

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»

Институт машиностроения

(наименование института полностью)

Кафедра

Проектирование и эксплуатация автомобилей

(наименование)

23.03.03 Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов

(код и наименование направления подготовки)

Автомобили и автомобильное хозяйство

(направленность (профиль) / специализация)

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)

на тему Исследование погрешности измерения силовых параметров на

тормозных стендах с беговыми роликами

Студент

Н.В. Бабичев

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

старший преподаватель, В.Г. Доронкин

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

Аннотация

В соответствии с заданием на выполнение ВКР, выданным кафедрой «Проектирование и эксплуатация автомобилей», было выполнено исследование погрешности измерения силовых параметров на тормозных стендах с беговыми роликами.

Цель работы: повышение активной безопасности автомобилей на основе совершенствования методики измерения силовых параметров, характеризующих техническое состояние их тормозных систем в процессе диагностирования на стендах с беговыми барабанами.

ВКР бакалавра включает в себя пять разделов.

В первом разделе рассмотрены общие вопросы безопасности автомобиля.

Во втором разделе рассмотрены назначение, состав, виды и требования предъявляемые к тормозным системам автомобиля.

В третьем разделе изучены методы и средства диагностирования тормозной системы автомобилей.

В четвертом разделе приведена систематизация погрешностей измерения силовых параметров, характеризующих работу тормозной системы автомобиля на стендах с беговыми барабанами.

В пятом разделе представлены методики тарировки системы измерения тормозных сил.

Выпускная квалификационная работа состоит из 55 страниц, и включает в себя 15 иллюстраций, 38 источников.

Содержание

Введение.....	3
1 Состояние вопроса	6
2 Назначение, состав, виды и требования, предъявляемые к тормозным системам автомобиля.....	8
3 Методы и средства диагностирования тормозной системы автомобилей... 28	
3.1 Показатели качества функционирования тормозной системы автомобилей на роликовых тормозных стендах	28
3.2 Силовые тормозные стенды с беговыми барабанами	30
3.3 Инерционные стенды с беговыми барабанами.....	37
3.4 Комбинированные стенды с беговыми барабанами.....	39
4 Систематизация погрешностей измерения силовых параметров, на стендах с беговыми барабанами	41
5 Методики тарировки системы измерения тормозных сил.....	43
5.1 Методика тарировки системы измерения тормозных сил, разработанная заводом изготовителем стендов	43
5.2 Усовершенствованная методика тарировки систем измерения тормозных сил на стендах с беговыми барабанами	46
Заключение	51
Список используемой литературы и используемых источников.....	52

Введение

Автомобильный транспорт является самым опасным видом транспорта, о чем нам говорит статистика. По данным европейской экономической комиссии организации объединенных наций (РЭК ООН) «автомобильный транспорт в 12 раз опаснее морского и речного транспорта, в 1,5 раза опаснее воздушного транспорта» [1] а по данным всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), «каждый год в мире при дорожно-транспортных происшествиях погибают и получают травмы более 25 миллионов человек, при этом суммарные экономические потери превышают 600 миллиардов долларов» [2].

По данным ГИБДД за 2019 год на дорогах страны было зафиксировано 164,3 тыс. дорожно-транспортных происшествий, что на 2,2 % меньше аналогичного периода 2018 года. В результате погибло почти 16,9 тысяч человек из них около 4,9 тыс. были пешеходами (в 2018 году 18,2 тыс., из которых 5,3 тыс. были пешеходами) и 210 тыс. получили травмы различных видов тяжести.

В настоящее время идет реализация второго этапа программы, в рамках которого реализуется множество мероприятий программы, направленные на повышение уровня технического состояния эксплуатируемых транспортных средств, их активной и пассивной безопасности.

«Одной из важнейших проблем, стоящих перед автомобильным транспортом, является повышение его безопасности в условиях эксплуатации. Решение этой проблемы, с одной стороны, обеспечивается автомобильной промышленностью за счет выпуска более безопасных автомобилей, с другой – совершенствованием методов технической эксплуатации и контроля систем, обеспечивающих безопасность автомобилей.

Безопасность автомобилей в значительной степени зависит от технического состояния тормозных систем и рулевого управления, по

причине неисправности которых случается около 64 % ДТП (от общего числа происшедших по техническим причинам). По данным статистики, число ДТП, обусловленных неисправностями тормозных систем автомобилей, составляет 40-50 % от общего числа происшествий по причинам, связанным с техническим состоянием автомобилей» [2].

Контроль состояния тормозных систем автомобиля в основном осуществляется на силовых стендах с беговыми барабанами, при работе на которых измеряются параметры, на основании которых судят о техническом состоянии тормозных систем.

«При очевидных преимуществах стендового метода контроля он не позволяет обеспечить требуемой ГОСТ Р 51709-2001 достоверности результатов диагностирования и контроля тормозных систем автомобилей. Результаты стендового контроля отличаются большим разбросом измеренных значений силовых параметров, характеризующих техническое состояние тормозных систем автомобилей» [2].

Известны результаты исследования, которые показывают, что «при положительных результатах испытаний автомобилей на современных силовых тормозных стендах, 50% из них не обеспечили нормативную величину замедления и превысили линейное отклонение при торможении в дорожных условиях.

В свою очередь ГОСТ Р 51709-2001 не регламентирует методик измерения силовых параметров на стендах с беговыми барабанами» [3].

«Исследования повторяемости результатов контроля тормозной системы одного и того же автомобиля на современных силовых стендах показывают, что разброс измеренных значений:

- нагрузки на его оси может достигать – 8,8 %;
- тормозных сил – 40 %;
- относительной разности тормозных сил – 20%;
- удельной тормозной силы – 20,6 %» [3].

Таким образом, совершенствование методики измерения силовых параметров при диагностировании тормозных систем автомобиля на стендах с беговыми барабанами является актуальной задачей. Её решение позволит существенно повысить активную безопасность автомобилей в условиях эксплуатации, снизить количество ДТП и уменьшить ущерб их последствий.

1 Состояние вопроса

Постановлением Правительства РФ от 3 октября 2013 г. № 864 «О федеральной целевой программе «Повышение безопасности дорожного движения в 2013-2020 годах» утверждена федеральная целевая программа «Повышение безопасности дорожного движения 2013-2020 годах», одной из целей которой является сокращение числа погибших в дорожно-транспортных происшествиях.

В настоящее время идет реализация второго этапа программы, в рамках которого реализуется множество мероприятий программы, направленные на повышение уровня технического состояния эксплуатируемых транспортных средств, их активной и пассивной безопасности.

«Активная безопасность автомобилей в существенной степени зависит от технического состояния тормозных систем и рулевого управления, вследствие неисправности которых случается около 64% ДТП (от общего числа происшествий по техническим неисправностям). По данным статистики доля ДТП, обусловленных неисправностями тормозной системы автомобилей, составляет 40-50% от общего числа ДТП по техническим причинам.

Согласно статистическим данным наибольшее количество отказов приходится на тормозную систему 5799 случаев, что составляет 17,06 % количества всех отказов (рисунок 1). Необходимо отметить, что в условиях эксплуатации отказы тормозных систем являются чрезвычайно опасными. ДТП, вызванные отказами тормозных систем, несут в себе наиболее тяжкие последствия» [3].

В соответствии с федеральной целевой программой «Повышение безопасности дорожного движения», для снижения числа ДТП, необходимо поддержание тормозных систем автомобилей в исправном состоянии.

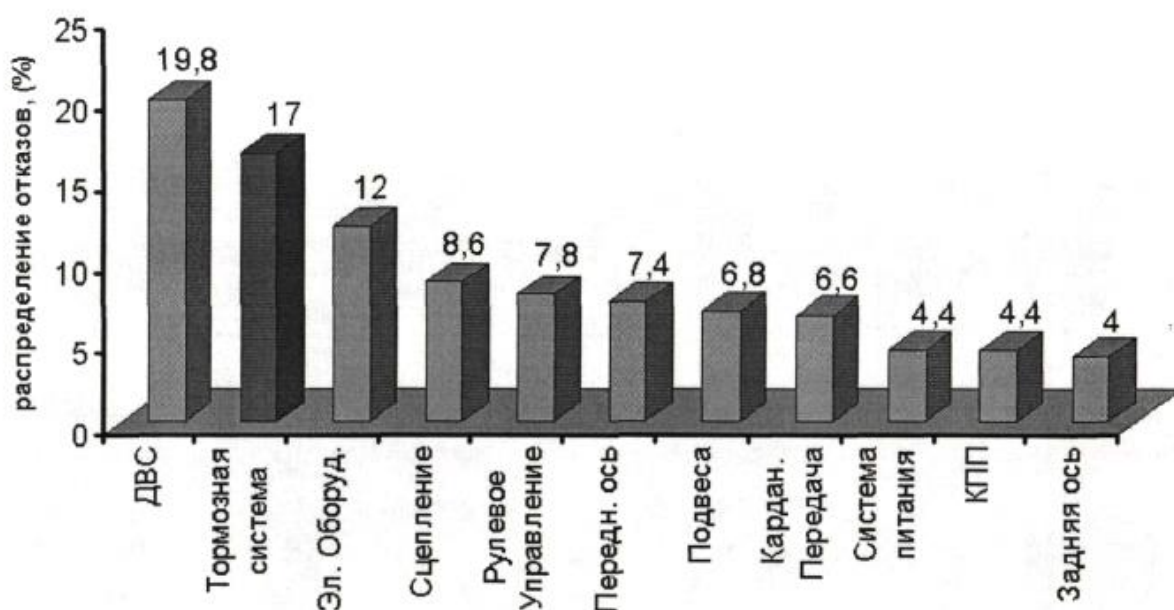


Рисунок 1 – Распределение отказов агрегатов, систем и механизмов АТС в условиях эксплуатации

Техническая диагностика призвана определять состояние автомобиля в целом и его агрегатов. Технической диагностикой называется отрасль знаний, изучающая признаки неисправностей автомобиля, методы, средства и алгоритмы определения его технического состояния без разборки, а также технологию и организацию использования систем диагностирования в процессах технической эксплуатации.

Заключение по разделу «Состояние вопроса».

В разделе рассмотрено состояние вопроса обеспечения безопасности дорожного движения в Российской Федерации. Определено что 64% ДТП случается от неисправности тормозных систем и рулевого управления автомобилей.

2 Назначение, состав, виды и требования, предъявляемые к тормозным системам автомобиля

Тормозные системы автомобиля служат для снижения скорости его движения вплоть до полной остановки и для удержания его в неподвижном состоянии. Легковые автомобили оборудуются рабочей, запасной и стояночной тормозными системами.

Тормозная система автомобиля включает в себя управляющее устройство, тормозной привод и тормозные механизмы.

Управляющее устройство служит для приведения в действие тормозной системы и включает в себя орган управления (педаль или рычаг), приводимый в действие за счет мускульной силы водителя, а также дополнительное энергоснабжающее устройство для уменьшения усилий, прилагаемых водителем к органу управления при торможении автомобиля. Тормозная система, имеющая дополнительное энергоснабжающее устройство, называется энергоснабжаемой, а не имеющая такового устройства – мускульной. В качестве энергоснабжающих устройств в тормозной системе могут использоваться устройства, работающие за счет пневматической, гидравлической и электрической энергии.

Тормозной привод служит для распределения и передачи усилия от управляющего или энергоснабжающего устройства к тормозным механизмам, который может быть механическим, гидравлическим, пневматическим, вакуумным, электрическим или комбинированным. На легковых автомобилях применяется гидравлический (для рабочей и запасной тормозной систем) и механический (для стояночной тормозной системы) приводы. В ближайшей перспективе ожидается распространение электрического привода тормозов с электронным управлением.

Тормозные механизмы служат для преобразования передаваемых на них через тормозной привод усилий в тормозные силы, противодействующие движению автомобиля. В тормозных системах легковых автомобилей

применяются только колесные фрикционные колодочные тормозные механизмы, обеспечивающие затормаживание колес автомобиля за счет сил трения, возникающих между установленным в неподвижно закрепленном тормозном механизме тормозными колодками и вращающимся вместе с колесом тормозным диском (дисковой тормозной механизм или тормозным барабаном (барабанный тормозной механизм) Образующаяся в процессе работы тормозных механизмов теплота, а также продукты их износа (в основном накладок тормозных колодок) рассеиваются в окружающую среду.

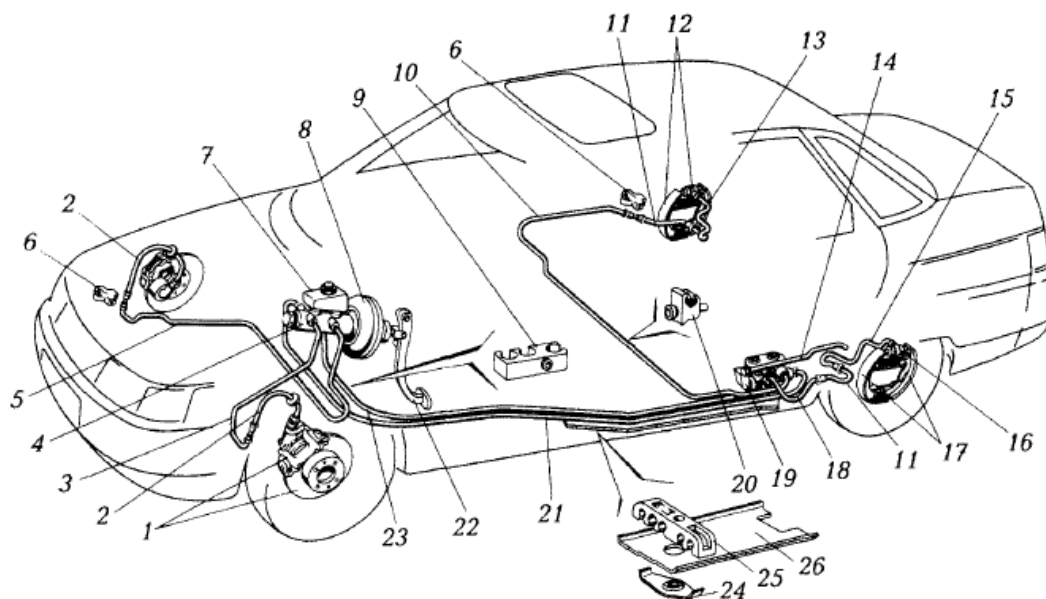
Рабочая тормозная система служит для снижения скорости движения автомобиля и его кратковременной остановки при обычном режиме эксплуатации. На изучаемых легковых автомобилях применяются энергоснабжаемые рабочие тормозные системы с вакуумным усилителем, гидравлическим приводом и дисковыми и барабанными тормозными механизмами колес.

Управляющее устройство рабочей тормозной системы включает в себя педаль 22 (рисунок 2) тормоза и вакуумный усилитель 8. Рабочая тормозная система приводится в действие педалью тормоза за счет прилагаемого к ней мускульного усилия ноги водителя, поэтому ее иногда называют ножным тормозом. Вакуумный усилитель 8 является энергоснабжающим устройством, увеличивающим прилагаемое к педали тормоза усилие за счет разрежения во впускном трубопроводе двигателя.

Гидравлический привод рабочей тормозной системы включает в себя главный тормозной цилиндр 4 с бачком 7, регулятор 19 давления, рабочие тормозные цилиндры тормозных механизмов 1 и 12 колес, а также соединяющие их трубопроводы с арматурой и гибкими шлангами 2 и 11.

Главный тормозной цилиндр 4 преобразует передаваемое на него через вакуумный усилитель усилие в давление заполняющей систему гидравлического привода тормозной жидкости и распределяет давление между рабочими тормозными цилиндрами тормозных механизмов колес. Для повышения надежности рабочей тормозной системы ее гидравлический

привод выполняется двухконтурным, что обеспечивается применением двухкамерного главного тормозного цилиндра и двухкамерного бачка 7. Двухкамерный главный тормозной цилиндр имеет две камеры с двумя поршнями, которые обеспечивают необходимое для торможения давление каждая в своем контуре.



1 – тормозной механизм переднего колеса; 2 – передний тормозной шланг; 3, 10, 13 и 21 – трубопроводы второго контура «левый передний – правый задний тормоза»; 4 – главный тормозной цилиндр; 5, 15, 18 и 23 – трубопроводы первого контура «правый передний – левый задний тормоза»; 6, 9, 20 и 25 – скобы крепления трубопроводов; 7 – бачок с тормозной жидкостью; 8 – вакуумный усилитель; 11 – задний шланг; 12 – тормозной механизм заднего колеса; 14 – упругий рычаг привода регулятора давления; 16 и 17 – рабочий тормозной цилиндр и тормозные колодки тормозного механизма заднего колеса соответственно; 19 – регулятор давления; 22 – педаль тормоза; 24 – пластина крепления кожуха; 26 – защитный кожух трубопроводов

Рисунок 2 – Схема компоновки рабочей тормозной системы переднеприводного автомобиля ВАЗ

На изучаемых автомобилях применяются двухконтурные приводы, выполненные по одной из следующих схем: по диагональной схеме (применяется на переднеприводных автомобилях ВАЗ), по схеме «тормозные механизмы передних колес – тормозные механизмы задних колес» (применяется на автомобилях ВАЗ с классической схемой компоновки и

автомобилях ГАЗ), а также по схеме «тормозные механизмы всех колес – тормозные механизмы передних колес» (применяется на полноприводных автомобилях ВАЗ).

При диагональной схеме каждый контур гидравлического привода обеспечивает приведение в действие тормозного механизма одного переднего и одного заднего колеса, расположенного с другого борта автомобиля, то есть по диагонали. К примеру, на переднеприводных автомобилях ВАЗ применяется диагональная схема гидропривода типа «тормозные механизмы правого переднего и левого заднего – тормозные механизмы левого переднего и правого заднего колес». При такой схеме первый контур гидропривода, соединенный с первой камерой главного тормозного цилиндра, обеспечивает приведение в действие тормозных механизмов правого переднего и левого заднего колес автомобиля, а второй контур, соединенный со второй камерой главного тормозного цилиндра – левого переднего и правого заднего колес

При схеме «тормозные механизмы передних колес – тормозные механизмы задних колес» соединенный с первой камерой главного тормозного цилиндра первый контур гидропривода приводит в действие тормозные механизмы обоих передних колес, а соединенный со второй камерой главного тормозного цилиндра второй контур – тормозные механизмы обоих задних колес.

При схеме «тормозные механизмы всех колес – тормозные механизмы передних колес» соединенный с первой камерой главного тормозного цилиндра первый контур гидропривода приводит в действие тормозные механизмы передних колес с использованием только одного из блока устанавливаемых на них рабочих цилиндров и одновременно тормозные механизмы задних колес, а соединенный со второй камерой главного тормозного цилиндра второй контур гидропривода приводит в действие только тормозные механизмы передних колес с использованием для этого остальных, изолированных от первого контура рабочих цилиндров. При

данной схеме тормозной механизм каждого переднего колеса имеет не один, а два или даже три (на полноприводных автомобилях ВАЗ) рабочих цилиндра, которые соединяются с соответствующими контурами гидропривода при помощи двух шлангов.

При любой из рассмотренных схем двухконтурных гидроприводов рабочих тормозных систем в случае нарушения герметичности и выходе из строя одного из контуров тормозной системы второй ее контур сохраняет работоспособность, что обеспечивает торможение автомобиля колесными тормозными механизмами исправного контура, хотя и с меньшей эффективностью.

Регулятор давления 9 уменьшает давление, подаваемое к рабочим тормозным цилиндрам тормозных механизмов задних колес в зависимости от приходящейся на них нагрузки, предотвращая тем самым преждевременную блокировку задних колес и движение их юзом при резких торможениях автомобиля, что уменьшает вероятность его заноса. Необходимость уменьшения давления в тормозных механизмах задних колес при торможении обусловлена происходящим при этом перераспределением нагрузки на переднюю и заднюю оси автомобиля. При торможении доля массы автомобиля, приходящейся на переднюю ось, возрастает, а на заднюю ось – уменьшается и соответственно сцепление передних колес с дорогой возрастает, а задних – уменьшается, что может привести к блокировке задних колес.

Рабочие тормозные цилиндры 16 тормозных механизмов задних и передних колес под действием подаваемого на них от главного тормозного цилиндра давления тормозной жидкости приводят в действие колесные тормозные механизмы. Поршни рабочих тормозных цилиндров 16 воздействуют на тормозные колодки 17, прижимая их к вращающемуся вместе с колесом тормозному барабану или диску и замедляя тем самым его вращение. Для выпуска воздуха из системы гидропривода тормозов при их прокачивании после ремонта или замены тормозной жидкости в верхней

части корпуса рабочих тормозных цилиндров выполняют специальное отверстие, закрываемое клапаном выпуска воздуха.

Клапан выпуска воздуха 9 рабочего тормозного цилиндра представляет собой резьбовой штуцер с отверстиями для выпуска воздуха, запорным конусом и шестигранником под ключ. При заворачивании клапана в корпус рабочего тормозного цилиндра его запорный конус плотно садится в конусное седло в корпусе цилиндра, перекрывая тем самым отверстие канала для выпуска воздуха из цилиндра. При отворачивании клапана (при прокачке тормозов клапан отворачивают примерно на $1/4 - 1/2$ оборота) его запорный конус отходит от седла и через образовавшийся кольцевой зазор и далее через отверстия клапана внутренняя полость рабочего цилиндра сообщается с атмосферой, что обеспечивает выпуск воздуха из системы гидропривода при прокачке тормозов. Для защиты от попадания пыли и грязи клапан закрывается снаружи резиновым защитным колпачком.

Бачок 7 служит для залива в систему гидропривода тормозной жидкости, а также для компенсации изменения ее объема в процессе эксплуатации при износе тормозных колодок, при температурных изменениях объема жидкости, а также при ее утечках. При износе тормозных колодок уровень в бачке постепенно снижается, поэтому для поддержания требуемого ее уровня в бачке производится периодический долив в него тормозной жидкости, а при установке новых тормозных колодок – отбор из бачка ее излишков.

Кроме того, в системе гидропривода рабочей тормозной системы может устанавливаться сигнальное устройство с сигнализатором, предупреждающим водителя о негерметичности одного из контуров рабочей тормозной системы (на автомобилях ИЖ), а также поплавковый датчик сигнализатора аварийного падения уровня тормозной жидкости в бачке (устанавливается на бачках всех остальных изучаемых автомобилей, кроме автомобиля ИЖ).

В настоящее время на большинстве современных легковых автомобилей в приводе рабочей тормозной системы применяются антиблокировочные системы тормозов.

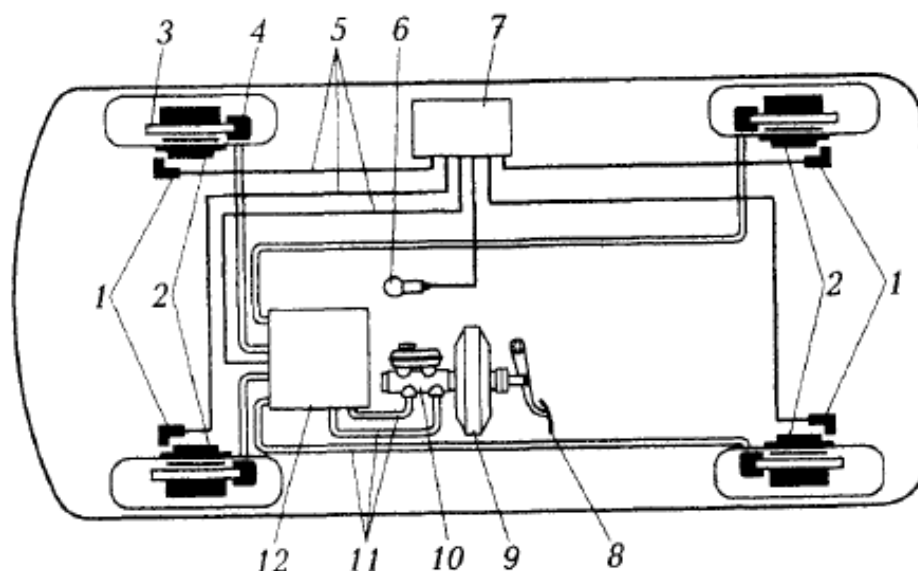
Антиблокировочная система тормозов, или сокращенно АБС (ABS — anti-lock braking system) – это дополнительная электронная автоматическая система управления тормозными механизмами колес с обратной связью, предотвращающая скольжение (движение юзом) колес при торможении автомобиля в целях сохранения его управляемости и устойчивости при торможении, а также сокращения его тормозного пути. АБС является частью контура привода рабочей тормозной системы автомобиля и выполняется таким образом, чтобы при ее отказе основная часть контура рабочей тормозной системы сохраняла свою работоспособность.

АБС различных автомобилей могут иметь различную конструкцию, степень сложности и эффективности, но их общее устройство и принцип действия одинаковы. АБС включает и себя электронный блок управления (далее – ЭБУ) 7 (рисунок 3) с датчиками 1 угловой скорости (частоты) вращения колес и исполнительное устройство – модулятор давления 12.

Датчик 1 частоты вращения колеса устанавливается неподвижно вблизи колеса (на поворотном кулаке, цапфе ступичного узла, щите тормоза, балке моста). Он отслеживает частоту вращения колеса с помощью вращающегося синхронно с колесом сигнального зубчатого или магнитного (в зависимости от типа датчика) кольца (ротора), размещаемого на наружном шарнире вала привода колеса, тормозном диске или барабане, ступице колеса или ее подшипнике.

ЭБУ по сигналам датчиков скорости вращения колес формирует управляющие сигналы, подаваемые им на исполнительное устройство – модулятор давления, а встроенный в систему гидравлического привода рабочей тормозной системы модулятор давления 12 в соответствии с поступающими на него от ЭБУ управляющими сигналами обеспечивает с помощью системы электромагнитных клапанов регулирование давления,

подаваемого к рабочим цилиндрам тормозных механизмов колес таким образом, чтобы не допускать их блокировки во время торможения, обеспечивая при этом получение на них максимальных тормозных сил.



1 – датчики частоты вращения колес; 2 – задающие диски датчиков; 3 – тормозной диск; 4 – рабочий цилиндр тормозного механизма колеса; 5 – соединительные электропровода; 6 – лампа сигнализатора неисправности АБС; 7 – электронный блок управления АБС; 8 – педаль тормоза; 9 – вакуумный усилитель; 10 – главный тормозной цилиндр; 11 – трубопроводы гидропривода рабочей тормозной системы; 12 – модулятор давления в системе гидропривода

Рисунок 3 – Схема рабочей тормозной системы с АБС легкового автомобиля

Когда при торможении колесо автомобиля начинает катиться с проскальзыванием, частота его вращения падает и система приостанавливает подачу давления в его тормозной механизм, растормаживая колесо и не допуская его полной блокировки. При возрастании частоты вращения колеса и восстановлении его нормального качения (без проскальзывания) система возобновляет подачу давления в его тормозной механизм, затормаживая колесо до начала его качения с проскальзыванием, и процесс повторяется. Многократное и быстрое (несколько раз в секунду) изменение (модуляция) давления в тормозных механизмах колес автомобиля, обеспечиваемое

системой АБС, позволяет его колесам при резком торможении катиться на грани блокировки с минимальным проскальзыванием. Это способствует сохранению управляемости и устойчивости автомобиля при торможении и во многих случаях позволяет сократить тормозной путь (особенно на скользкой дороге), что существенно повышает активную безопасность автомобиля.

Помимо АБС на современных автомобилях могут применяться и другие, объединяемые с АБС дополнительные автоматические системы управления тормозами:

- система электронного распределения тормозных сил по осям автомобиля EBD (Electronic Brake Force Distribution) – применяется вместо регулятора давления и обеспечивает более точное по сравнению с ним регулирование давления в рабочих тормозных цилиндрах задних тормозных механизмов;
- противобуксовочные системы ASR (Anti-spin regulation), ETS, TCS – обеспечивают повышение силы тяги на ведущих колесах при трогании и разгоне автомобиля на скользкой дороге за счет автоматического подтормаживания пробуксовывающего колеса ведущей оси и регулирования крутящего момента двигателя;
- электронные системы обеспечения курсовой устойчивости автомобиля ESP (Electronic stability program), EBS, ELB – обеспечивают повышение курсовой устойчивости автомобиля на поворотах за счет автоматического регулирования тормозных сил, а также силы тяги на ведущих колесах и т. д.

Указанные системы значительно облегают управление автомобилем, особенно на скользких дорогах и в определенной степени компенсируют недостаток квалификации и ошибочные действия водителя.

На изучаемых отечественных автомобилях АБС и другие дополнительные электронные системы автоматического управления тормозами не применялись, что можно объяснить достаточно высокой сложностью и стоимостью подобных систем.

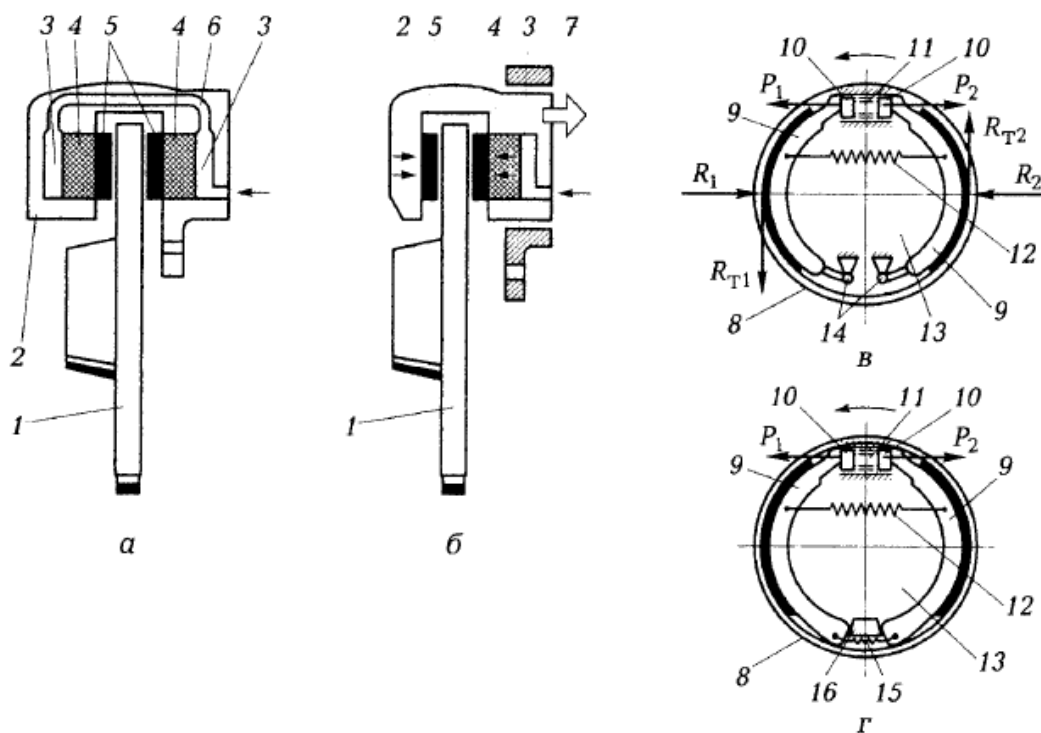
Тормозные механизмы колес обеспечивают при использовании рабочей тормозной системы автомобиля одновременное затормаживание всех его колес. Поэтому рабочая тормозная система является наиболее эффективной по сравнению с другими его тормозными системами.

В связи с перераспределением нагрузки по осям автомобиля при торможении на современных легковых автомобилях тормозные механизмы передних колес имеют повышенную эффективность по сравнению с задними. По этой причине, например, у автомобилей с дисковыми передними и задними тормозными механизмами передние тормозные механизмы обычно имеют увеличенные размеры дисков, рабочих тормозных цилиндров и тормозных колодок по сравнению с задними. На изучаемых автомобилях применяются дисковые тормозные механизмы передних колес и барабанные тормозные механизмы задних колес.

Дисковые тормозные механизмы передних колес (рисунок 4 а, б) состоят из тормозного диска 1, который крепится к ступице колеса и при движении автомобиля вращается вместе с колесом, и крепящейся к поворотному кулаку скобы 2 с одним, двумя, реже тремя рабочими тормозными цилиндрами 3 и двумя плоскими тормозными колодками 5.

Дисковый тормозной механизм размещается внутри обода колеса, которое защищает его от попадания влаги и грязи с наружной стороны. С внутренней стороны тормозной механизм закрывается щитом тормоза (на схеме не показан), который крепится к поворотному кулаку и защищает тормозной механизм от попадания влаги и грязи.

В дисковом тормозном механизме с неподвижной скобой (рисунок 4, а) скоба 2 крепится к поворотному кулаку неподвижно и имеет два спаренных симметрично расположенных с обеих сторон тормозного диска 1 рабочих цилиндра 3, поршни 4 которых под воздействием давления тормозной жидкости в цилиндрах при нажатии на педаль тормоза сжимают через тормозные колодки 5 тормозной диск с двух сторон с одинаковой силой, обеспечивая его затормаживание.



а и б – дисковые тормозные механизмы с неподвижной и плавающей скобой соответственно; в и г – барабанные тормозные механизмы с поворотными и плавающими колодками соответственно; 1 – тормозной диск; 2 – скоба; 3 – рабочий цилиндр скобы дискового тормоза; 4 – поршень рабочего цилиндра скобы; 5 – тормозные колодки дискового тормоза; 6 – канал, соединяющий рабочие тормозные цилиндры скобы; 7 – неподвижное основание скобы (направляющая тормозных колодок); 8 – тормозной барабан; 9 – тормозная колодка барабанного тормоза; 10 – поршень цилиндра барабанного тормоза; 11 – рабочий цилиндр барабанного тормоза; 12 и 15 – стяжные пружины колодок; 13 – щит тормоза; 14 – опорные пальцы колодок; 16 – упор колодок; P_1 и P_2 – силы давления поршней рабочего цилиндра на переднюю и заднюю тормозные колодки при торможении соответственно; R_1 и R_2 – силы реакции тормозного барабана на прижатие к нему передней и задней тормозных колодок при торможении соответственно; R_{T1} и R_{T2} – силы трения, действующие на переднюю и заднюю тормозные колодки при торможении соответственно

Рисунок 4 – Типы колесных тормозных механизмов

В дисковом тормозном механизме с плавающей скобой (рисунок 4, б) скоба имеет составную конструкцию с основанием 7 (или направляющей колодок), которое неподвижно крепится к поворотному кулаку. Скоба 2 вместе с установленным только с одной (внутренней) ее стороны рабочим цилиндром 3 и тормозными колодками 5 может перемещаться в основании 7 относительно тормозного диска 1. При торможении поршень 4 под давлением тормозной жидкости в цилиндре 3 прижимает внутреннюю тормозную

колодку 5 к тормозному диску 1 и одновременно перемещает скобу 2 в основании 7 в противоположном направлении. При этом перемещающаяся скоба 2 прижимает к диску наружную тормозную колодку, обеспечивая зажимание диска между тормозными колодками и эффективное его затормаживание.

Растормаживание дисковых тормозных механизмов любого типа осуществляется за счет упругости уплотнительных колец поршней их рабочих цилиндров.

Основным преимуществом дискового тормозного механизма с неподвижной скобой является его высокая жесткость. Однако он более склонен к перегреву при интенсивном и длительном торможении. Это связано с тем, что передача тепла от трущихся поверхностей тормозных колодок 5 и диска 1 к находящейся в рабочих цилиндрах 3 жидкости осуществляется через поршни 4, которых у данного механизма вдвое больше, чем у тормозного механизма с плавающей скобой (так как они расположены с двух сторон диска, а не с одной). Кроме того, повышенному нагреву жидкости в цилиндрах способствует соединительный канал 6, который находится в неблагоприятной сточки зрения нагрева верхней зоне тормозного диска. При перегреве тормозной жидкости в цилиндрах скобы возникают паровые пробки и эффективность торможения резко снижается.

Основными преимуществами дискового тормозного механизма с плавающей скобой по сравнению с механизмом с неподвижной скобой помимо меньшей склонности к перегреву является его уменьшенные габариты, а также уменьшенное количество уплотнительных деталей в связи с уменьшенным количеством рабочих цилиндров, что упрощает конструкцию механизма и делает ее более надежной.

Тормозной диск дискового тормозного механизма может выполняться сплошным или вентилируемым. У вентилируемых тормозных дисков (применяются на автомобиле ВАЗ-2110 и ГАЗ-3110) между их рабочими поверхностями, контактирующими с тормозными колодками, имеются

специальные радиальные вентиляционные отверстия, которые увеличивают площадь контакта диска с окружающим воздухом и тем самым улучшают его теплоотдачу в окружающую среду.

Тормозные колодки как дисковых, так и барабанных тормозных механизмов стальные с наклеенными на их рабочей поверхности фрикционными накладками. Фрикционные накладки тормозных колодок изготавливают из специальных материалов, увеличивающих силу трения в тормозных механизмах и соответственно повышающие их эффективность. Тормозные колодки изнашиваются значительно быстрее контактирующих с ними рабочих поверхностей тормозных дисков или барабанов и требуют более частой по сравнению с ними периодической замены в процессе эксплуатации.

Барабанные тормозные механизмы задних колес (рисунок 4, в, г) состоят из тормозного барабана, крепящегося вместе с колесом на фланце полуоси или на ступице колеса и вращающегося при движении автомобиля вместе с колесом, а также из крепящихся на неподвижном щите 13 тормоза двух полукруглых тормозных колодок 9 и рабочего цилиндра 11 с двумя поршнями 10. Торможение у барабанного тормозного механизма осуществляется за счет трения фрикционных накладок тормозных колодок о внутреннюю поверхность тормозного барабана, к которому колодки прижимаются при помощи рабочего тормозного цилиндра 11 (либо при помощи механического привода стояночного тормоза).

Щит 13 барабанного тормозного механизма заднего колеса в отличие от щита дискового тормозного механизма переднего колеса выполняет не только защитную функцию, предохраняя тормозной механизм от попадания влаги и грязи, но и несущую функцию, так как на нем монтируются тормозные колодки с приводящим их в действие рабочим тормозным цилиндром, и поэтому он выштамповывается из более толстого стального листа.

Рабочий тормозной цилиндр 11 барабанного тормозного механизма на изучаемых автомобилях двухпоршневой, действует одновременно на обе тормозные колодки и имеет устройство, обеспечивающее автоматическую регулировку величины зазора между колодками и барабаном, которая должна быть минимальной для быстрого срабатывания тормозного механизма.

На изучаемых автомобилях применяются барабанные тормозные механизмы следующих двух чипов, различающихся способом крепления колодок на щите тормоза: с поворотными и с плавающими колодками.

В барабанном тормозном механизме с поворотными колодками (рисунок 4 в), применяемом на автомобилях ГАЗ, колодки 9 крепятся к щиту 13 тормоза на опорных пальцах 14. При торможении поршни 10 рабочего тормозного цилиндра 11 давят на переднюю и заднюю тормозные колодки 9 с одинаковыми силами P_1 и P_2 , которые создают разнонаправленные крутящие моменты, обеспечивающие поворот колодок 9 на опорных пальцах и прижатие их ко внутренней рабочей поверхности тормозного барабана 8. При этом между барабаном и колодками возникают силы трения, за счет которых и происходит затормаживание вращения барабана.

При установке тормозных колодок барабанного тормозного механизма на опорных пальцах происходит неравномерный износ их накладок по длине, так как по мере износа накладок сила прижатия к тормозному барабану их верхних частей увеличивается, а нижних уменьшается и соответственно их верхние части изнашиваются быстрее. Поэтому для обеспечения более равномерного изнашивания накладок тормозных колодок по длине в конструкции тормозных механизмов данного типа могут предусматриваться специальные регулировочные устройства в виде эксцентриков, устанавливаемых на опорных пальцах колодок.

Кроме того, у барабанных тормозных механизмов с поворотными колодками передняя тормозная колодка изнашивается более интенсивно, чем задняя, что объясняется следующим.

У передней тормозной колодки момент действующей на нее при торможении силы трения R_{T1} совпадает по направлению с моментом ее приводной силы P_1 и стремится вместе с ним дополнительно повернуть ее относительно опорного пальца в сторону тормозного барабана, увеличивая тем самым силу прижатия передней тормозной колодки к барабану и соответственно силу трения и ее износ. У задней тормозной колодки момент действующей на нее при торможении силы трения R_{T2} , противодействует моменту ее приводной силы P_2 , уменьшая тем самым силу прижатия задней тормозной колодки к барабану и соответственно силу трения, а значит, и ее износ.

Таким образом, передняя тормозная колодка у рассматриваемого барабанного тормозного механизма с поворотными колодками изнашивается интенсивней задней. Поэтому для увеличения срока службы тормозных колодок до замены в процессе эксплуатации у тормозных механизмов рассматриваемого типа передняя тормозная колодка может отличаться от задней увеличенной длиной накладки.

Растормаживание тормозного механизма осуществляется за счет усилия растянутой стяжной пружины 12, под действием которого тормозные колодки 9 после прекращения нажатия на педаль тормоза и падения давления в рабочем цилиндре поворачиваются на опорных пальцах 14 в обратном направлении и, вдвигая поршни 10 рабочего цилиндра внутрь его корпуса, отходят от тормозного барабана 8.

В барабанных тормозных механизмах с плавающими колодками (рисунок 4, г), применяемых на большинстве легковых автомобилей (кроме автомобилей ГАЗ) тормозные колодки поджимаются основной большой стяжной пружиной 12 к поршням 10 рабочего тормозного цилиндра, а дополнительной малой стяжной пружиной 15 – к жестко закрепленному на щите 13 тормоза упору 16. При торможении тормозные колодки могут перемещаться относительно упора 16, самоустанавливаясь относительно барабанов в такое положение, при котором обеспечивается наиболее

равномерное прижатие их накладок к тормозному барабану по всей их поверхности.

Поэтому барабанные тормозные механизмы с плавающими колодками отличаются более равномерным износом накладок колодок по длине, не нуждаются в дополнительных регулировках положения колодок в процессе эксплуатации и имеют несколько более простую конструкцию по сравнению с тормозными механизмами с поворотными колодками.

Однако и у тормозных механизмов с плавающими колодками передняя тормозная колодка изнашивается быстрее задней по тем же причинам, что и у тормозных механизмов с поворотными колодками.

Барабанные тормозные механизмы задних колес имеют автоматическую регулировку необходимой минимальной величины зазора между колодками и барабаном, которая обеспечивается конструкцией применяемых в них рабочих тормозных цилиндров.

Применение барабанных тормозных механизмов рассмотренных типов на изучаемых автомобилях обусловлено более простой их конструкцией и более высокой их надежностью, но сравнению с другими существующими типами барабанных тормозных механизмов.

По сравнению с дисковыми тормозными механизмами барабанные тормозные механизмы дешевле, лучше защищены от попадания влаги, пыли и грязи и, несмотря на более неравномерный износ тормозных колодок, отличаются большим сроком их службы до замены. Они менее склонны к перегреву, но при этом медленнее охлаждаются. Рабочие тормозные цилиндры барабанных тормозных механизмов отличаются от рабочих цилиндров дисковых тормозных механизмов более длинными ходами поршней и поэтому их уплотнительные манжеты быстрее изнашиваются и чаще требуют замены.

Основными преимуществами дисковых тормозных механизмов по сравнению с барабанными механизмами являются их компактность, более эффективное охлаждение, а главное – более высокая чувствительность к

управляющим воздействиям и стабильность работы при различных скоростях движения автомобиля. Это позволяет более точно и эффективно управлять торможением автомобиля при его движении с высокой скоростью и в критических ситуациях. Указанные положительные качества обусловили преимущественное применение тормозных дисковых механизмов на передних, более нагруженных и ответственных с точки зрения активной безопасности управляемых колес автомобиля.

Недостатками дисковых тормозных механизмов по сравнению с барабанными являются их более высокая стоимость и необходимость более частой замены тормозных колодок. Однако трудоемкость замены колодок у дисковых тормозных механизмов меньше, чем у барабанных.

«Запасная тормозная система служит для снижения скорости движения автомобиля и его остановки при неисправности рабочей тормозной системы» [6].

В качестве запасной тормозной системы на легковых автомобилях используется исправный контур рабочей тормозной системы, то есть запасная тормозная система является частью его рабочей тормозной системы и обеспечивает торможение автомобиля тормозными механизмами исправного контура гидравлического привода, соответственно с меньшей эффективностью.

Стояночная тормозная система служит для удержания автомобиля в неподвижном состоянии во время его стоянки и при отсутствии водителя, а также для предотвращения отката автомобиля назад при трогании его на подъеме. Кроме того, она может быть использована для аварийной остановки автомобиля при полном отказе его рабочей тормозной системы в случае неисправности обоих контуров ее гидравлического привода.

«Стояночная тормозная система легкового автомобиля имеет независимое от рабочей тормозной системы управляющее устройство и привод, но совмещенные с ней тормозные механизмы задних колес» [6].

Управляющим устройством стояночной тормозной системы является рычаг, приводимый в действие за счет мускульной силы руки водителя, т.е. эта система является мускульной и ее иногда называют ручным тормозом.

В стояночной тормозной системе применяется механический тросовый привод, соединяющий рычаг управления с тормозными механизмами задних колес автомобиля. В конструкции барабанных тормозных механизмов задних колес предусмотрено специальное механическое разжимное устройство, обеспечивающее разжимание тормозных колодок и затормаживание задних колес автомобиля при использовании стояночной тормозной системы.

Механический привод тормозных механизмов имеет более низкий КПД по сравнению с гидравлическим приводом и требует периодической регулировки в процессе эксплуатации для поддержания необходимой эффективности его работы при износе тормозных колодок. Однако он обладает важным преимуществом по сравнению с гидравлическим и тем более с пневматическим приводом сохранять приложенное к колодкам тормозных механизмов усилие практически неограниченно долгое время. Указанное преимущество, а также простота и высокая надежность механического привода обусловили его применение в стояночных тормозных системах изучаемых автомобилей.

Требования, предъявляемые к тормозным системам автомобиля.

В связи с тем, что торможение является главным приемом обеспечения безопасности движения автомобиля к исправности его тормозных систем и эффективности их работы в процессе эксплуатации предъявляются самые высокие требования. Правилами дорожного движения запрещается движение автомобиля при неисправности рабочей тормозной системы, а также запрещается эксплуатация автомобиля при несоответствии эффективности его рабочей и стояночной тормозных систем установленным нормам и при нарушении герметичности гидравлического тормозного привода.

Проверка эффективности тормозных систем автомобиля производится по результатам его испытаний в соответствии с ГОСТ Р 51709–2041.

Наиболее точное определение эффективности тормозных систем обеспечивается при испытаниях автомобиля на специальном диагностическом стенде барабанного типа. Эффективность рабочей тормозной системы оценивают по величине удельной тормозной силы развиваемой тормозной системой на колесах автомобиля, которая должна быть не менее 64 %. Удельная тормозная сила определяется отдельно для колес передней и задней осей автомобиля как отношение развиваемой на колесах данной оси тормозной силы к приходящейся на них массе автомобиля. При этом разность удельных тормозных сил, развиваемых на колесах одной оси, не должна превышать 9%, а усилие, прилагаемое к педали тормоза, должно быть не более 50 кг.

Стояночная тормозная система при испытании на стенде должна обеспечивать суммарную удельную тормозную силу на задних колесах не менее 16 % без учета неравномерности действия тормозной системы на каждом колесе. При этом усилие, прилагаемое к рычагу управления стояночной тормозной системы, должно быть не более 40 кг.

При проведении государственного технического осмотра автомобиля определение эффективности его тормозных систем может осуществляться также путем его испытаний на специальной площадке. Испытание рабочей тормозной системы производится путем торможения автомобиля на участке с ровным, сухим и чистым цементно- или асфальтобетонным покрытием при скорости в начале торможения 40 км/ч до полной остановки при однократном нажатии на педаль тормоза. При этом тормозной путь легкового автомобиля должен оказаться не более 14,7 м, а его установившееся замедление (измеряется специальным прибором – деселерометром) – не менее 5,8 м/с².

Испытание стояночной тормозной системы может производиться путем установки автомобиля на специальной наклонной эстакаде. Стояночная система должна обеспечивать неподвижное состояние легкового

автомобиля с полной массой на уклоне до 16 % включительно, а со снаряженной массой – на уклоне до 23 % включительно.

Для обеспечения равенства тормозных сил колес левого и правого бортов автомобиля и повышения его устойчивости при торможении замена тормозных колодок в процессе эксплуатации производится комплектно: одновременно на обоих тормозных механизмах передних колес и (или) на обоих тормозных механизмах задних колес.

Выводы по разделу «Назначение, состав, виды и требования, предъявляемые к тормозным системам автомобиля».

В разделе рассмотрены назначение тормозной системы автомобиля, виды и предъявляемые к ним требования. Рассмотрены достоинства и недостатки барабанных и дисковых тормозных механизмов.

3 Методы и средства диагностирования тормозной системы автомобилей

Для оценки технического состояния тормозных систем автомобилей в соответствии с требованиями ГОСТ Р 51709–2001 применяют общие и дифференциальные методы диагностирования, которые могут проводиться в реальных (дорожных) или испытательных (стендовых) условиях.

Рассмотрим основной метод поэлементного диагностирования тормозных систем для автотранспортных средств, в ходе которого определяют:

- удельные тормозные силы и их относительную разность на колесах осей автомобиля;
- время срабатывания тормозной системы.

«Как в России, так и за рубежом реализация функционального диагностирования тормозных систем автомобилей производится на роликовых тормозных стендах. Но им присуще недостатки, которые снижают достоверность результатов диагностирования, такие как:

- невозможность измерения нормальных реакций на беговых барабанах стенда;
- худшие условия контакта шин с роликами (площадь контакта на 20-35 % меньше, чем при контакте с дорогой)» [4].

Исходя из выше сказанного, был выполнен анализ методов контроля тормозных систем на стендах двух и одно платформенных вариантов, как отечественного, так и импортного производства.

3.1 Показатели качества функционирования тормозной системы автомобилей на роликовых тормозных стендах

В настоящее время проверка технического состояния тормозных систем автомобиля проводится на соответствие требованиям ГОСТ Р 51709-

2001 [20], который регламентирует получение оценки технического состояния тормозных систем автотранспортных средств, как при диагностике на стенде, так и в реальных (дорожных) условиях.

Эффективность действия рабочей тормозной системы оценивается эффективностью торможения и устойчивостью автомобиля при торможении, которые оцениваются определенными силовыми параметрами.

Одним из наиболее информативных параметров является удельная тормозная сила.

Согласно требованиям ГОСТ Р 51709-2001 «показатели удельной тормозной силы на колесах оси рассчитываются по тормозным силам, измеренным в момент автоматического отключения мотор-редукторов стенда или в момент достижения предельно допустимого усилия на органе управления тормозной системы по следующему выражению:

$$\gamma_K = \frac{\sum F_{Xi}}{m_0 \cdot g} = \frac{\sum F_{Xi}}{G_K}, \quad (1)$$

где $\sum F_{Xi}$ – сумма тормозных сил на колесах диагностируемой оси;

m_0 – масса, приходящаяся на диагностируемую ось;

g – ускорение свободного падения;

G_K – вес автомобиля, приходящийся на диагностируемую ось» [7].

«При торможении автомобиля на стенде с беговыми барабанами усилие воздействия на педаль тормоза увеличивают, за время приведения 4-6 с, если в руководстве (инструкции) по эксплуатации стенда не указано другое значение.

При этом ГОСТ Р 51709-2001 не регламентирует методику измерения на стендах с беговыми барабанами нормальной нагрузки на колесах диагностируемой оси.

Для измерения параметров, входящих в выражение (1), на роликовых стенда установлены датчики измерения тормозных сил на колесах

автомобиля (продольных реакций) и веса автомобиля, приходящегося на диагностируемую ось (нормальной реакций).

По значениям тормозных сил на каждом из колес автомобиля, полученным в результате проверки, определяют относительную разность тормозных сил, которая характеризует устойчивость автомобиля при торможении.

В ныне действующем ГОСТ Р 51709-2001 в отличие от ранее утвержденного ГОСТ 25478-91 измерение времени срабатывания тормозной системы автомобиля при его диагностировании на стендах не предусматривается, что по мнению многих ученых является ошибочным» [4].

3.2 Силовые тормозные стенды с беговыми барабанами

Более 90% используемых тормозных стендов основаны на силовом методе [5]. По мнению А.А. Малюкова: «силовые барабанные стенды получили наибольшее распространение, поскольку они обладают: большой приспособляемостью к поэлементному диагностированию при совмещении диагностических работ с регулировочными, относительно небольшой их стоимостью, малой занимаемой ими производственной площадью и экономичным расходом энергии».

«Силовой метод позволяет определять тормозные силы каждого колеса при задаваемом усилии нажатия на педаль, время срабатывания тормозного привода, оценивать состояние рабочих поверхностей тормозных накладок и барабана, эллипсность барабанов и тому подобное» [5].

«Основными частями силового тормозного стенда являются два взаимонезависимых блока опорных роликов расположенных на опорной платформе стенда, соответственно, для левого и правого колес оси автомобиля. Автомобиль устанавливается колесами диагностируемой оси на опорные ролики. Электрический двигатель, поддерживая постоянную скорость вращения, приводит в движение опорные ролики посредством

механической передачи с передаточным числом. Тормозные силы на колесах диагностируемой оси измеряются либо тензодатчиками, либо магнитострикционными датчиками. Компьютер осуществляет обработку информации и представляет ее в цифровом виде на экран монитора» [2, 5].

В настоящее время для диагностики тормозных систем применяются силовые тормозные стенды с беговыми барабанами СТМ-3500, СТМ-6000, СДМ 2-3500.200 (рисунок 2) и СТС-3-СП-10, СТС-3-СП-11, СТС-3-СП-12П и СТС-3-СП-14 (рисунок 3), а также тормозные силовые стенды зарубежных фирм «Cartec» BDE 2204, BDE 2304 (рисунок 4).

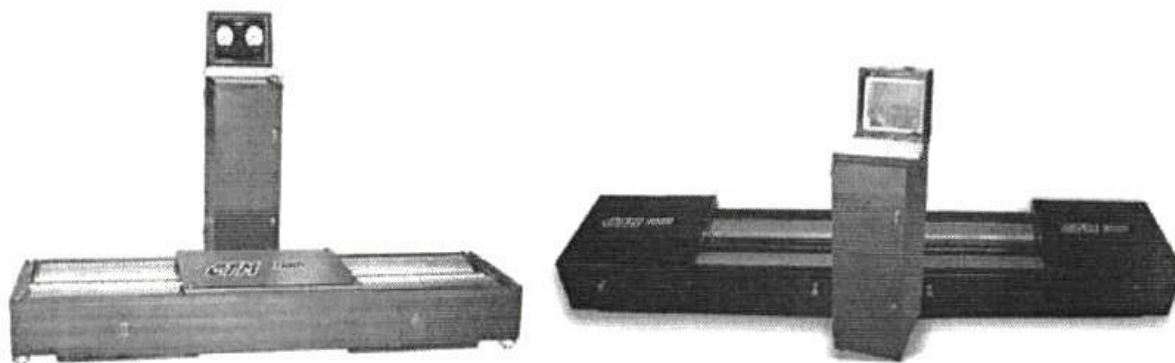


Рисунок 2 – Силовые тормозные стенды серии СТМ

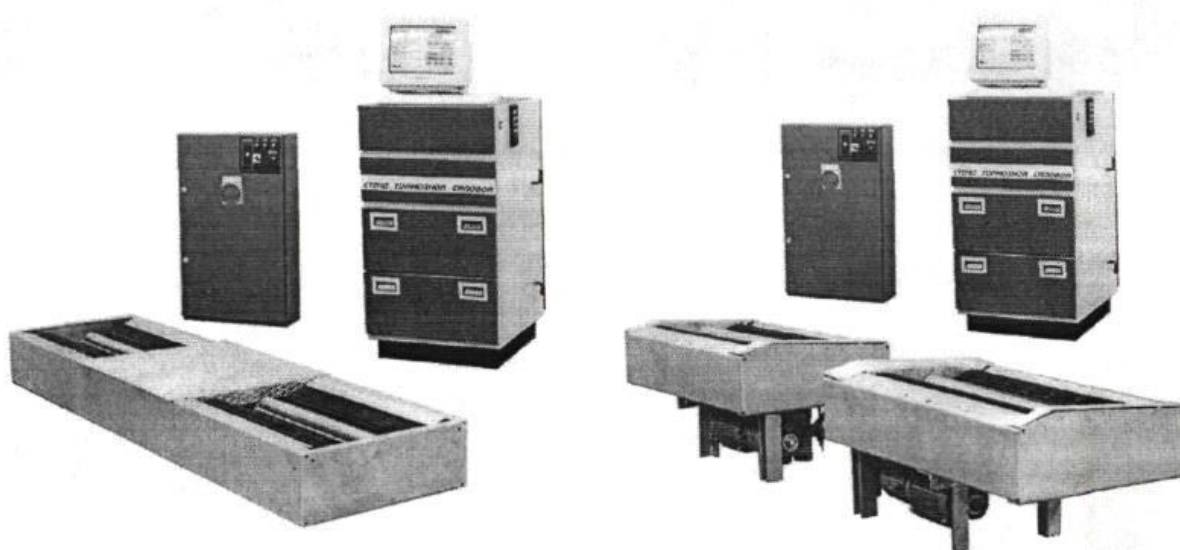


Рисунок 3 – Силовые тормозные стенды серии СТС

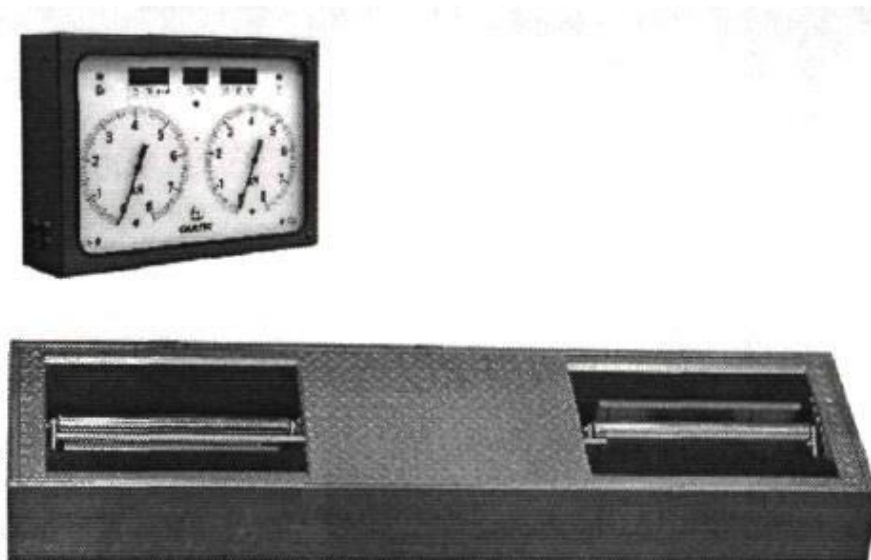
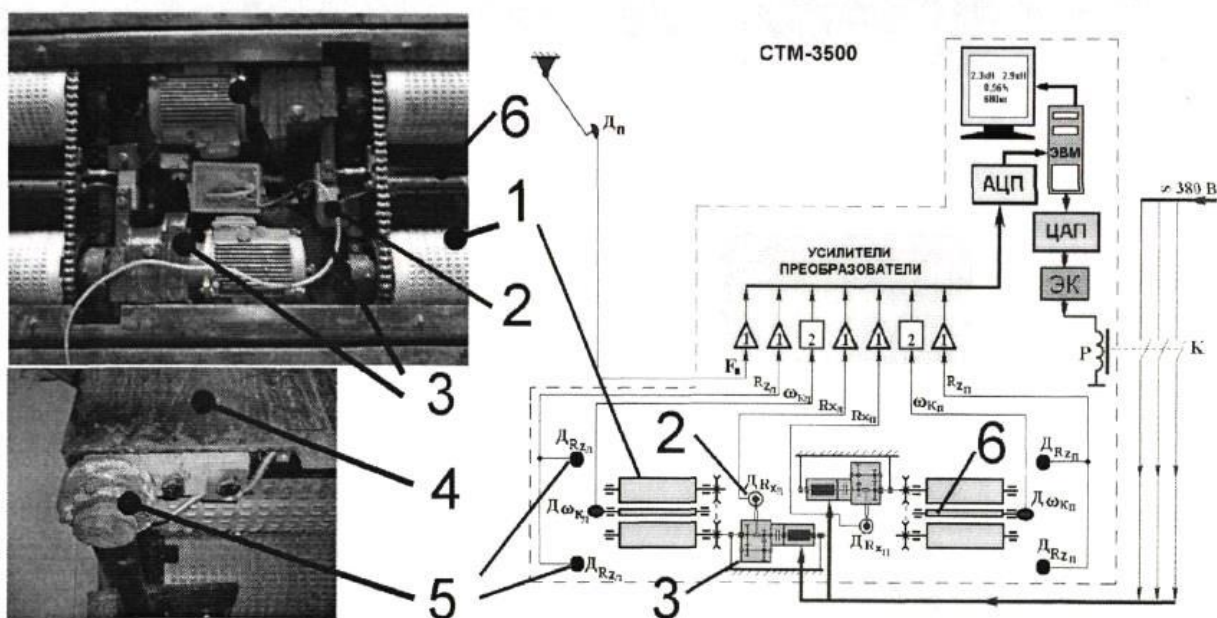


Рисунок 4 – Силовые тормозные стенды фирмы «CARTEC»

На рисунке 5 представлена схема силового тормозного стенда с беговыми барабанами модели СТМ-3500 предназначенная для проведения диагностических работ тормозной системы.



1 – беговые барабаны; 2 – датчик измерения тормозной силы; 3 – мотор–редуктор;
4 – рама стенда; 5 – датчик веса; 6 – ролик следящей системы

Рисунок 5 – Тормозной силовой стенд с беговыми барабанами типа СТМ

«Тормозной стенд включает в себя датчики веса 5, на которые установлена рама стенда 4, с установленными на ней опорными роликами 1, следящим роликом 6, мотор-редуктором 3, который связан с датчиком тормозной силы 2. Все узлы стенда смонтированы на сварной прямоугольной раме. По углам этой рамы размещены четыре датчика веса, предназначенные для преобразования веса приходящегося на диагностируемую ось в электрический сигнал.

Мотор-редукторы с помощью цепной передачи приводят в движение опорные ролики, на которых расположены колеса автомобиля. При торможении колес автомобиля реактивные моменты от мотор-редукторов передаются датчикам тормозных сил, вырабатывающих электрические сигналы, пропорциональные тормозным силам правого и левого колес.

Между каждой парой опорных роликов расположены следящие ролики 6, предназначенные для контроля скорости вращения колес и определения момента начала проскальзывания колес диагностируемой оси относительно опорных роликов» [7].

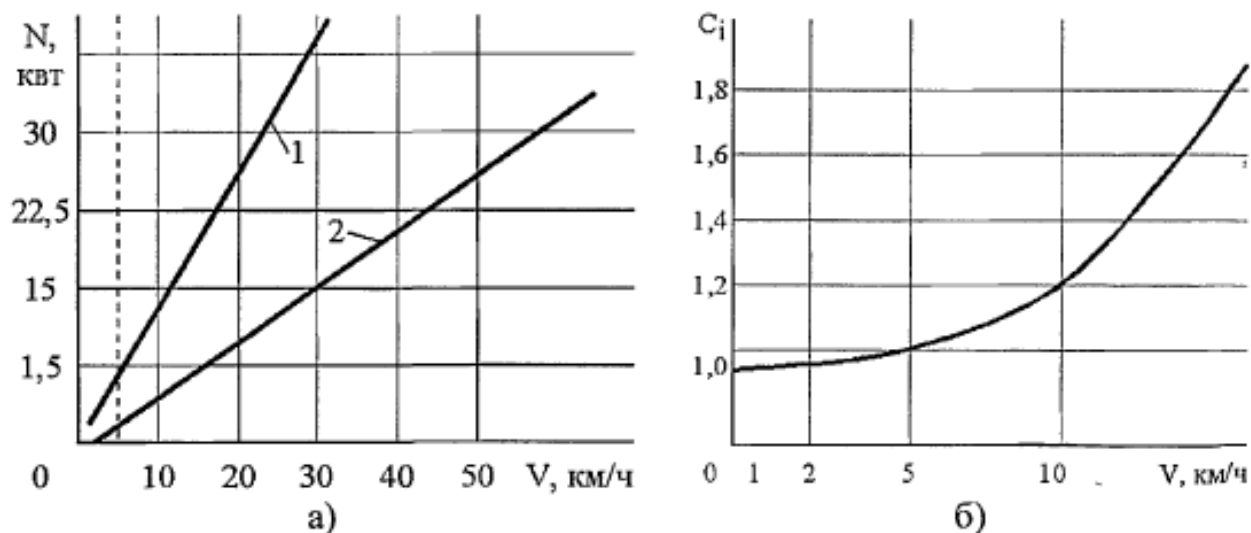
«Невозможность реализации полного тормозного момента по условиям сцепления, полностью загруженного автомобиля, является общим недостатком стендового диагностирования тормозных систем. Это отрицательно сказывается на достоверности диагностирования, особенно для автобусов и грузовых автомобилей с прицепами, у которых осевая нагрузка при полной массе в 1,5-4 раза выше, чем в снаряженном состоянии» [7].

Однако на сегодняшний день компанией «Cartec» выпускаются стенды позволяющие догружать диагностируемую ось автомобилей до максимального значения за счет деформации упругих элементов подвески.

«Исследования показали, что при очень малых скоростях (менее 5-7 км/ч – для гидропривода и 2-3 км/ч – для пневмопривода) создаваемые на стендах тормозные силы больше реальных, получаемых в дорожных условиях. С ростом скорости достоверность диагностирования этого параметра увеличивается. Однако при этом возрастают мощности приводных

электродвигателей (рисунок 6 а), а так же стоимость стенда (рисунок 6 б)» [7].

Из графика видно, что у силового стенда даже при минимально допустимой начальной скорости торможения автомобиля, согласно ГОСТ Р 51709-2001, равной 40 км/час и массой 1000 кг, мощность привода должна превышать 50 кВт. Если же автомобиль будет иметь массу 7000 кг, а его диагностика будет проводиться при скорости 50 км/час, то необходимая мощность привода должна превышать 800 кВт, что является экономически нецелесообразным.



а) зависимость мощности приводных электродвигателей силового стенда от скорости автомобиля: 1 – при нагрузке на колесо 4903 Н; 2 – при 1962 Н; б) зависимость относительной стоимости стенда от скорости автомобиля

Рисунок 6 – Зависимости двигателя

Как показывают исследования, «расстояние между осями роликов и взаимное расположение их по уровню на раме стенда практически не оказывают влияния на результаты измерения силовых параметров, на тормозных стендах» [7].

Однако исследования в работе, проводимые для тяговых стендов с беговыми барабанами показывают, что изменение межцентрового расстояния

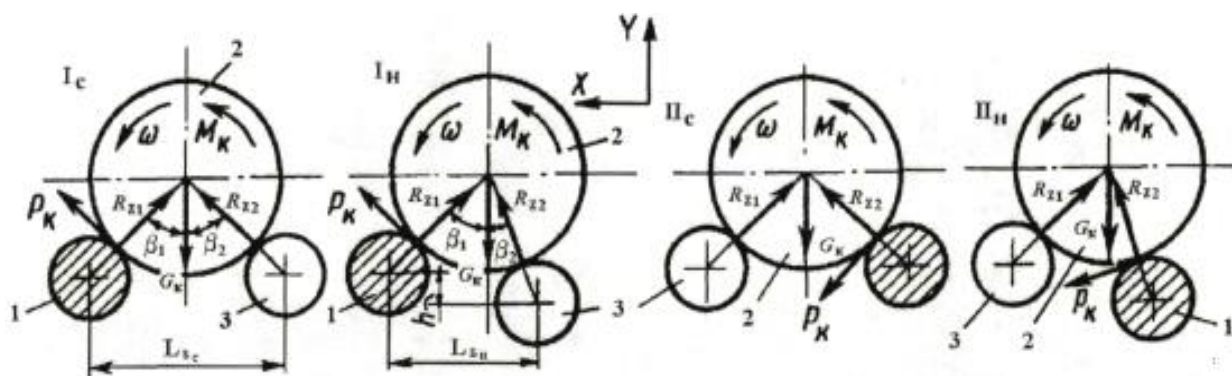
изменяет коэффициент использования нагрузки (отношение максимальной тяговой силы к вертикальной нагрузке на колесо).

Так на рисунке 7 приведены схемы расположения роликов.

Возможно симметричное расположение роликов, соответственно углы β_1 , β_2 равны (схемы I_c и II_c), а также несимметричное расположение, при которой чаще всего β_1 больше β_2 (схемы I_H и II_H).

Один из двух роликов является рабочим, то есть он связан кинематически с нагрузочным устройством (в силовом стенде) или маховыми массами (в инерционном стенде), второй ролик является холостым (свободным, поддерживающим, следящим).

Иногда встречаются стенды, в которых применяются два рабочих ролика.



1 – рабочий ролик стенда; 2 – ведущее колесо автомобиля; 3 – свободный ролик стенда

Рисунок 7 – Схемы расположения роликов, для тяговых стендов

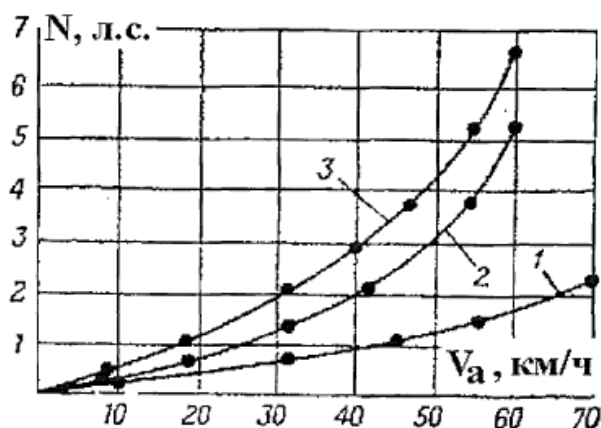
И так в работе [4] сказано «при уменьшении межцентрового расстояния между беговыми барабанами от 0,46 м до 0,22 м величина удельной тормозной силы увеличивается на 14 %, относительная разность тормозных сил, вызванная не параллельностью осей автомобиля и стенда в $2,5^\circ$ снижается от 48 % до 25 %.

Точность диагностирования на тормозном стенде во многом определяется принятой измерительной системой и выбранными пределами измерения силового параметра. Погрешность, обусловленная механическими

потерями в кинематической цепи стенда, связана с расположением ведущего ролика и местом установки измерительного датчика. Эта погрешность может быть отнесена к систематической составляющей, которая должна быть учтена при тарировке, и в общем случае, определяется величиной КПД отдельных узлов стенда

Согласно вышесказанному, предлагаются методы тарирования систем измерения силовых параметров у тяговых стендов, которые позволяют учесть механические потери и снизить общую погрешность измерения. Потери мощности в механизмах стендов необходимо учитывать для более точного определения мощностных показателей автомобилей в процессе их диагностирования, как при применении динамических методов, так и в установившихся режимах контроля. Величину механических потерь в работе определяют аналитически как функцию скорости по величине коэффициента трения скольжения или качения и величине КПД передачи. Более точное значение потерь мощности определяют на основе тарировочного графика, построенного в процессе тарировки стенда» [4].

На рисунке 8 изображен один из таких графиков для стенда с двумя парами беговых барабанов, с гидравлическим тормозным устройством и одноступенчатым редуктором (с передаточным отношением 2:1).



1 – потери в поддерживающем барабане; 2 – потери в барабане с тормозом и редуктором; 3 – суммарные потери

Рисунок 8 – Механические потери в стенде с беговыми барабанами

Для повышения точности измерения силовых параметров необходимо изучить влияние деформации механизмов стенда под нагрузкой от диагностируемой оси.

3.3 Инерционные стенды с беговыми барабанами

«Инерционные (динамические) тормозные стенды с беговыми барабанами распространены гораздо меньше чем силовые. Их отличительной особенностью является наличие в качестве энергоаккумулятора маховых масс. Эти массы рассчитаны из условий равенства кинетической энергии поступательно движущегося автомобиля и вращающихся масс стенда. Маховые массы кинематически связаны с беговыми барабанами, а они в свою очередь с колесами диагностируемого автомобиля.

К основным преимуществам этих стендов относятся:

- приближение режимов испытаний тормозов к реальным эксплуатационным условиям;
- повышенная точность и достоверность диагностической информации» [9].

«При диагностировании тормозной системы на таких стендах измеряют:

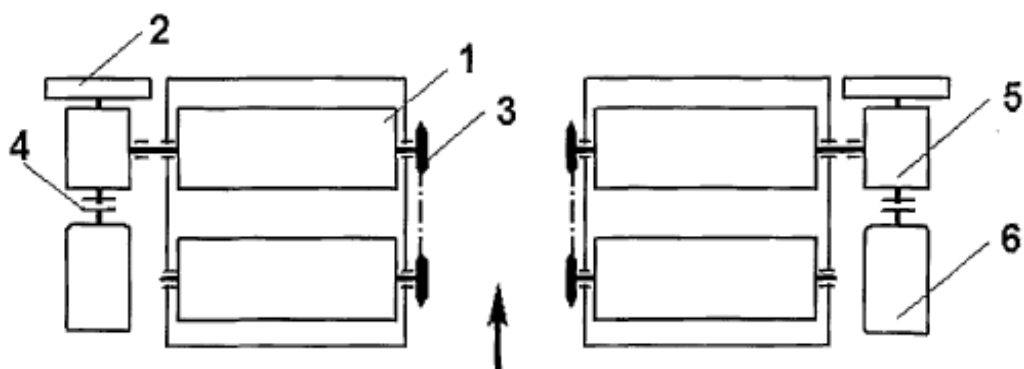
- тормозной путь колес (по каждому в отдельности),
- максимальное замедление роликов стенда,
- время срабатывания тормозного привода» [13, 15].

Известно, что в метрологическом аспекте преимущество силовых стендов перед инерционными бесспорно, так как первые измеряют удельную тормозную силу и относительную разность тормозных сил колес одной оси, которые являются наиболее информативными при диагностировании тормозных систем автотранспортных средств.

«Основным аргументом в применении инерционных стендов является более быстрый прогрев тормозных механизмов (при торможении с начальной

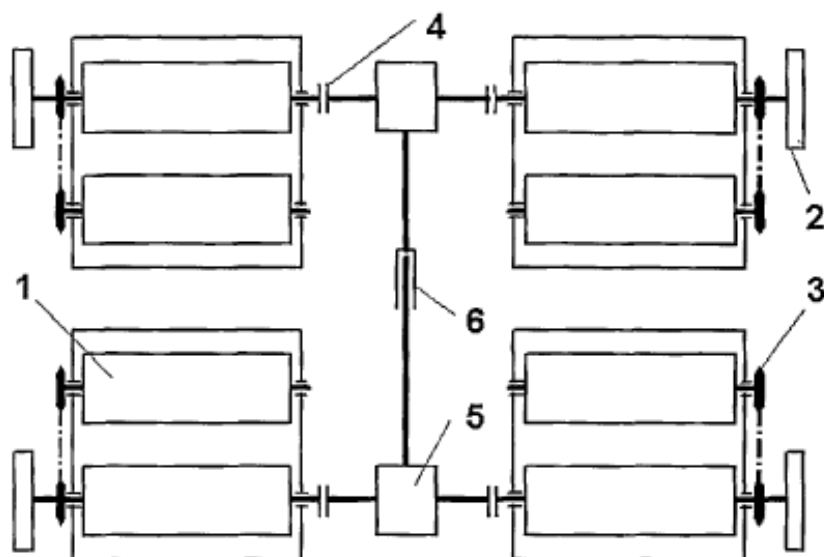
скоростью 96 км/ч за тот же период тепла выделяется в 144 раза больше, чем с начальной скоростью 8 км/ч» [25]. Но известно, что «продолжительность самих испытаний на инерционных стендах больше, чем на силовых стендах» [13, 15].

На рисунках 9 и 10 показаны инерционные стены для диагностики автомобилей с колесной формулой 4x2 и 4x4.



1 – беговые барабаны; 2 – маховик; 3 – цепная передача; 4 – соединительные электромагнитные муфты; 5 – редуктор; 6 – электрический двигатель

Рисунок 9 – Схема инерционного роликового тормозного стенда



1 – беговые барабаны; 2 – маховик; 3 – цепная передача; 4 – соединительные электромагнитные муфты; 5 – редуктор; 6 – передаточный вал

Рисунок 10 – Схема инерционного роликового тормозного стенда для одновременного диагностирования обеих осей АТС

Н.Н. Димов в своей работе говорит, что «на инерционных стендах постоянная величина инерционной массы не обеспечивает равной нагруженности тормозной системы автомобиля во всех режимах торможения от служебных, до аварийных» [28].

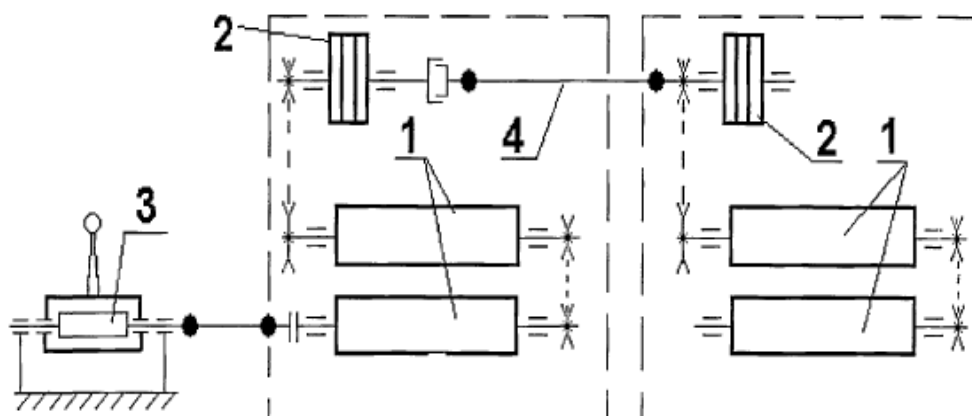
Также следует отметить, что инерционные стенды не имеют устройств для измерения тормозных сил, и следящих роликов, поэтому, в ходе испытания измеряются параметры времени (время торможения) и кинематические параметры (тормозной путь, угловое замедление барабанов).

Следовательно, эти параметры не дают объективной оценки эффективности процесса торможения автомобиля.

3.4 Комбинированные стенды с беговыми барабанами

На комбинированном стенде возможно прямое измерение тормозного момента по величине реактивного крутящего момента, возникающего на валу стенда между маховиком и опорными роликами, а также по величине тормозного пути.

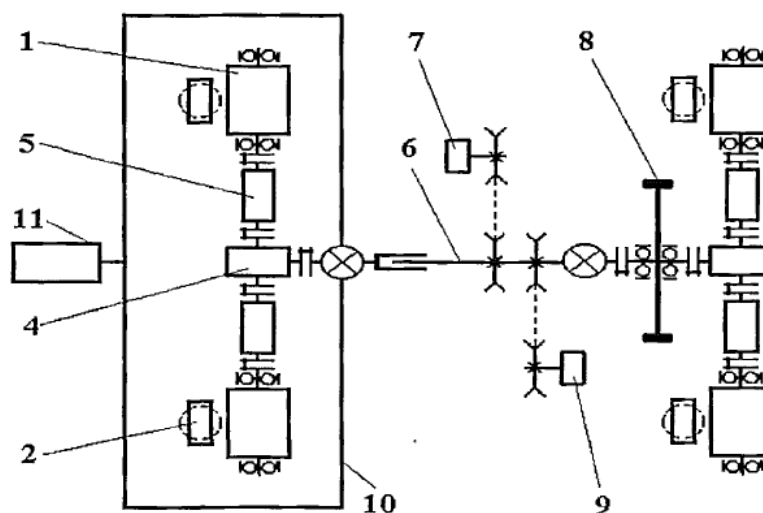
На рисунке 11 представлена кинематическая схема комбинированного тормозного стенда модели СДЗ К-453.



1 – беговые барабаны, 2 – маховики, 3 – балансирный электрический двигатель, 4 – карданный вал

Рисунок 11 – Кинематическая схема стенда СДЗ К-453

В ходе конструктивной эволюции комбинированных стендов А.А. Милуковым был разработан вариант полноопорного стенда для двухосных автомобилей (рисунке 12), в конструкции которого все беговые барабаны соединены между собой жесткой связью и используются тензометрические измерители тормозных сил.



- 1 – беговые барабаны; 2 – выталкивающее устройство; 3 – догрузатель оси;
 4 – конический редуктор привода барабанов; 5 – тензометрический датчик тормозного момента со встроенным усилителем; 6 – карданный вал со скользящим шлицевым соединением; 7 – тахогенератор; 8 – маховик; 9 – импульсный датчик тормозного пути и пути свободного выбега колес; 10 – подвижная рама задних секций стенда;
 11 – гидравлический цилиндр перемещения рамы

Рисунок 12 – Кинематическая схема инерционно-силового полноопорного барабанного тормозного стенда конструкции А. А. Малюкова для двухосных автомобилей

Выводы по разделу «Методы и средства диагностирования тормозной системы автомобилей».

В разделе рассмотрены показатели качества функционирования тормозной системы согласно ГОСТ Р 51709-2001, изучены конструкции стендов для диагностики тормозных систем – силовых, инерционных, комбинированных стендов с беговыми барабанами.

4 Систематизация погрешностей измерения силовых параметров, на стендах с беговыми барабанами

Выполненный литературный обзор позволяет условно разделить источники погрешностей измерения силовых параметров, характеризующих техническое состояние тормозной системы на три группы:

- силовые потери в приводе стенда;
- погрешности настройки систем измерения и преобразования;
- помехи процесса торможения.

Структурная схема, представленная на рисунке 13, позволяет проанализировать составляющие источников погрешностей измерения силовых параметров, характеризующих качество функционирования тормозной системы автомобиля, при его диагностировании на стендах с беговыми барабанами.

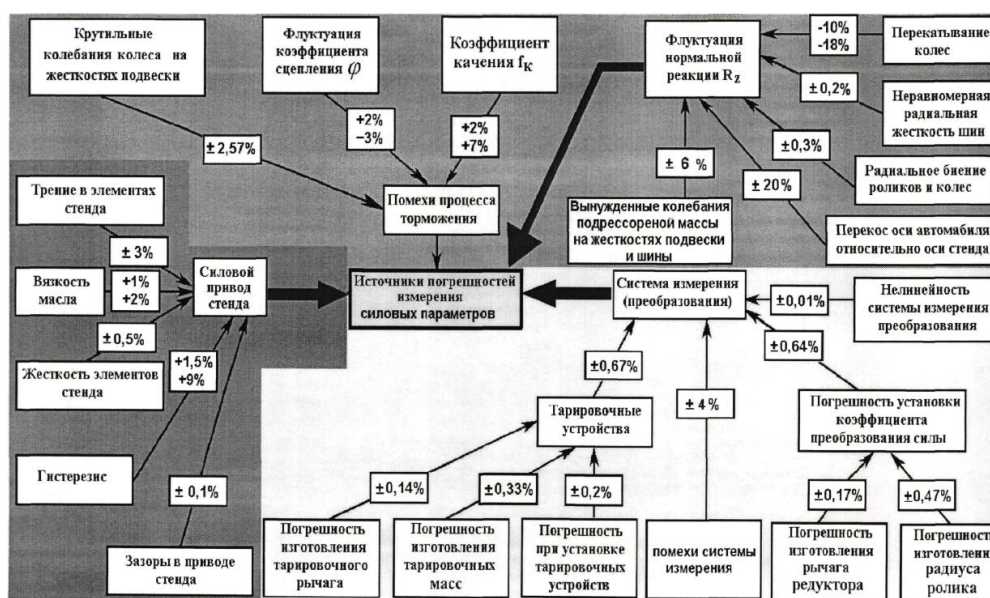


Рисунок 13 – Структура источников погрешностей измерения тормозной силы на стенде с беговыми барабанами

На основе структурной схемы, представленной на рисунке 13 можно выделить погрешности, связанные с работой силового привода стенда – это гистерезис, трение в элементах стенда, вязкость масла, жесткость элементов

стенда. Если рассмотреть силовую цепь от точки приложения тормозной силы до измерительного датчика, то можно увидеть, что силовая цепь состоит из нескольких звеньев (шестерни, подшипники, валы, цепные и другие передачи).

Погрешности настройки систем измерения связано с работой систем измерения тормозной силы, которые также имеют нелинейность, из-за которой возникает погрешность преобразования измеренной тормозной силы.

Дополнительные погрешности в измерениях силовых параметров вносят, помехи процесса торможения, которые состоят из: погрешностей измерения нормальной реакции, возникающих от колебаний масс автомобиля и не параллельности его оси относительно оси стенда.

Установлено, что «не параллельность диагностируемой оси автомобиля и стенда существенно влияет на величину погрешности измерения силовых параметров, характеризующих тормозную эффективность и устойчивость автомобиля при торможении. Изменение угла не параллельности между осями диагностируемого автомобиля и стенда СТМ-3500 в диапазоне $0-2,5^\circ$ вызывает изменение измеренных значений:

- нагрузки на ось до 5,4 %;
- удельных тормозных сил до 37 %;
- относительной разности тормозных сил до 57 %» [4].

Однако неясно как автор работы [4] при исследованиях учел столь малое изменение угла не параллельности от $0-2,5^\circ$, при длине стенда 2,4 м и колес автомобиля порядка 1,4 м.

Выводы по разделу «Систематизация погрешностей измерения силовых параметров, на стендах с беговыми барабанами».

В разделе проведена систематизация погрешностей измерения силовых параметров, на стендах с беговыми барабанами, составлена структура источников погрешностей измерения тормозной силы на стенде с беговыми барабанами.

5 Методики тарировки системы измерения тормозных сил

5.1 Методика тарировки системы измерения тормозных сил, разработанная заводом изготовителем стендов

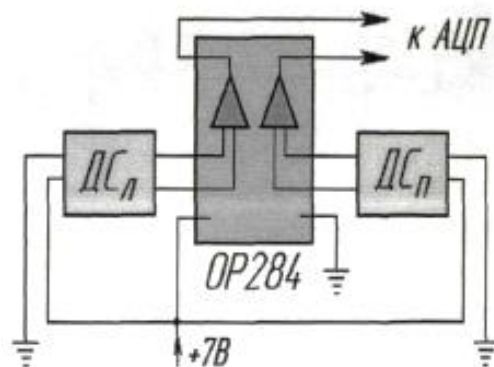
Согласно руководству по эксплуатации система измерения тормозных сил стенда СТМ-3500 работает следующим образом.

«Левый и правый мотор-редуктор приводят во вращение опорные ролики, а они в свою очередь колеса диагностируемой оси автомобиля. При торможении колес диагностируемой оси создаются реактивные моменты, которые передаются через беговые барабаны на мотор-редуктор стенда. Мотор-редуктор имеют одну степень свободы, то есть возможность поворачиваться вокруг своей оси. Угол поворота ограничен свободным ходом тензометрических датчиков силы в посадочном месте рамы стенда.

При прохождении через мотор-редуктор реактивного момента возникает деформация тензометрических датчиков, в которых установлены тензорезисторы. Соединение тензорезисторов по мостовой схеме Уитстона позволяет снимать напряжение на выходе со схем пропорциональное тормозным силам на колесах диагностируемой оси. Сигналы от двух тензометрических датчиков силы усиливаются двумя операционными усилителями, смонтированными в одном корпусе микросхемы» [17].

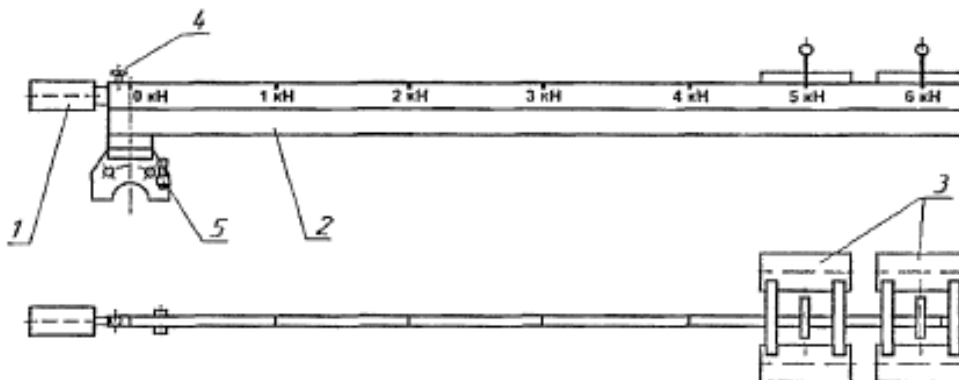
Принципиальная электрическая схема подключения датчиков силы на стенде СТМ-3500 представлена на рисунке 14.

Тарировка системы измерения тормозной силы производилась в соответствии с заводской методикой с использованием тарировочного рычага и двух грузов представлена на рисунке 15.



ДС_л. ДС_п – левый и правый датчики силы; OP284 – микросхема с двумя операционными усилителями

Рисунок 14 – Принципиальная электрическая схема подключения датчиков силы на стенде СТМ-3500



1 – груз компенсационный (противовес); 2 – рычаг тарировочный; 3 – груз М 020.020.03.00;
4 – болт стопорный; 5 – болт регулировочный

Рисунок 15 – Схема устройства для тарировки системы измерения тормозных сил на стенде СТМ-3500

Согласно методике поверки М 020.000.00.00-01 «тарировка системы измерения тормозных сил на стенде СТМ-3500 выполнялась в следующей последовательности:

- при помощи программного обеспечения компьютера тормозного стенда войти в режим «ПОВЕРКА» меню «ВСПОМОГАТЕЛЬНЫЕ ПРОГРАММЫ» выбрать режим «ИЗМЕРЕНИЕ ТОРМОЗНОЙ СИЛЫ»;

- снять верхние крышки роликовой установки стенда;
- к стенду СТМ-3500 подключить измерительный комплекс кабелем для передачи сигналов с датчиков измерения силовых параметров;
- установить на мотор-редуктор левого блока роликов тарировочный рычаг и закрепить его болтами;
- вращением регулировочного болта добиться горизонтального положения рычага, контролируя горизонтальность по индикатору уровня, расположенному на рычаге;
- зафиксировать положение рычага затяжкой крепящих его болтов;
- изменяя положение компенсационного груза, расположенного на рычаге, добиться, чтобы значение тормозной силы, отображаемое на мониторе компьютера и шкале динамометра составило 0,00 кН. Зафиксировать положение компенсационного груза стопорным винтом;
- установить на рычаг груз в положение «0 кН», при этом значение, отображаемое на мониторе компьютера и информационном табло динамометра не должно измениться. В противном случае необходимо повторить операции по установке рычага;
- последовательно устанавливая груз в положения, соответствующие значениям реакции тормозной силы 1, 2, 3, 4, 5 кН, записать значения, отображаемые на мониторе компьютера и данные с усилителя левого датчика силы в программе «LGraph» измерительного комплекса;
- последовательно разгружая рычаг (снимая грузы) произвести запись показаний с монитора компьютера и программы «LGraph» измерительного комплекса;
- повторить операции 5-10 тарировки на правом блоке роликов;
- сохранить файл с показаниями компьютера стенда и файл созданный программой» [18].

Проведенная тарировка систем измерения силовых параметров тормозного стенда СТМ 3500 по заводской методике показала:

- погрешность системы измерения веса не превышает 1,81 %;
- погрешность системы измерения тормозных сил левой и правой сторон не превышают 1,61 % и 1,69 % соответственно, что на первый взгляд удовлетворяет предъявляемым требованиям к системам измерения по ГОСТ Р 51709-2001.

Методики тарировки систем измерения силовых параметров на роликовых стендах СТМ, СТС и других фактически мало отличаются друг от друга. Особенность такой тарировки заключается в воздействии прикладываемой нагрузки непосредственно на датчики систем измерения.

При этом заводские методики тарировки измерительных систем не учитывают:

- влияние деформации механизмов стенда под нагрузкой от колес диагностируемой оси автомобиля;
- механические потери в силовой цепи стенда, состоящей из валов, подшипников, зубчатых шестерен, через которую передаются тормозные силы при диагностировании автомобиля.

Следовательно, возникает необходимость проверки заводских методик тарировки с целью анализа влияния механических потерь во всех конструктивных звеньях кинематической цепи стенда, передающих силы, на величину погрешности системы измерения силовых параметров.

5.2 Усовершенствованная методика тарировки систем измерения тормозных сил на стендах с беговыми барабанами

Заводские методики тарировки систем измерения тормозных сил на роликовых стендах не учитывают механических потерь в силовой цепи. Исходя из этого, в работе А.В. Бойко [4] была предложена методика тарировки систем измерения тормозных сил, учитывающая силовые потери

во всех элементах кинематической цепи стенда, передающей усилие от точки приложения силы до измеряющего её датчика.

Основываясь на гипотезе, выдвинутой автором, о влиянии деформации опорной платформы стенда с беговыми барабанами на величину погрешности измерения силовых параметров, методика тарировки [4] была усовершенствована с учетом влияния нормальной нагрузки на опорную платформу стенда от колес диагностируемой оси АТС.

Проведенные исследования литературы с учетом использования усовершенствованной методики тарировки системы измерения тормозных сил на стендах с беговыми барабанами позволили повысить точность измерения тормозных сил за счет уточнения коэффициента перевода измеряемой в регистрируемую величину тормозной силы.

Для реализации методики тарировки используется нагружающее устройство для стенда СТМ-3500, которое закрепляется анкерными болтами на фундаменте. Посредством нагружающих болтов нагрузка передается на опоры беговых барабанов и далее на раму стенда, тем самым, деформируя её. Величина деформации зависит от момента затяжки нагружающих болтов.

Также были использованы стопорные устройства для блокирования двигателей балансирных мотор-редукторов и технологические отверстия с резьбой в беговых барабанах стенда изготовленные Л.В. Бойко в ходе выполнения работы [4].

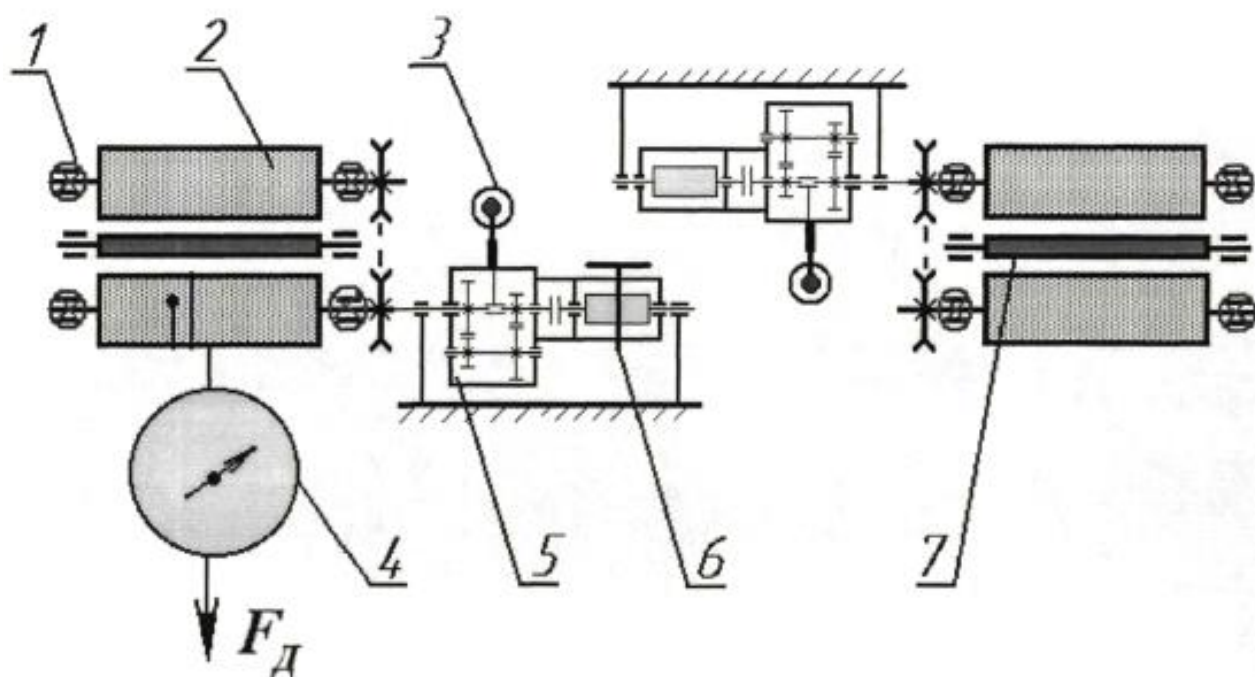
Средства тарировки, используемые при поверке стенда:

- динамометр образцовый ДПУ-0,5-2;
- стальной прокат диаметром 6 мм;
- талреп;
- нагружающее устройство;
- индикаторы часового типа с ценой деления 0,01мм по ГОСТ [19].

Усовершенствованная методика тарировки системы измерения тормозных сил с учетом действия нормальной нагрузки и механических

потерь во всей кинематической цепи стенда реализовывалась следующим образом.

Нормальная нагрузка на опорную платформу стенда дискретно задавалась нагружающими болтами 0,5-3,5 кН. Сила, имитирующая касательную реакцию, прикладывалась к беговому барабану через стальной прокат, закрученный на половину окружности бегового барабана и соединенный с динамометром. К динамометру прикладывались и дискретно варьировались по величине усилия и сравнивались с показаниями систем измерения тормозных сил стенда. На рисунке 15 представлена кинематическая схема и внешний вид устройства для усовершенствованной методики тарировки системы измерения тормозных сил стенда с беговыми барабанами.



1 – точки приложения нормальной нагрузки; 2 – беговые барабаны; 3 – датчики силы; 4 – динамометр; 5 – балансирные мотор редукторы; 6 – стопорное устройство; 7 – ролик следящей системы

Рисунок 15 – Кинематическая схема устройства для тарировки систем измерения тормозных сил стенда СТМ-3500 по усовершенствованной методике

Усовершенствованная методика тарировки системы измерения тормозных сил выполняется в следующей последовательности:

- снять верхние крышки роликовых блоков и крышку мотор-редукторов;
- закрепить на левый беговой барабан стальной прокат с помощью болта диаметром 6 мм;
- установить на опорную платформу стенда нагружающее устройство не затягивая нагружающие болты;
- установить в контрольные точки рамы стенда индикаторы часового типа и выставить их шкалы на значение «0 мм»;
- установить стопорное устройство левого мотор-редуктора;
- включить питание стенда, с помощью программного обеспечения компьютера тормозного стенда войти в режим «Проверка» – «Вспомогательные программы» – «Измерение тормозной силы»;
- установить талреп и динамометр ДПУ-0,5-2, при этом значение «0 кН», отображаемое на мониторе компьютера и шкале образцового динамометра не должно измениться. В противном случае необходимо повторить операции по установке динамометра;
- дискретно задавать с помощью талрепа на шкале образцового динамометра значения, соответствующие значениям тормозной силы 1, 2, 3, 4, 5 кН. Записать значения, отображаемые на мониторе компьютера;
- последовательно разгружая датчик, произвести отсчет показаний на мониторе компьютера в обратной последовательности;
- произвести второе измерение, третье и так далее вплоть до n-го измерения (количество измерений определяется согласно методике планирования эксперимента) и зарегистрировать показания приборов;
- дискретно задавать с помощью нагружающих болтов на индикаторах часового типа значения, соответствующие значениям

нормальной нагрузки от 0,5, до 3,5 кН, с шагом 0,5 кН. Повторить операции 8-11;

- повторить операции 3-12 тарировки системы измерения тормозной силы на правом мотор-редукторе.

Выводы по разделу «Методики тарировки системы измерения тормозных сил».

В разделе подробно рассмотрена методика тарировки системы измерения тормозных сил, разработанная заводом изготовителем стендов, определены ее основные недостатки: не учет влияния деформации механизмов стенда под нагрузкой от колес диагностируемой оси автомобиля и механических потерь в силовой цепи стенда.

Заключение

В целях выполнения поставленной цели работы ВКР было выполнено исследование погрешности измерения силовых параметров на тормозных стендах с беговыми роликами.

В процессе выполнения работы были решены следующие задачи:

В первом разделе рассмотрено состояние вопроса по обеспечению безопасности дорожного движения.

Во второй разделе рассмотрены состав, виды и требования предъявляемые к тормозным системам автомобиля.

В третьем разделе изучены методы и средства диагностирования тормозной системы автомобилей.

В четвертом разделе приведена систематизация погрешностей измерения силовых параметров, характеризующих работу тормозной системы автомобиля на стендах с беговыми барабанами.

В пятом разделе представлены методики тарировки системы измерения тормозных сил.

Рассмотрена методика, позволяющая снижать погрешности измерения силовых параметров, характеризующих тормозную эффективность и устойчивость автомобиля при торможении на стендах с беговыми барабанами до требований ГОСТ Р 51709-2001.

Усовершенствованная методика включает в себя:

- тарировку силоизмерительной системы, учитывающую силовые потери в механической части стенда и деформацию его платформы от веса АТС, приходящегося на его диагностируемую ось;
- измерение нормальных нагрузок на тормозящих колесах в момент достижения их тормозными силами своих максимальных значений;
- ограничение продольных перемещений тормозящего АТС и регламентирование темпа нарастания тормозных сил.

Список используемой литературы и используемых источников

- 1 Аринин И. Н. и др.. Техническое диагностирование автомобилей / И. Н. Аринин. - Ф.: «Кыргызстан», 1978. – 164 с.
- 2 Беляев В. М. Автомобили: Испытания: учебное пособие для вузов / В. М. Беляев, М. С. Высоцкий, Л. Х. Гилелес. – Минск: Высшая школа, 1991. – 187 с.
- 3 Ниргер И. А. Техническая диагностика / И. А. Биргер. – М.: Машиностроение, 1978. – 239 с.
- 4 Бойко А. В. Совершенствование методов диагностики тормозных систем автомобилей в условиях эксплуатации на силовых стендах с беговыми барабанами: дис. канд. техн. наук: 05.22.10: защищена 25.06.08/ Бойко Александр Владимирович. - Иркутск, 2008. – 217 с.
- 5 Борц А. Д. Диагностика технического состояния автомобиля / А. Д. Норц, Я. К. Закин, Ю. В. Иванов. – М.: Транспорт, 1979. – 160 с.
- 6 Бродский В. В. – М: Наука, 1976. – 224 с.
- 7 Бухарин Н. А. Тормозные системы автомобилей / И. А. Бухарин. – М.-Л.: Машгиз, Ленинградское отд-ние, 1950. – 292 с.
- 8 Веденяпин Г.В. Эксплуатация машинно-тракторного парка / Г. В. Веденяпин, Ю. К. Киртбая, М. П. Сергеев. – М.: Колос, 1968. – 342 с.
- 9 Веденяпин Г. М. Общая методика экспериментального исследования и обработки опытных данных / Г. М. Веденяпин. - Изд. 3-е, перераб. и доп. - М.: Колос, 1973. – 195 с.
- 10 Величко А. В. Анализ процесса торможения автотранспортного средства / А. В. Величко // Транспортные средства Сибири: Материалы межвузовской научно-практической конференции. – Красноярск: КГТУ, 1995. – с. 83-89.
- 11 Верзаков Г. Ф. Введение в техническую диагностику / Г. Ф. Верзаков, Н. В. Кипшт, В. И. Рабинович, Л. С. Тимонеи. – М.: Энергия. 1968. – 219 с.

12 Генбом Б.Б. Вопросы динамики торможения и теории рабочих процессов тормозных систем автомобилей / Б. Б. Генбом. - Львов: Вища школа, 1974. – 234 с.

13 Гернер В.С. Исследование режимов контроля эффективности действия тормозных механизмов: дис. канд. техн. наук/ В. С. Гернер. - Харьков, 1970. – 153 с.

14 Говорущенко Н. Я. Диагностика технического состояния автомобилей. [Текст]. – М. Транспорт. 1970.

15 Говорущенко Н. Я. Диагностика технического состояния автомобилей / Н. Я. Говорущенко. – М.: Транспорт, 1970. – 254 с.

16 ГОСТ 15150-69 Машины, приборы и другие технические изделия. Исполнения для различных климатических районов. Категории, условия эксплуатации, хранения и транспортирования в части воздействия климатических факторов внешней среды; введ. 1971-01-01. – М.: Изд-во стандартов, 2005. – 58 с.

17 ГОСТ 25478-91. Автотранспортные средства. Требования к техническому состоянию по условиям безопасности движения. Методы проверки, введ. 01-01-93. – М.: Изд-во стандартов, 1992. – 32 с.

18 ГОСТ 380-98. Сталь углеродистая обыкновенного качества, введ. 01-01-98. – М.: Изд-во стандартов, 1998 – 21 с.

19 ГОСТ 577-68. Индикаторы часового типа с ценой деления 0,01мм. Технические условия, введ. 01-07-68. – М.: Изд-во стандартов, 1998 – 12 с.

20 ГОСТ Р 51709-2001. Автотранспортные средства. Требования безопасности к техническому состоянию и методы проверки; введ. 2002-01-01. – М.: Изд-во стандартов, 2002. – 28 с.

21 Грачев Ю. П. Математические методы планирования эксперимента / Ю. Л. Грачев. – М., 1979. – 195 с.

22 Гредескул А. Б. Динамика торможения автомобиля: дис. ... докт. техн. наук / А. Б. Гредескул. – Харьков, 1963. – 271 с.

- 23 Гришкевич А. И. Автомобили. Теория. Учебник для вузов / А. И. Гришкевич. – Мн.: Высш. шк., 1986. – 208 с.
- 24 Гуревич Л. В., Тормозное управление автомобиля / Л. В. Гуревич, Р. А. Меламуд. – М.: Транспорт, 1978. – 152 с.
- 25 Гурьянов С. И. Повышение точности диагностирования тормозных свойств автопоездов на стенде / С. И. Гурьянов. // Диагностика автомобилей: III всесоюзная научно-техническая конференция: тезисы докладов. - Улан-Удэ, 1989. – с. 147-148.
- 26 Джонсон М. Статистика и планирование эксперимента в технике и науке/ М. Джонсон, Ф. М. Лион. – Мир, 1981. – 610 с.
- 27 Дик А. Б. Описание характеристик проскальзывания тормозящего колеса / А. Б. Дик // Надежность и активная безопасность автомобиля : сб. науч. тр. / МАМИ. – М, 1985. – с. 205-216.
- 28 Димов Н. Н. Оценка возможности воспроизведения реальных режимов торможения автомобиля на стендах с беговыми барабанами : автореферат / Н. Н. Димов. - Харьков, 1987. – 20 с.
- 29 Динамика системы дорога-шина-автомобиль-водитель / А. А. Хачатуров [и др.]; под ред. А. А. Хачатурова. – М.: Машиностроение, 1976. – 535 с.
- 30 Енаев А. А. Основы теории колебаний автомобиля при торможении и её приложения. – М.: Машиностроение, 2002. – 341 с.
- 31 Ечеистов Ю. А. Неустановившееся торможение автомобильного колеса / Ю. А. Ечеистов, В. В. Бернацкий // Безопасность и надежность автомобиля : сб. науч. тр. – М: МАМИ, 1981. – с. 16-23.
- 32 Стенды тормозные малогабаритные «СТМ-3500 М». Методика поверки М 020.000.00.00-01. - Жигулевск, 2005. – с. 11.
- 33 Стенды тормозные малогабаритные «СТМ-3500 М». Руководство по эксплуатации М 220.000.00.00. - Жигулевск, 2005. – с. 49.
- 34 Стенды тормозные силовые «СТС». Руководство по эксплуатации 10У. 14.00.00.000. - Великий Новгород, 2007. – с. 52.

35 Gethoffen H. Einsatz von Mikroprozessoren in der Nachrichtentechnik. Mikroprozessoren und ihre Anwendungen. / H. Gethoffen // Hrsg. von W. Hiibert und R. Piloty. Munchen, Wien, R. Oldenbourg Verlag, 1977.

36 Lange F. H. Signale und Systeme / F. H. Lange. - Bd. 1,2. - Berlin: VEB Verlag Technik, 1975.

37 Pacejka H.B. Some recent investigations into dynamics and frictional behavior of pneumatic tires / H.B. Pacejka// Phys. Tire tract: Theory and Exp. -New - York - London, 1974.

38 Rabiner R. Theory and Application of Digital Signal Processing / R. Rabiner, B. Gold. -New York, Prentice-Hall, Inc. Englewood Cliffs, 1975.