

УДК 625.73

Л. А. СОСНОВСКИЙ, доктор технических наук, Белорусский государственный университет транспорта, Гомель, П. В. ВАСИЛЬЕВ, Н. И. ЖИГИНА, ОАО «Белишина», Бобруйск, Беларусь, Е. А. ТЕМНИКОВ, Белорусский государственный университет транспорта, Гомель

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ РАБОТОСПОСОБНОСТИ ШИННЫХ РЕЗИН РАЗНЫХ ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ

В условиях, близких к эксплуатационным, проведены испытания моделей системы асфальтобетон/шина, в которых образцы вырезаны из шин трех производителей. Показано, что в условиях проведенных испытаний работоспособность отечественных шинных резин не уступает известным зарубежным производителям.

Износ автомобильных шин в процессе эксплуатации есть явление, которое невозможно предотвратить. Поэтому исследование и анализ износоусталостных характеристик резин считается одной из важнейших задач для таких предприятий, как ОАО «Белишина».

Поскольку обеспечение длительного срока службы и безопасной эксплуатации автомобильных шин является безусловным требованием, то актуальность разработки ускоренных методов испытания шинных резин, особенно в условиях, близких к эксплуатации, продиктована необходимостью выявления на стадии разработки и производства оптимальных рецептур шинных резин по критерию износостойкости. Особую практическую значимость имеют сравнительные испытания шинных резин разных производителей, результаты которых позволяют дать технико-экономическую оценку их работоспособности.

Основным видом взаимодействия системы асфальтобетон/шина является трение качения (при движении) и трение скольжения (при торможении).

Анализ показал [1–8], что известные методы испытаний шинных резин являются недостаточными для комплексной оценки материала, из которого изготавливается автомобильная шина.

Недостатками этих методов является:

- отсутствие в процессе испытаний при качении возможности варьировать и измерять как уровень контактной нагрузки, так и степень проскальзывания элементов системы относительно друг друга;
- отсутствие возможности варьировать и измерять степень проскальзывания при качении в таких широких пределах, чтобы, в конечном счете, можно было моделировать условия работы системы в процессе торможения;
- отсутствие возможности испытаний при заторможенном колесе (имитация юза), т.е. практически при трении скольжения.

В этой связи были разработаны [9] методики ускоренных испытаний образцов шинных резин, лишённые указанных недостатков. В данной работе они и использованы для сравнительных испытаний шинных резин различных производителей. Ниже изложены и проанализированы результаты испытаний.

Испытания при качении. Испытания при качении осуществлялись по модели (рисунок 1, а) [9], которая в первом приближении удовлетворяет установленным требованиям к испытанию шинных резин. Она пред-

ставляет собой контактную пару типа ролик / ролик, один из элементов которой моделирует шину, а другой – дорогу, например, асфальтобетонное покрытие. Пара воспринимает ступенчато возрастающую контактную нагрузку F_N в процессе движения – трения качения (рисунок 1, б). Долговечность оценивают, измеряя путь трения (число циклов контактного нагружения). В ходе испытаний измеряют изменения геометрических размеров, при анализе которых строят зависимости степени износа и повреждаемости от величины контактной нагрузки и времени испытания. Измерение температуры в зоне контакта позволяет проанализировать её влияние на степень износа.

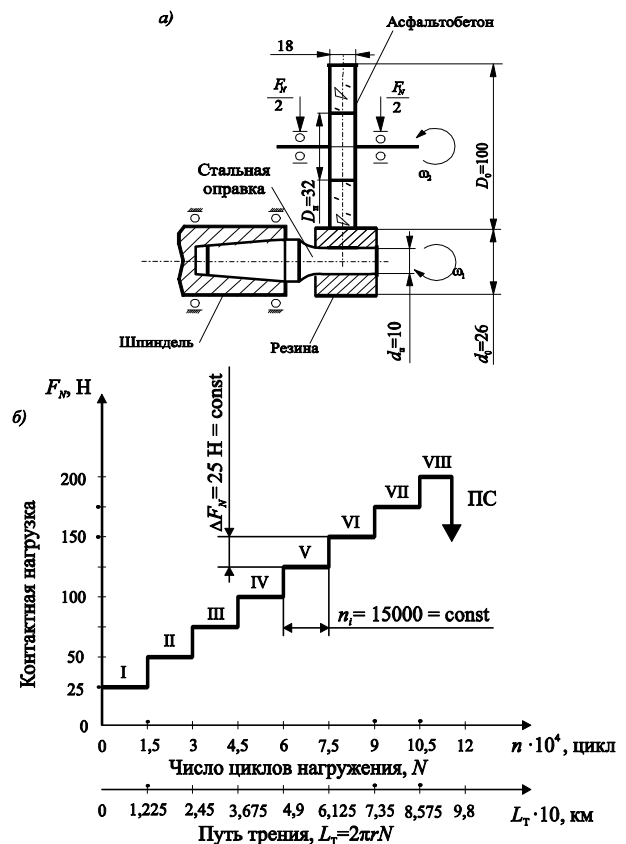


Рисунок 1 – Трение качения: а – лабораторная модель асфальтобетон/шина; б – режим ускоренных испытаний

Были испытаны три серии образцов резины рецептур № 1 (Бел-162 1815), № 2 (Bridgestone 3A), № 3 (Goodyear) на машине СИ-03 [9] в одинаковых условиях. Каждая серия содержала 10 одинаковых образцов. Схема многоступенчатого нагружения при качении представлена на рисунке 1, б.

По результатам испытания на каждой ступени (I, II, ..., VIII) определяли:

- контактную нагрузку F_N ;
- среднюю температуру T_{cp} ;
- среднее значение сближение осей $\delta_n = i_{cp}$ (средний износ) за n циклов;
- путь трения L_T , пройденный образцом за n циклов;
- комплексный параметр износа на единицу температуры

$$k_{iT} = \frac{i_{cp}}{T_{cp}}$$

Средние значения параметров вычислены по результатам испытаний 10 образцов (таблица 1). Построены графики изменения износа, температуры, коэффициента изменения износа на единицу температуры (рисунок 2) во времени.

Таблица 1 – Основные износоусталостные характеристики работоспособности образцов № 1–3

Образец	Номер ступени нагружения	$n_i \cdot 10^4$, цикл	L_T , км	i_{cp} , мкм	T_{cp} , °C	$k_{iT} = \frac{i_{cp}}{T_{cp}}$, мкм/°C
№ 1 (Бел-162 1815 Бел 3515)	I	1,5	12,25	15	25,44	0,59
	II	3	24,5	20	30,05	0,67
	III	4,5	36,75	35	36,15	0,97
	IV	6	49	40	43,36	0,92
	V	7,5	61,25	50	47,24	1,06
	VI	9	73,5	75	52,59	1,43
	VII	10,5	85,75	85	60,17	1,41
	VIII	12	98	100	66,76	1,50
№ 2 (Bridgestone 3A)	I	1,5	12,25	10	27,05	0,37
	II	3	24,5	25	30,59	0,82
	III	4,5	36,75	40	36,92	1,08
	IV	6	49	50	41,67	1,20
	V	7,5	61,25	60	46,43	1,29
	VI	9	73,5	70	50,56	1,38
	VII	10,5	85,75	80	56,46	1,42
	VIII	12	98	100	63,3	1,58
№ 3 (Goodyear)	I	1,5	12,25	10	28,38	0,35
	II	3	24,5	30	36,27	0,83
	III	4,5	36,75	50	43,4	1,15
	IV	6	49	60	50,16	1,20
	V	7,5	61,25	70	58,22	1,20
	VI	9	73,5	80	65,28	1,23
	VII	10,5	85,75	90	75,94	1,19
	VIII	12	98	100	89,18	1,12

По представленным экспериментальным данным можно сделать следующие общие заключения.

Износ резин Бел-162 1815 Бел 3515 и Bridgestone 3A, Goodyear различаются в процессе испытаний несущественно (см. рисунок 2, а). А температура в зоне контакта у резины Goodyear примерно на 37 % выше, чем у Бел-162 1815 Бел 3515 и Bridgestone 3A (см. рисунок 2, б).

Если анализировать результаты испытаний по комплексному параметру износа на единицу температуры (см. рисунок 2, в), то можно видеть, что в начале испытаний величина k_{iT} для трех рецептур различается мало. Но в конце испытаний, в связи с различиями в росте

температуры, значение k_{iT} отличаются следующим образом: для Бел-162 1815 Бел 3515 и Bridgestone 3A оно почти одинаково, а для Goodyear – существенно меньше.

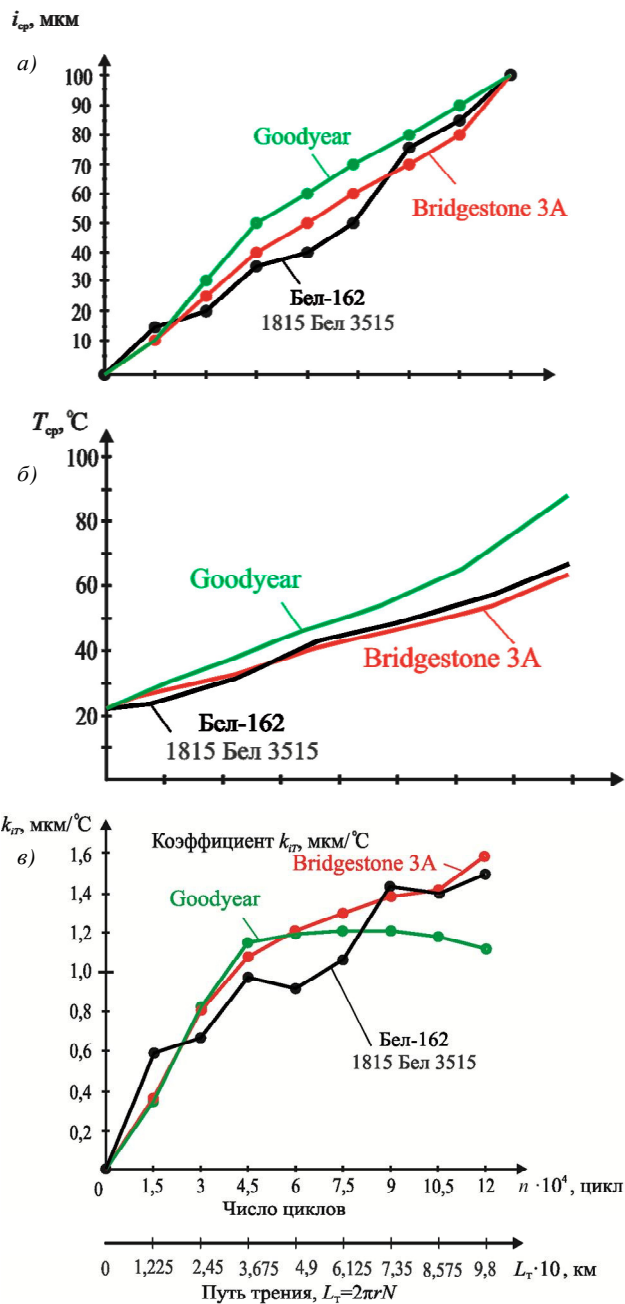


Рисунок 2 – Средний износ (а), средняя температура (б) и значение комплексного параметра изменения износа на единицу температуры (в) образцов шин трех производителей в процессе испытания

Нагрузочную способность шинных резин разных производителей характеризует рисунок 3. Видно, что она мало различается для исследуемых образцов.

Испытания при качении с проскальзыванием. Такие испытания проводили на модели, представленной выше (см. рисунок 1, а). Однако контактная нагрузка поддерживалась постоянной $F_N = 25 \text{ Н} = \text{const}$ на протяжении требуемого базового числа циклов нагружения $N_B = 9 \cdot 10^5 \text{ цикл} = \text{const}$ (рисунок 4).

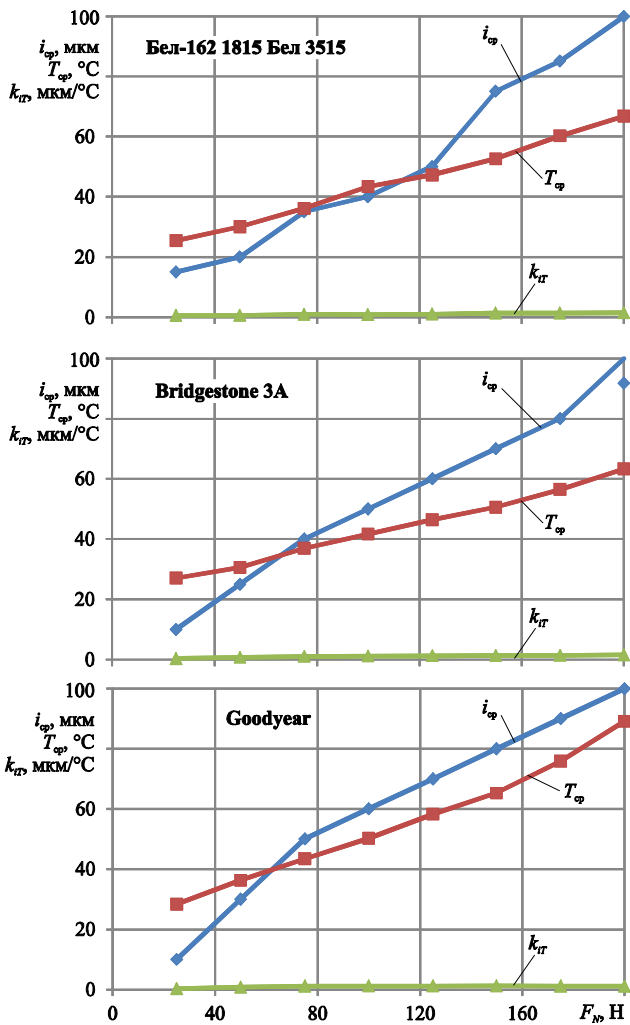


Рисунок 3 – Средний износ, средняя температура и значение комплексного параметра изменения износа на единицу температуры образцов шин трех производителей в процессе испытания

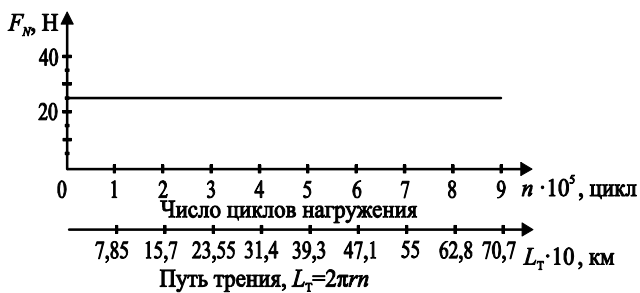


Рисунок 4 – Контактная нагрузка в процессе испытания

Были испытаны резины двух разных рецептур (Bridgestone 3A, Бел-162 1815 Бел 3515). В процессе испытания варьировали степень проскальзывания от 0 до 10 %. Полученные результаты приведены на рисунке 5 и в таблице 2.

Исходя из полученных данных, можно сделать следующие заключения.

Если проскальзывание отсутствует, то износ и температура практически не изменяются в течение всего времени испытаний (см. рисунок 5, а, в и таблицу 2). Когда степень проскальзывания растет от 3 до 10 %, износ растет примерно с постоянной скоростью (см. рисунок 5, б, д, е и

таблицу 2), тогда как температура в процессе испытаний изменяется слабо (см. рисунок 5, з, ж, з и таблицу 2). Сравнение результатов испытаний для образцов по разным рецептурам (№ 1 и 2) показывает, что температура резин Bridgestone 3A и Бел-162 1815 Бел 3515 практически близка, тогда как износ различен: Бел-162 1815 Бел 3515 изнашивается на ~10 % больше (см. рисунок 5 и таблицу 2).

Таблица 2 – Износ и температура во времени и в зависимости от проскальзывания

Образец	λ , %	L_T , км	i , мкм	T , °C	n , цикл
Бел-162 1815 Бел 3515	0	393	278	35,3	$5 \cdot 10^5$
		707	282	35,9	$9 \cdot 10^5$
	3	393	445	96,8	$5 \cdot 10^5$
		707	635	94,3	$9 \cdot 10^5$
	5	393	491	98,4	$5 \cdot 10^5$
		707	660	93,4	$9 \cdot 10^5$
	10	393	487	108,7	$5 \cdot 10^5$
		707	721	105,2	$9 \cdot 10^5$
Bridgestone 3A	0	393	170	40,0	$5 \cdot 10^5$
		707	172	41,0	$9 \cdot 10^5$
	3	393	526	95,7	$5 \cdot 10^5$
		707	686	90,8	$9 \cdot 10^5$
	5	393	273	108,6	$5 \cdot 10^5$
		707	548	101,7	$9 \cdot 10^5$
	10	393	386	105,1	$5 \cdot 10^5$
		707	669	108,6	$9 \cdot 10^5$

Испытания показали, что рост степени проскальзывания ведет к соответствующему увеличению износа (рисунок 6, а) и повышению температуры (рисунок 6, б).

На рисунке 7 представлены фотографии образцов после испытания с различными степенями проскальзывания. Рассматривая эти фотографии, можно видеть, что образцы из шин Бел-162 1815 Бел 3515 имеют в зоне трения гладкую поверхность, тогда как на поверхности образцов Bridgestone 3A обнаруживается характерная ворсистость в зоне контакта. Можно высказать предположение: наличие ворсистости означает более высокую сцепляемость структурных составляющих резины. Кроме того, она способствует некоторому повышению коэффициента трения при движении. По-видимому, эти вопросы требуют более пристального (и детального) исследования.

Выводы. Изучено влияние рецептуростроения на характеристики работоспособности образцов шинных резин различных производителей: Бел-162 1815 Бел 3515; Bridgestone 3A; Goodyear.

Экспериментально установлено, что:

– износ резин всех трех шин различается несущественно;

– шинная резина Goodyear обнаруживает в процессе испытаний более высокую температуру, тогда как резин Бел-162 1815 Бел 3515, Bridgestone 3A по этой же характеристике отличаются несущественно.

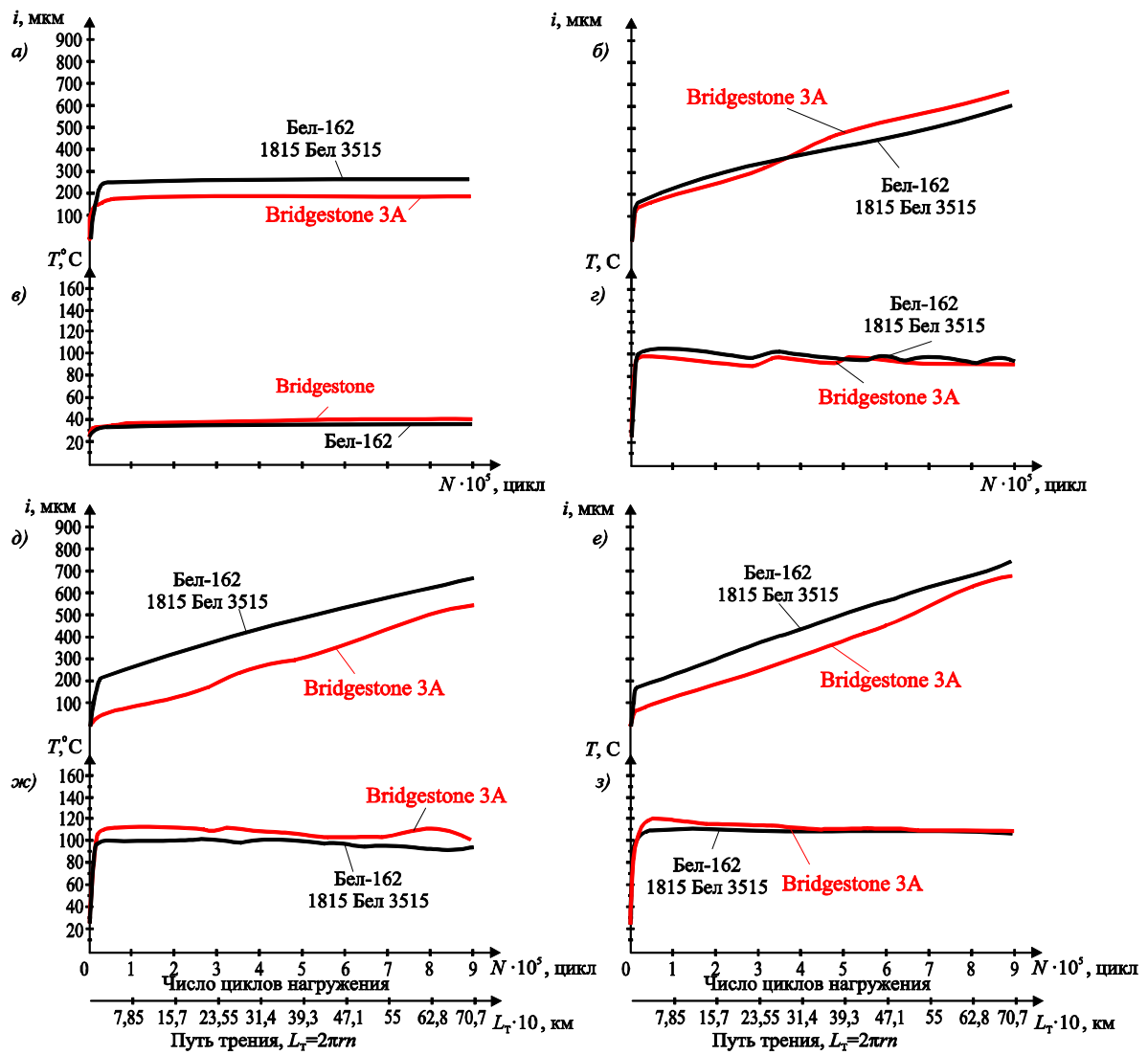


Рисунок 5 – Изменение износа (а, б, д, е) и температуры (в, г, ж, з) при испытаниях без проскальзывания (а, в) и при степени проскальзывания 3 % (б, г), 5 % (д, ж) и 10 % (е, з) образцов шин двух производителей

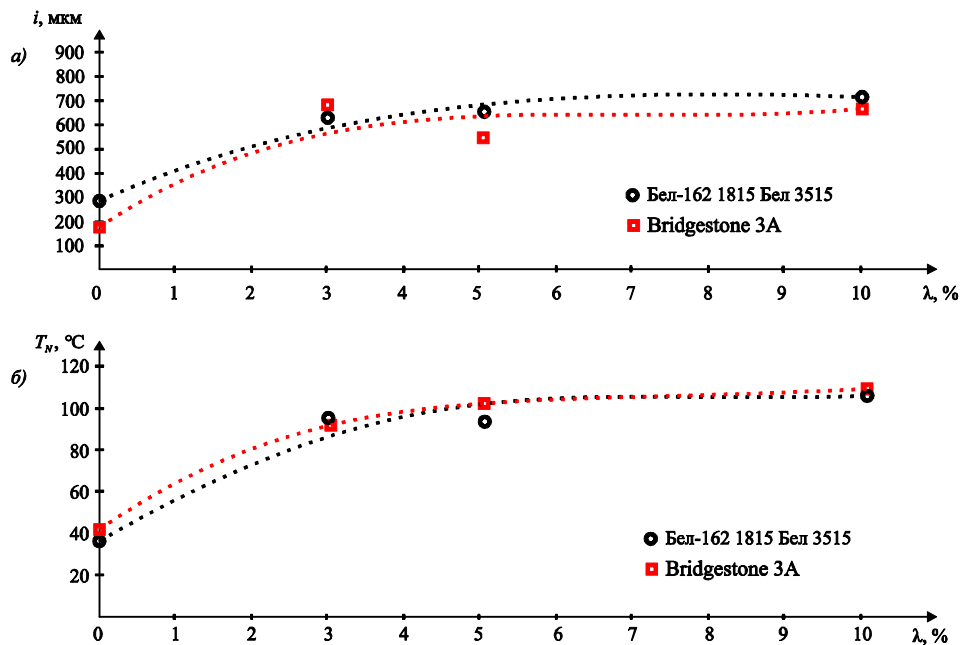


Рисунок 6 – Значение износа (а) и температуры (б) при $N_b = 9 \cdot 10^5$ циклов в зависимости от степени проскальзывания образцов шин двух производителей

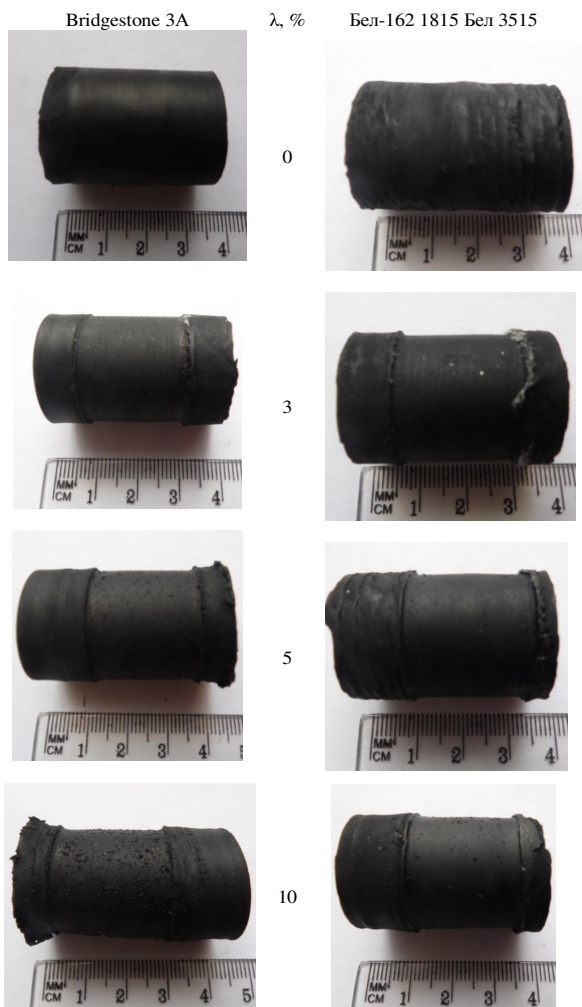


Рисунок 7 – Фотографии образцов резин Bridgestone 3A и Бел-162 1815 Бел 3515

Общее заключение состоит в том, что в условиях проведенных испытаний работоспособность отече-

Получено 20.05.2016

L. A. Sosnovskiy, P. V. Vasilyev, N. I. Zhigina, E. A. Temnikov. Comparative analysis of performance tire rubber from different manufacturers.

In conditions close to operational, tested models of asphalt / tire system, in which samples are cut from three tire manufacturers. It is shown that in the conditions of the tests performance of domestic tire rubber is not inferior to foreign manufacturers.

ственных шинных резин не уступает известным зарубежным производителям.

Список литературы

1 **Резниковский, М. М.** Механические испытания каучука и резины / М. М. Резниковский, А. И. Лукомская. – М. : Химия, 1964. – 528 с.

2 Резина. Общие требования к проведению физико-механических испытаний : ГОСТ 269–66. – Введ. 1966–07–01. – М. : Изд-во стандартов, 2001. – 10 с.

3 Смеси резиновые для испытания. Приготовление, смешение и вулканизация. Оборудование и методы (Межгосударственный стандарт) : ГОСТ 30263–96 (ИСО 2393–94). – Введ. 1998–01–01. – М. : Изд-во стандартов, 1997. – 20 с.

4 Резина. Методы определения усталостной выносливости при многократном растяжении : ГОСТ 261–79. – Введ. 1981–01–01. – М. : Изд-во стандартов, 1980. – 25 с.

5 Устройство для испытания образцов материалов на растяжение : а. с. 847147 СССР / В. И. Сапрыкин, А. И. Лукомская, В. С. Семенов // Бюллетень изобретений. – 1981. – № 26.

6 Резина. Метод определения истиранию при скольжении : ГОСТ 426–77. – Введ. 1978–01–01. – М. : Изд-во стандартов, 1977. – 8 с.

7 Резина. Метод определения сопротивления истиранию при скольжении по возобновляемой поверхности : ГОСТ 23509–79. – Введ. 1982–01–01. – М. : Изд-во стандартов, 1979. – 10 с.

8 Резина. Метод определения сопротивления истиранию при качении с проскальзыванием : ГОСТ 12251–77. – Введ. 1979–07–01. – М. : Изд-во стандартов, 1978. – 8 с.

9 **Темников, Е. А.** Методика и некоторые результаты испытаний модели системы «асфальтобетон – шина» / Е. А. Темников // Актуальные вопросы машиноведения : сб. науч. тр. – Вып. 2. – Минск : ОИМ НАНБ, 2013. – С. 270–272.

10 **Щербаков, С. С.** Механика трибофатических систем / С. С. Щербаков, Л. А. Сосновский. – Минск : БГУ, 2010. – 407 с.

11 **Трощенко, В. Т.** Сопротивление усталости металлов и сплавов : справ. : в 2 т. / В. Т. Трощенко, Л. А. Сосновский. – Киев : Наукова думка, 1987. – Т. 1. – 510 с.; Т. 2. – 825 с.