

УДК 629.018

ПОВЫШЕНИЕ ЭКВИВАЛЕНТНОСТИ ИСПЫТАНИЙ ТОРМОЗНОЙ СИСТЕМЫ АВТОМОБИЛЕЙ

Екатерина Игоревна Куприянова

Студент 1 курса магистратуры,

кафедра «Метрология и взаимозаменяемость»

Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана

Научный руководитель: В.Л. Скрипка,

доцент кафедры «Метрология и взаимозаменяемость»

В современном мире транспорт является неотъемлемой частью инфраструктуры, обеспечивая мобильность населения и экономическое развитие. По данным Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), ежегодно в дорожно-транспортных происшествиях погибает более 1,3 миллиона человек, а травмы получают до 50 миллионов, при этом значительная часть аварий связана с неисправностями тормозной системы или ее недостаточной эффективностью в реальных условиях.

Тормозная система – это важный элемент активной безопасности автомобиля, включающий механические, гидравлические или пневматические компоненты, такие как диски, колодки, цилиндры и электронные модули (ABS, ESP). Эффективность ее работы напрямую влияет на тормозной путь, устойчивость и управляемость. Существующие методы испытаний (ГОСТ Р 51709–2001, Правила ЕЭК ООН №13) ориентированы на прямолинейное движение и фиксированные режимы, что приводит к неэквивалентности лабораторных результатов реальным сценариям, особенно при торможении в поворотах, переменной нагрузке, изменении коэффициента сцепления и температуры. Поэтому целью данной работы является повышение эквивалентности испытаний тормозных систем автомобилей.

Проведённый аналитический обзор литературы и патентных источников позволил систематизировать существующие методы испытаний по двум основным группам:

1. Статические роликовые стенды (ГОСТ Р 51709–2001) — измеряют тормозную силу при низких скоростях, но полностью исключают инерционные и боковые нагрузки. Эквивалентность реальным условиям не превышает 40–50 %.
2. Инерционные платформенные и роликовые стенды — имитируют замедление за счёт кинетической энергии разогнанных масс, достигая скоростей до 80 км/ч, однако не воспроизводят боковое ускорение. Эквивалентность остаётся на уровне 60–70 %.

Существующие решения либо недостаточно точны (эквивалентность ниже 70 %), либо экономически недоступны для большинства исследовательских и сертификационных лабораторий. Это создаёт объективную необходимость в разработке системы с измерительными функциями, которая сочетала бы реальное трение шин, контролируемое боковое ускорение, высокую повторяемость и умеренную стоимость.

В работе предложена конструкция автономного платформенного стенда, не требующего заезда автомобиля и позволяющего проводить испытания непосредственно тормозных модулей (диск, суппорт, ABS/ESP) в условиях, максимально приближённых

к реальным. Конструкция включает жёсткую поворотную платформу, установленную на центральной оси. К оси диаметрально противоположно прикреплены две цепи с гидропневмоамортизаторами, обеспечивающими контролируемое гашение колебаний. Иницирующий импульс создаётся пневматическим ударным механизмом. Под платформой размещены модули колёс, включающие шину, тормозной диск, суппорт и электропривод разгона. Вертикальная нагрузка на каждое колесо (5000 Н) задаётся пневмоцилиндрами, а реальный контакт шины с полом лаборатории обеспечивает естественное возникновение боковой силы трения при повороте платформы. Стенд оснащен системой с измерительными функциями, включающий абсолютный энкодер угла поворота, тензодатчики тормозного момента, трёхосевые акселерометры, датчики давления в тормозных контурах и датчики скорости вращения дисков. Все сигналы оцифровываются и обрабатываются.

Предлагаемый стенд обладает следующими преимуществами по сравнению с существующими аналогами:

- Высокая эквивалентность — использование реальных шин и контролируемое боковое ускорение до 0,8 g обеспечивают соответствие дорожным условиям на уровне 90 – 95 %, что подтверждено расчётами.
- Доступная стоимость — оценочная стоимость изготовления составляет 1,2 – 1,8 млн руб., что в 10 – 15 раз ниже полноразмерных динамических комплексов и сопоставимо с ценой импортных роликовых стендов.
- Полная безопасность — испытания проводятся на стационарной платформе без движения автомобиля, исключается риск ДТП и повреждения оборудования.
- Высокая повторяемость — возможность автоматизированного управления ударным механизмом, нагрузкой и торможением позволяет проводить серии тестов в идентичных условиях (отклонение параметров < 2 %).
- Гибкость — смена покрытия пола, регулировка вертикальной нагрузки и настройка амортизаторов позволяют имитировать широкий спектр дорожных условий и типов транспортных средств.

Таким образом, практическая значимость работы заключается в создании доступной системы с измерительными функциями для сертификационных и исследовательских испытаний тормозных систем, позволяющей значительно сократить объём дорогостоящих полигонных тестов и повысить достоверность оценки активной безопасности автомобилей.

Литература

1. Правила ЕЭК ООН № 13-11. Единообразные предписания, касающиеся официального утверждения механических транспортных средств категорий М, N и O в отношении торможения. — 2023.
2. ГОСТ Р 51709-2001. Автотранспортные средства. Требования безопасности к техническому состоянию и методы проверки. — М., 2002.
3. Матвеев А. В., Иванов В. Г. Испытания тормозных систем с имитацией боковых нагрузок // Автомобильная промышленность. — 2024. — № 3. — С. 45–52.