

РЕЗУЛЬТАТЫ ДИНАМИЧЕСКИХ ИСПЫТАНИЙ ШИН В РЕЖИМЕ ТОРМОЖЕНИЯ НА ШИННОМ ТЕСТЕРЕ ИРНИТУ

О.С. Яньков¹, Л.А. Ященко², А.Ч. Раднаева³, Д.О. Ухватов⁴

^{1, 2, 3, 4} Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Иркутский национальный исследовательский технический университет», г. Иркутск, Россия

¹ yos913005@mail.ru.

² yashalion2001@yandex.ru

³ liska_stepanova@mail.ru

⁴ dim.ia@mail.ru

Аннотация. В статье приведены результаты испытаний шин на шинном тестере ИРНИТУ в режиме торможения. Были получены функциональные зависимости продольной силы F_x от проскальзывания S при варьировании нормальной нагрузки G_K и зависимость сцепных характеристик шины от проскальзывания S при варьировании начальной скорости торможения V_B .

Ключевые слова. шины, динамические характеристики шин, функциональные зависимости, коэффициент сцепления, растормаживание, затормаживание, проскальзывание, стенд с беговым барабаном.

RESULTS OF DYNAMIC TIRE TESTING IN BRAKING MODE ON THE TIRE TESTER OF IRNITU

O.S. Yankov¹, L.A. Yaschenko², A.C. Radnaeva³, D.O. Ukhvatov⁴

¹ Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Irkutsk National Research Technical University», г. Иркутск, Россия

¹ yos913005@mail.ru.

² yashalion2001@yandex.ru

³ liska_stepanova@mail.ru

⁴ dim.ia@mail.ru

Abstract. The article presents the results of tire tests on the tire tester of IRNITU in braking mode. Functional dependencies of longitudinal force F_x from slip S were obtained while varying the normal load G_w , and dependence of tire grip characteristics on slip S while varying the initial braking speed V_b .

Key terms: tires, dynamic characteristics of tires, functional dependencies, coefficient of friction, deceleration, braking, slipping, rolling bench test stand.

Введение

Развитие автомобильного транспорта представляет собой актуальное и перспективное направление научных исследований. Дальнейшее углубление зна-

ний о шинах, разработка новых материалов и конструкций, а также совершенствование методик оценки их работы важны для повышения безопасности дорожного движения, снижения аварийности и минимизации негативного воздействия автомобильного транспорта на окружающую среду.

На кафедре автомобильного транспорта ФБГОУ ВО ИРНИТУ были разработаны методики испытания шин и комплекс для экспериментального исследования динамических и фрикционных характеристик шин с беговым барабаном [3].

Методика экспериментальных исследований характеристик шин в тормозном режиме



Рисунок 1 – Алгоритм методики испытания шины в режиме торможения

Подготовка колеса с шиной к испытаниям

Процесс подготовки колеса с испытуемой шиной включает в себя монтаж шины на обод специального колеса, проверку и устранение дисбаланса колеса с испытуемой шиной, контроль давления воздуха P_W , установка колеса с шиной на стенд с контролем параметров его позиционирования относительно опорной поверхности бегового барабана стенда.

Подготовка шинного тестера

Для проведения экспериментальных испытаний шин конструкция шинного тестера должна иметь высокую жесткость. Элементы тестера должны иметь собственные частоты колебаний как минимум на порядок выше собственных частот исследуемых процессов и шин. Система нагружения должна обеспечивать возможность нагружения шины нормальной нагрузкой до заданных значений для испытания шин.

Подготовка измерительных систем тестера

Измерительные системы шинного тестера должны иметь метрологические характеристики с приведенными погрешностями Δ измерений:

нормальной нагрузки $0...10 \text{ кН}$, $\Delta F_Z \leq \pm 3,0\%$;
 продольной силы $0...10 \text{ кН}$, $\Delta F_X \leq \pm 3,0\%$;
 угловой скорости колеса $0...90 \text{ рад}^{-1}$, $\Delta \omega_K \leq \pm 1,5\%$;
 угловой скорости бегового барабана $0...32 \text{ рад}^{-1}$, $\Delta \omega_B \leq \pm 1,5\%$;
 относительного проскальзывания шины $0...1,0$, $\Delta S_X \leq \pm 1,5\%$.

Прогрев шин перед испытаниями

Перед экспериментальными исследованиями характеристик шин их нужно прогреть до рабочих температур, нагружая колесо и обкатывая шину по беговому барабану. Прогрев выполняется в следующей последовательности:

1 Установить заданную скорость вращения барабана;

2 Нагрузить шину нормальной нагрузкой F_Z ;

3 Обкатать шину в течение 15 минут со скоростью v_K , равной скорости тестового режима.

Тестовые воздействия на шину при испытаниях её динамических характеристик в тормозном режиме

Экспериментальные исследования стационарных фрикционных характеристик шин выполняют циклами.

Таблица 1. Скорости бегового барабана при включении передач в КПП привода шинного тестера при выборе заданной передачи

№ передачи в КПП привода	Скорость бегового барабана		
	Угловая ω_B , рад ⁻¹	Окружная	
		v_K , км/час	v_K , м/с
1	4.60	12.02	3.71
2	8.34	21.81	6.73
3	14.94	39.05	12.05
4	23.27	60.84	18.78
5	34.21	89.43	27.60

Результаты экспериментальных исследований стационарных характеристик шин в значительной степени определяются корректностью и стабильностью режимов тестовых воздействий [1].

Задание тестовых режимов в каждом цикле испытаний включает следующие процедуры.

1 Последовательно, устанавливать и фиксировать одно из заданных дискретных значений нормальной нагрузки F_Z на колесо: 1972 Н, 3286 Н, 4601 Н, 6573 Н и 9202 Н.

2 В каждом цикле испытаний последовательно дискретно устанавливать одно из значений скорости колеса v_K , согласно табл. 1.

3 Перед каждым новым испытанием визируют нулевое значение реализованной продольной реакции $F_X = 0$. В случае отклонения от нуля следует выполнить балансировку системы измерения F_X .

4 После каждого цикла испытаний с заданной нагрузкой на шину изменяют скорость вращения бегового барабана и повторяют цикл испытаний с измерением исследуемых параметров см. табл. 1.

Измерение исследуемых параметров шины

В процессе испытаний шин измеряют как силовые параметры: нормальную нагрузку на шину F_Z ; реализованную продольную силу F_X ; тормозной момент M_t , так и кинематические параметры исследуемого процесса: угловую скорость вращения колеса ω_K ; угловую скорость вращения бегового барабана стенда ω_B [4].

Измерительные системы стенда обеспечивают измерение контролируемых параметров в виде аналоговых сигналов, которые передаются на вход АЦП. АЦП преобразует эти сигналы в цифровые коды и передает их в компьютер для хранения в виде массивов данных.

Программное обеспечение преобразует цифровые коды в числовые значения силовых и кинематических параметров, позволяя представлять их в табличном и графическом виде. Результатом измерений являются осциллограммы и табличные значения параметров, например, осциллограмма процесса торможения колеса с эластичной шиной (см. рис. 2).

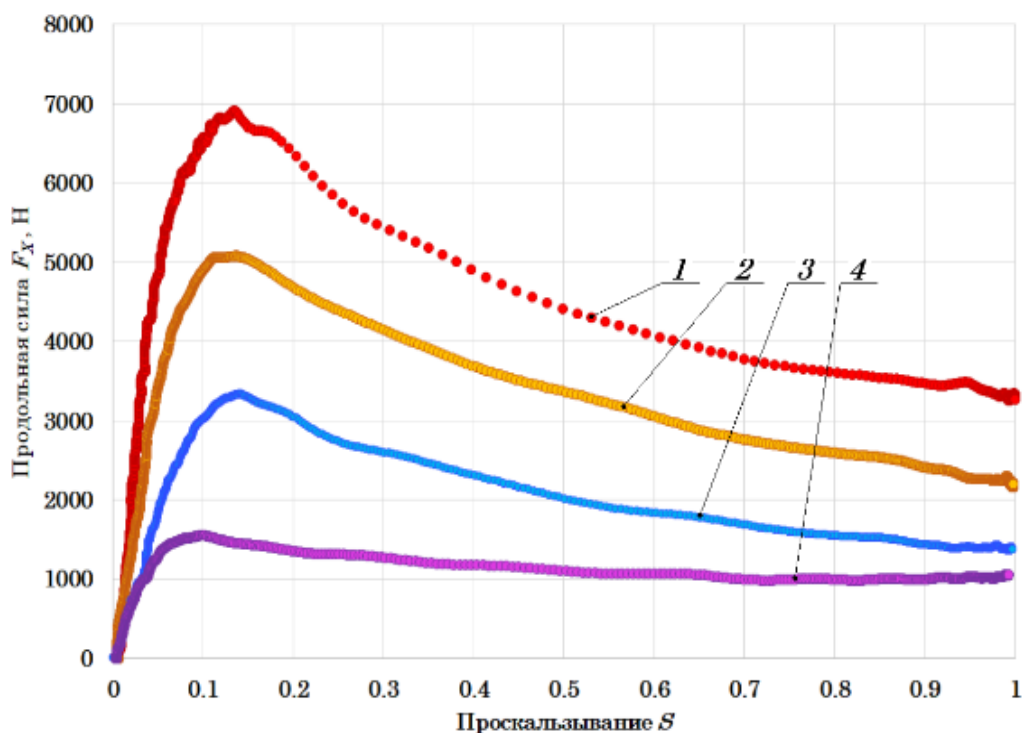


Рисунок 2 – Зависимость продольной силы F_X от проскальзывания S при варьировании нормальной нагрузки G_K (эксперимент, при $V_B = 19,4$ м/с):

1 – при $G_K = 6573$ Н; 2 – при $G_K = 4601$ Н;
3 – при $G_K = 3286$ Н; 4 – при $G_K = 1972$ Н.

Сохранение результатов измерений, их обработка и построение графиков

Обработку результатов испытаний следует начинать с построения и первичного анализа осциллограмм исследуемых процессов для выявления наиболее

информативных участков. Обработка выполняется в программе «Microsoft Excel». Строятся графики зависимостей: продольной силы $F_X = f(S_X)$ от продольного проскальзывания, коэффициента продольного сцепления $\varphi_X = f(S_X)$ от продольного проскальзывания и другие графики, в зависимости от необходимости [2].

На рисунке 2 представлен график зависимости продольной силы F_X от проскальзывания S шины Dunlop SP Sport LM705W 205/55 R 16 при варьировании нормальной нагрузки G_K . На рисунке 3 (а), демонстрируется график зависимости коэффициента продольного сцепления φ_X от проскальзывания S шины при изменении начальной скорости торможения V_B . На рисунке 3 (б), иллюстрируется график зависимости коэффициента сцепления шины φ от проскальзывания S также при изменении начальной скорости торможения V_B ($\varphi(S)$ -диаграмма).

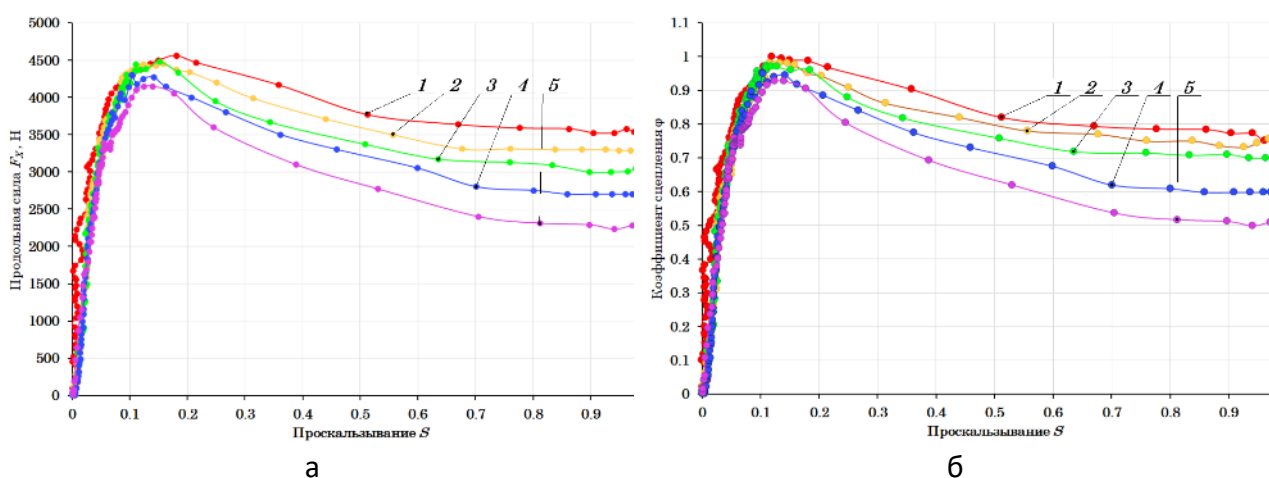


Рисунок 3 – Зависимость сцепных характеристик шины от проскальзывания S при варьировании начальной скорости торможения V_B шины *Dunlop SP Sport LM705W 205/55 R 16* (эксперимент, при $G_K = 6573$ Н): а – продольная сила F_X ; б – коэффициент сцепления φ ; 1 – при $V_B = 3,9$ м/с; 2 – при $V_B = 6,9$ м/с; 3 – при $V_B = 12,5$ м/с; 4 – при $V_B = 19,4$ м/с; 5 – при $V_B = 27,8$ м/с.

Результаты проведенного исследования позволяют сделать следующие выводы и рекомендации:

Параметры нагрузочных и скоростных режимов испытаний шин на стенде с беговым барабаном определяются мощностью его привода. В перспективе, при увеличении этой мощности станет возможным осуществление более широкого спектра испытаний, а также достижение больших скоростей и нагрузок.

Разработанные методики, а также изготовленное оборудование могут в будущем служить ценным наработанным материалом для подготовки и проведения испытаний шин на износ.

По полученным зависимостям могут быть определены функциональные зависимости продольной силы F_X от проскальзывания S при изменении нормальной нагрузки G_K и зависимости сцепных характеристик шины от проскальзывания S при изменении начальной скорости торможения V_B шины.

Список литературы

1. Васильев Ю. Э. Проведение экспериментальных работ по замеру динамического радиуса колеса при различных режимах вращения стенда / Ю. Э. Васильев, И. С. Братищев, И. О. Столетов // Интернет-журнал Науковедение. – 2014. – № 1(20). – С. 58.
2. Федотов А. И. Исследование процесса торможения колеса с эластичной шиной под действием переменной нормальной нагрузки // Безопасность колесных транспортных средств в условиях эксплуатации: материалы 99-й Международной научно-технической конференции. Иркутский национальный исследовательский технический университет; под общ. ред. А. И. Федотова. Иркутск, 2017. С. 167–178.
3. Федотов А. И. Шинный тестер с беговым барабаном для исследования характеристик шин / А. И. Федотов, Н. Ю. Кузнецов // Вестник Иркутского государственного технического университета. Иркутск, 2016. № 2. С. 123–126.
4. Федотов А.И. Испытания шин колесных транспортных средств: монография. – Иркутск: Изд-во ИРНИТУ, 2024.

References

1. Vasiliev Yu. E., Bratishchev I. S., Stoletov I. O. Conducting experimental work on measuring the dynamic radius of a wheel under various rotation modes of the stand // Internet Journal of Science. – 2014. – No. 1(20). – P. 58.
2. Fedotov A. I. Investigation of the braking process of a wheel with an elastic tire under variable normal load // Safety of wheeled vehicles in operational conditions: materials of the 99th International Scientific and Technical Conference. Irkutsk National Research Technical University; edited by A. I. Fedotov. Irkutsk, 2017. P. 167–178.
3. Fedotov A. I., Kuznetsov N.Yu. Tire tester with a rolling bench for investigating tire characteristics // Bulletin of Irkutsk State Technical University. Irkutsk, 2016. No. 2. P. 123–126.
4. Fedotov A.I. Testing of Tires for Wheeled Vehicles: Monograph. – Irkutsk: Publishing House of Irkutsk National Research Technical University, 2024.