Колбасов, А.Ф. Изменение давления в шинах легковых автомобилей при изменении температуры / А.Ф. Колбасов, В.П. Ткаченко // Современные наукоемкие технологии. — 2010. — № 6. — С. 48–51.
5. Селезнев, И.И. Как увеличить пробег автомобильных шин / И.И. Селезнев, С.М. Цукерберг, Б.В. Ненахов; под ред. И.И. Селезнева. — М.: Транспорт, 1966. — 123 с.
6. Зависимость температуры легковых шин от условий движения / Р.Л. Гуслицер [и др.] // Каучук и резина. — 1969. — № 9. — С. 43–45.
7. Нормирование режимов эксплуатации большегрузных автосамосвалов по допускаемой температуре шин / Б.А. Индейкин [и др.] // Промышленный транспорт. — 1975. — № 2. — С. 25.
8. Бухин, Б.Д. Введение в механику пневматических шин / Б.Д. Бухин. — М.: Химия, 1988. — 224 с.
9. Медведицков, С.И. Сравнительный анализ результатов стендовых испытаний сверх крупногабаритных шин по температуре и давлению, используя различные способы измерений / С.И. Медведицков, А.И. Кормаз, В.П. Бойков // Материалы Междунар. науч.-техн. конф., «Проблемы проектирования мобильных машин» Минск, 23–24 нояб. 2013 г. / Белорус. нац. техн. ун-т; редкол.: В.П. Бойков [и др.]. — Минск, 2013. — С. 96–101.
10. Как выбрать и эффективно эксплуатировать крупногабаритные шины в условиях горного производства. — Режим доступа: www.zolotonews.ru. — Дата доступа: 25.11.14.

MEDVEDITSKOV Sergei I., Cand. Techn. Sc.

Associate Professor of the Department of Informatics, Statistics and Higher Mathematics¹
E-mail: Medsim@rambler.ru

GLEBOVA Natalya M.

Software Specialist, Information Technology Department¹

¹Bobruisk Branch of Belarusian State Economic University, Bobruisk, Republic of Belarus

KORMAZ Alexandr I.

Head of the Department of Test Control and Technical Assistance
JSC Belshina, Bobruisk, Republic of Belarus

Received 23 March 2015.

THE PROGRAMMING OF PARAMETERS INFLUENCING THE INDEX OF PERFORMANCE FOR LARGE TIRES OF GREAT DIMENSION IN THE CONDITIONS OF REAL EXPLOITATION

A programme is developed and tested that allows to determine automatically recommended parameters of temperature and inside pressure in the tyre by the way of changing speed and the load on the wheel in field tests with the help of the lap top. Such approach provides optimum regimes of exploitation of dump trucks which directly affects the whole mileage of large tires. The results of the experiments are held.

Keywords: programme, large truck tire, temperature, inner pressure, exploitation, load on the wheel, speed, dump truck

References

1. INDUSTRIAL CATALOG. Available at: www.michelin.ru (accessed 25 November 2014).
2. Smelyanskii V.M. *Vliyanie osnovnykh konstruktivno-tehnologicheskikh i jekspluatatsionnykh faktorov na teplovoe sostojanie i rabotosposobnost' sverh krupnogabaritnykh shin. Dis. kand. tehn. nauk* [The influence of the main structural and technological and operational factors on the thermal condition and performance over large tires. Cand. techn. sci. diss.]. Moscow, 1991. 208 p.
3. Knoroz V.I. *Rabota avtomobil'noj shiny* [The performance of the automobile tyre]. Moscow, Transport Publ., 1976. 338 p.
4. Kolbasov A.F., Tkachenko V.P. *Izmenenie davleniya v shinah legkovykh avtomobilej pri izmenenii temperatury* [Changing a tire pressure of cars with varying temperature]. *Sovremennye naukoemkie tehnologii* [Modern high technologies], 2010, no. 6, pp. 48–51.
5. Seleznev I.I., Cukerberg S.M., Nenahov B.V. *Kak uvelichit' probeg avtomobil'nykh shin* [How to increase the mileage of tires]. Moscow, Transport Publ., 1966. 123 p.
6. Guslitsers R.L. [et al.]. *Zavisimost' temperatury legkovykh shin ot uslovij dvizheniya* [Temperature of passenger car tires on the driving conditions]. *Rubber and rubber*, 1969, no. 9, pp. 43–45.
7. Indeikin B.A. [et al.]. *Normirovanie rezhimov jekspluatacii bol'shegruznykh avtosamosvalov po dopuskaemoy temperature shin* [Modes of operation of heavy dump trucks for permissible tire temperature]. *Promyshlennyy transport* [Industrial transport], 1975, no. 2. 25 p.
8. Buhin B.D. *Vvedenie v mehaniku pnevmaticheskikh shin* [Introduction of the pneumatic tires to the mechanics]. Moscow, Himija Publ., 1988. 224 p.
9. Medvedickov S.I., Kormaz A.I., Bojkov V.P. *Sravnitel'nyy analiz rezul'tatov stendovykh ispytanij sverh krupnogabaritnykh shin po temperature i davleniju, ispol'zuja razlichnye sposoby izmerenij* [Comparative analysis of the results of bench tests over large tires for temperature and pressure, using a variety of methods of measurement]. *Materialy Mezhdunar. nauch.-tehn. konf. "Problemy proektirovanija mobil'nykh mashin"* [Proc. Int. Sci.-Tech. Conf. "Design problems of mobile machines"]. Minsk, 2013, pp. 96–101.
10. *How to choose and effectively exploit the large tires under the mining industry*. Available at: www.zolotonews.ru (accessed 25 November 2014).