УДК 629.03.027.45

КОМПЛЕКС ДЛЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ШИН

COMPLEX FOR EXPERIMENTAL RESEARCH OF TIRE DYNAMIC CHARACTERISTICS

Яньков Олег Сергеевич
кандидат технических наук,
доцент кафедры автомобильный транспорт,
Иркутский национальный исследовательский технический университет
yos913005@mail.ru

Ященко Лев Андреевич
студент гр. ТЭАМ-23-1,
Иркутский национальный исследовательский технический университет
Yashalion2001@gmail.com

Раднаева Анна Чингисовна
студентка гр. ТЭАМ-23-1,
Иркутский национальный исследовательский технический университет
liska_stepanova@mail.ru

Васин Дмитрий Андреевич
студент гр. АСб-21-1,
Иркутский национальный исследовательский технический университет
dima.vasin.2002@inbox.ru

Метелев Михаил Андреевич
студент гр. АСб-21-1,
Иркутский национальный исследовательский технический университет
metelev13sta@mail.ru

Аннотация. В статье приведено описание комплекса с беговым барабаном для экспериментального исследования динамических и фрикционных характеристик шин при нестационарном и стационарном уводе. Комплекс позволяет проводить испытания в различных условиях, включая изменение давления и скорости вращения, что способствует более точному моделированию реальных дорожных ситуаций. Исследование направлено на повышение безопасности и эффективности транспортных средств, что является актуальной задачей в условиях современного автомобильного рынка.

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

Yankov Oleg Sergeyevich
Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor of the Department of Motor Transport,
Irkutsk National Research Technical University
yos913005@mail.ru

Yashchenko Lev Andreevich
Student of group TEAM-23-1,
Irkutsk National Research Technical University
Yashalion2001@gmail.com

Radnaeva Anna Chingisovna
Student of group TEAM-23-1,
Irkutsk National Research Technical University
liska_stepanova@mail.ru

Vasin Dmitry Andreevich
Student of group ASb-21-1,
Irkutsk National Research Technical University
dima.vasin.2002@inbox.ru

Metelyov Mikhail Andreevich
Student of group ASb-21-1,
Irkutsk National Research Technical University
metelev13sta@mail.ru

Annotation. The article presents a description of a testing complex with a rolling bench for experimental investigation of the dynamic and frictional characteristics of tires under both unsteady and steady conditions. The complex allows for testing under various conditions, including changes in pressure and rotational speed, which facilitates more accurate modeling of real road situations. The research aims to enhance the safety and efficiency of vehicles, which is a relevant challenge in the context of the modern automotive market.

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

Введение

Колесные транспортные средства (КТС) занимают лидирующие позиции в современной транспортной системе, в основном благодаря своей уникальной способности обеспечивать доставку пассажиров и грузов «от двери до двери» при относительно невысокой стоимости, в отличие от водного, воздушного и других видов транспорта. Высокая конкурентоспособность КТС обеспечивает быстрый рост количества транспортных средств и интенсивности движения, что, к сожалению, приводит к повышению дорож-

но-транспортных происшествий, в том числе с человеческими жертвами. В связи с этим повышение безопасности КТС является одной из важнейших задач современности, над которой работают автопроизводители, ведущие компании, отраслевые институты и научные учреждения.

Для обеспечения шины необходимыми фрикционными, нагрузочными, скоростными и другими характеристиками производители шин подготавливают конструкторов, испытателей и ИТ-специалистов, занимающихся разработками, производством и развитием современных шин. Создаются инновационные решения и усиливается конкуренция между ведущими мировыми компаниями.

Еще в 1975 году европейские производители шин и дисков совместно с ООН разработали правила проверки качества шин и колёс. В настоящих правилах описаны все важные термины и методы тестирования. Проверку шин обычно осуществляют в специальных лабораториях или проводят испытания на специально оборудованных полигонах (дорожный метод).

Лабораторные испытания регулируются ГОСТ Р ИСО 10191-2012 (он же международный стандарт ISO 10191:2010) [2]. Этот стандарт описывает методы проверки шин для легковых автомобилей, включая такие характеристики, как прочность, сопротивление повороту, выносливость и соответствие заявленной категории скорости.

Для проведения экспериментальных исследований динамических и фрикционных характеристик шин в научно-исследовательской лаборатории ИРНИТУ разработаны методики, для реализации которых было изготовлено стендовое оборудование. Эти методики обеспечивают возможность выполнять испытания автомобильных шин с получением их стационарных и нестационарных характеристик в процессе качения колеса с углами увода и в тормозном режиме. [7, 8, 4]

Шинный тестер ИРНИТУ, схема которого представлена на рисунке 1, является специализированным оборудованием, предназначенным для оценки характеристик шин. Он включает в себя несколько ключевых компонентов, каждый из которых выполняет свою уникальную функцию.

1. Система привода – трансмиссия стенда передает мощность от источника к испытуемому объекту, обеспечивая стабильное движение и точные условия испытаний.

2. Несущая система обеспечивает жесткость и устойчивость конструкции, минимизируя влияние внешних факторов на результаты.

3. Опорная система измерительного модуля фиксирует измерительный модуль с датчиками, обеспечивая стабильность и надежность измерений.

4. Система нагружения создает различные условия нагрузки на колесо с помощью гидравлических или пневматических механизмов для реалистичной симуляции эксплуатации.

5. Система управления координирует работу всех компонентов, автоматизируя процессы и позволяя оператору задавать параметры испытаний и контролировать систему.

6. Измерительная система включает датчики для сбора данных во время испытаний, обеспечивая высокую точность и надежность измерений для анализа характеристик объекта.

Вместе эти компоненты образуют комплексную систему, позволяющую проводить разнообразные испытания шин, включая оценку их прочности, износостойкости, сцепления с дорогой и других важных характеристик. Тестер обеспечивает стандартизированные условия для испытаний, что позволяет получить точные и воспроизводимые результаты.

Беговой барабан 8 стенда вращается за счёт электромеханического привода, который включает в себя асинхронный электродвигатель 1, мощностью $N = 55$ кВт. В систему также входят фрикционное дисковое сцепление 2, пятиступенчатая коробка передач 3 от автомобиля ЗиЛ-130, а также карданная 4 и цепная передачи 5. Беговой барабан 8 шинного тестера ИРНИТУ имеет наружный диаметр 1,8 м и ширину 0,6 м. Для обеспечения стабильности измеряемых фрикционных характеристик и самоочищения рабочей поверхности барабана на него нанесено специальное полимерное покрытие. (3,5) Скорость вращения бегового барабана считывается с датчика угловой скорости барабана 7, установленного на звёздочке бегового барабана 6.

Основным компонентом системы измерения является измерительный модуль 24, который состоит из нескольких датчиков: тензодатчики нормальной нагрузки 23, тензодатчики касательной реакции 21, тензодатчик боковой реакции 22 и датчик угловой скорости колеса 12. Испытуемое колесо 9 устанавливается на ступицу 11, что обеспечивает надежное соединение и стабильность в процессе испытаний.

Для проведения испытаний в тормозном режиме предусмотрен тормозной механизм 10, который позволяет имитировать реальные условия эксплуатации колеса. Измерительный модуль 24 вместе с испытуемым колесом 9 приводится в движение гидроцилиндром 25. Этот гидроцилиндр установлен относительно цапфы 15, которая, в свою очередь, закреплена на балке 17. Данный механизм позволяет точно задавать угол увода, который контролируется с помощью датчика угла увода 14.

Балка 17 надежно фиксируется на раме 13 с использованием подшипников 16, которые расположены в опорных рычагах 29. Это обеспечивает необходимую жесткость конструкции и минимизирует влияние внешних факторов на результаты измерений. Нормальная нагрузка на колесо осуществляется за счет гидроцилиндра 28 и пневмокамеры 18, которые закреплены на кронштейне 26 и зажаты рычагом 27.

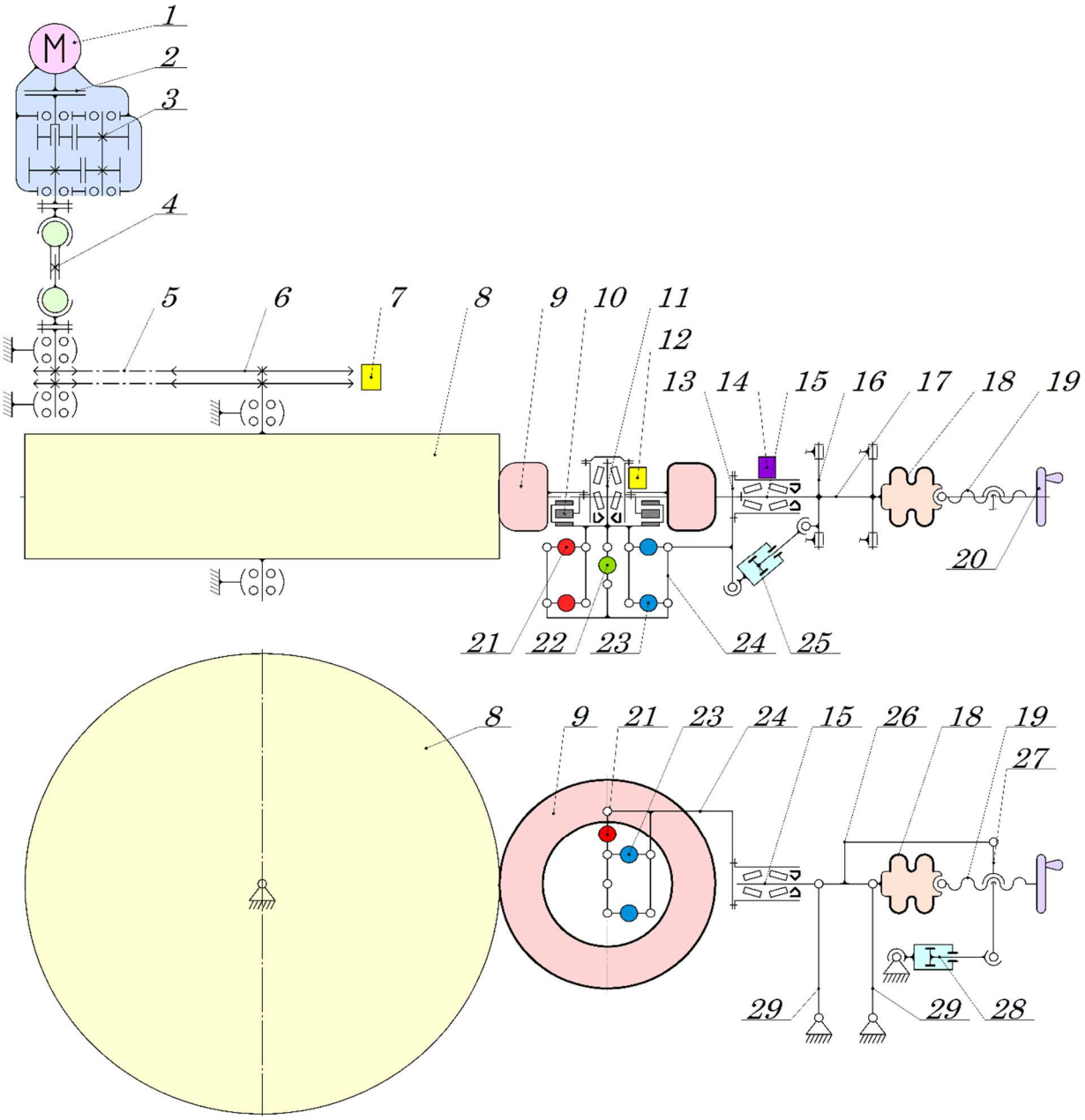

Рисунок 1 – Кинематическая схема шинного тестера ИРНИТУ
1 – асинхронный электродвигатель; 2 – фрикционное сцепление; 3 – коробка передач; 4 – карданная передача; 5 – цепная передача; 6 – звёздочка бегового барабана; 7 – датчик скорости бегового барабана; 8 – беговой барабан стенда; 9 – испытуемое колесо; 10 – тормозной механизм; 11 – ступица; 12 – датчик скорости колеса; 13 – опорная рама; 14 – датчик угла увода; 15 – цапфа; 16 – опорные подшипники балки; 17 – балка; 18 – пневмокамера; 19 – винт тонкой настройки нормальной нагрузки; 20 – рукоять; 21 – тензодатчики касательной реакции ($Д_X$); 22 – тензодатчик боковой реакции ($Д_Y$); 23 – тензодатчики нормальной нагрузки ($Д_Z$); 24 – измерительный модуль; 25 – гидроцилиндр системы установки угла увода; 26 – кронштейн; 27 – рычаг; 28 – гидроцилиндр системы нагружения нормальной нагрузкой; 29 – передний и задний опорные рычаги

Для более точной настройки нормальной нагрузки предусмотрен регулировочный винт 19, который можно легко отрегулировать с помощью рукояти 20. Это решение позволяет оператору оперативно изменять параметры нагрузки в процессе испытаний, обеспечивая высокую точность и повторяемость результатов. Таким образом, вся система спроектирована с учетом требований к точности и надежности измерений в условиях динамического тестирования колес.

Шинный тестер ИРНИТУ представляет собой современное оборудование, предназначенное для комплексной оценки характеристик автомобильных шин. Он позволяет проводить испытания в различных режимах, что дает возможность исследовать поведение шин в условиях, близких к реальным (рис. 2).

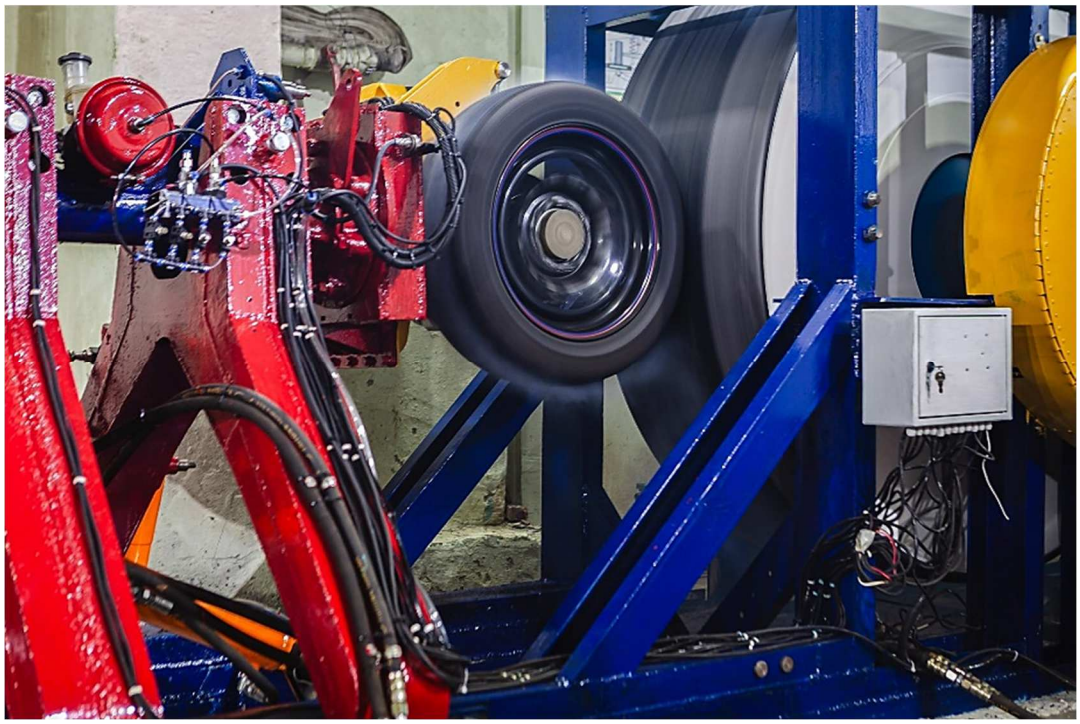

Рисунок 2 – Шинный тестер ИРНИТУ в процессе испытания

В стационарном режиме тестер может фиксировать параметры сцепления, износа и других эксплуатационных характеристик, что особенно важно для оценки безопасности и эффективности шин. В нестационарном режиме испытания имитируют реальные условия движения, включая торможение и разгон, что позволяет выявить динамические характеристики и реакцию шин на изменения дорожной поверхности [1, 6].

Кроме того, шинный тестер может использоваться для разработки новых моделей шин, позволяя оптимизировать их конструкцию и материалы. Это, в свою очередь, способствует повышению безопасности на дорогах и улучшению эксплуатационных качеств автомобилей.

Использование такого оборудования также открывает возможности для научных исследований в области автомобильной техники, позволяя студентам и специалистам проводить эксперименты и анализировать полученные данные. Таким образом, шинный тестер ИРНИТУ является важным инструментом как для промышленности, так и для образовательных учреждений, способствуя развитию технологий и повышению качества автомобильной продукции.

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. ГОСТ Р ИСО 10191-2012. Шины для легковых автомобилей. Контроль за характеристиками шин. Лабораторные методы испытаний. – М. : Стандартинформ, 2014. – 18 с.

3. Кузнецов Н.Ю. Контроль технического состояния автомобильных амортизаторов на основе характеристик сцепления шин с опорной поверхностью : дис. ... канд. техн. наук: 05.22.10. г. – Иркутск, 2019. – 221 с.

4. Куюков В.В. Стендовые исследования сцепных свойств автомобильного колеса на фрагментах дорожных покрытий / В.В. Куюков, А.А. Шинкаренко // Наука в центральной России. – 2013. – № 11S. – С. 18–23.

5. Кузнецов Н.Ю. Контроль технического состояния автомобильных амортизаторов на основе характеристик сцепления шин с опорной поверхностью : дис. ... канд. техн. наук: 05.22.10. г. – Иркутск, 2019. – 221 с.

6. Федотов А.И. Исследование процесса торможения колеса с эластичной шиной под действием переменной нормальной нагрузки / А.И. Федотов; Под общ. ред. А.И. Федотова; Иркутский национальный исследовательский технический университет // Безопасность колесных транспортных средств в условиях эксплуатации: Материалы 99-й Международной научно-технической конференции. – Иркутск, 2017. – С. 167–178.

7. Федотов А.И. Стенд для исследования характеристик шин // Журнал автомобильных инженеров. – М., 2015. – С. 30–33.
8. 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.
9. Федотов А.И. Испытания шин колесных транспортных средств : монография. – Иркутск : Изд-во ИРНИТУ, 2024.

List of references:

1. Vasiliev Yu.E. Conducting experimental work on measuring the dynamic radius of a wheel under various rotation modes of the stand / Yu.E. Vasiliev, I.S. Bratishchev, I.O. Stoletov // Internet Journal of Science. – 2014. – № 1(20). – P. 58.
2. GOST R ISO 10191-2012. Tires for passenger cars. Control of tire characteristics. Laboratory testing methods. – M. : Standartinform, 2014. – 18 p.
3. Kuznetsov N.Yu. Control of the technical condition of automotive shock absorbers based on the characteristics of tire adhesion to the supporting surface : dis. ... Candidate of Technical Sciences: 05.22.10. – Irkutsk, 2019. – 221 p.
4. Kuyukov V.V. Stand studies of the adhesive properties of automobile wheels on fragments of road surfaces / V.V. Kuyukov, A.A. Shinkarenko // Science in Central Russia. – 2013. – № 11S. – P. 18–23.
5. Kuznetsov N.Yu. Control of the technical condition of automotive shock absorbers based on the characteristics of tire adhesion to the supporting surface : disn. ... Candidate of Technical Sciences: 05.22.10. – Irkutsk, 2019. – 221 p.
6. Fedotov A.I. Investigation of the braking process of a wheel with an elastic tire under variable normal load / A.I. Fedotov; Edited by A.I. Fedotov; Irkutsk National Research Technical University // Safety of wheeled vehicles in operational conditions: Materials of the 99th International Scientific and Technical Conference. – Irkutsk, 2017. – P. 167–178.
7. Fedotov A.I. Stand for investigating tire characteristics // Journal of Automotive Engineers. – M., 2015. – P. 30–33.
8. Fedotov A.I. Tire tester with a rolling bench for investigating tire characteristics / A.I. Fedotov, N.Yu. Kuznetsov // Bulletin of Irkutsk State Technical University. – Irkutsk, 2016. – № 2. – P. 123–126.
9. Fedotov A.I. Testing of Tires for Wheeled Vehicles : monograph. – Irkutsk : Publishing House of Irkutsk National Research Technical University, 2024.