
DOI: 10.53078/20778481_2023_1_22

УДК 629.113

А. С. Мельников, М. Л. Петренко, О. А. Пономарева, А. А. Мельников

ИСПЫТАНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ТОРМОЗНОЙ СИСТЕМЫ АВТОМОБИЛЯ

A. S. Melnikov, M. L. Petrenko, O. A. Ponomareva, A. A. Melnikov

TESTING PERFORMANCE OF THE VEHICLE BRAKING SYSTEM

Аннотация

Повышение эффективности работы гидравлической тормозной системы зависит от параметров ее компонентов. Для совершенствования работы тормозной системы и ее механизмов требуется исследовать работу текущих рабочих механизмов посредством проведения стендовых и ходовых испытаний тормозной системы согласно существующим методикам испытания.

Для исследования эффективности работы тормозной системы легкового автомобиля была проведена серия испытаний на роликовом силовом стенде и ходовых испытаний с применением измерительного прибора «Эффект-02».

Для выявления всех параметров требуется проведение дополнительных испытаний с применением систем измерения силовых факторов, возникающих в узлах тормозной системы автомобиля.

Ключевые слова:

тормозная система, тормозной механизм, дисковый тормоз, барабанный тормоз, тормозной стенд, стендовые испытания, ходовые испытания, гидравлическая тормозная система.

Для цитирования:

Испытания эффективности работы тормозной системы автомобиля / А. С. Мельников, М. Л. Петренко, О. А. Пономарева, А. А. Мельников // Вестник Белорусско-Российского университета. – 2023. – № 1 (78). – С. 22–30.

Abstract

Improving the efficiency of the hydraulic brake system depends on the parameters of its components. To improve the operation of the brake system and its mechanisms, it is required to study the operation of working mechanisms by conducting bench and running tests of the brake system in accordance with the existing test methods.

To study the efficiency of the passenger car brake system operation, a series of tests has been carried out on a roller power stand, as well as running tests using the «Effect-02» measuring device.

To identify all the parameters, additional tests are required, which use systems for measuring force factors occurring in the units of the vehicle brake system.

Keywords:

brake system, brake mechanism, disc brake, drum brake, brake test stand, bench testing, vehicle running tests, hydraulic brake system.

For citation:

Testing performance of the vehicle braking system / A. S. Melnikov, M. L. Petrenko, O. A. Ponomareva, A. A. Melnikov // Belarusian-Russian University Bulletin. – 2023. – № 1 (78). – P. 22–30.

Гарантом безопасности транспортных средств является работоспособная эффективная тормозная система,

в связи с чем немаловажное значение имеет решение проблем, связанных с эффективностью торможения автомо-

бия, созданием высоконадежных тормозных приводов и тормозных механизмов [1].

При решении задач, связанных с эффективной работой тормозной системы транспортного средства, большое значение уделяется исследованию работы тормозного привода и рабочих тормозных механизмов гидравлической тормозной системы транспортного средства. Проведение испытания работы тормозной системы и измерение параметров рабочих процессов, связанных с системой и ее механизмами, позволяет определить характеристику рабочих процессов, протекающих в тормозном приводе.

В ходе испытания эффективности работы тормозной системы, установленной на автомобиле, проверяется ее соответствие требованиям, предъявляемым к данному типу тормозной системы. Стендовые испытания проводятся, чаще всего, на роликовом силовом стенде, который позволяет измерить нагрузку, приходящуюся на установ-

ленную на роликовую установку колесную ось автомобиля, проходящего измерение работы тормозной системы. Перед испытанием роликовый силовой тормозной стенд диагностической линии Sherpa Autodiagnostik AST-10,0-Тор выполняет прокрутку колес исследуемой оси автомобиля, что дает возможность исследовать и проверить работоспособность тормозных механизмов на отсутствие заеданий и повышенного сопротивления качению со стороны тормозного механизма при его неисправности. Наличие неисправного механизма снижает эффективность работы тормозной системы и вызывает повышенный износ тормозных колодок и перегрев тормозного диска, что может приводить к неравномерному износу и биению в парах трения тормозного механизма.

Перед испытанием тормозной системы были проверены элементы подвески и работоспособность амортизаторов каждой испытуемой оси автомобиля (рис. 1).

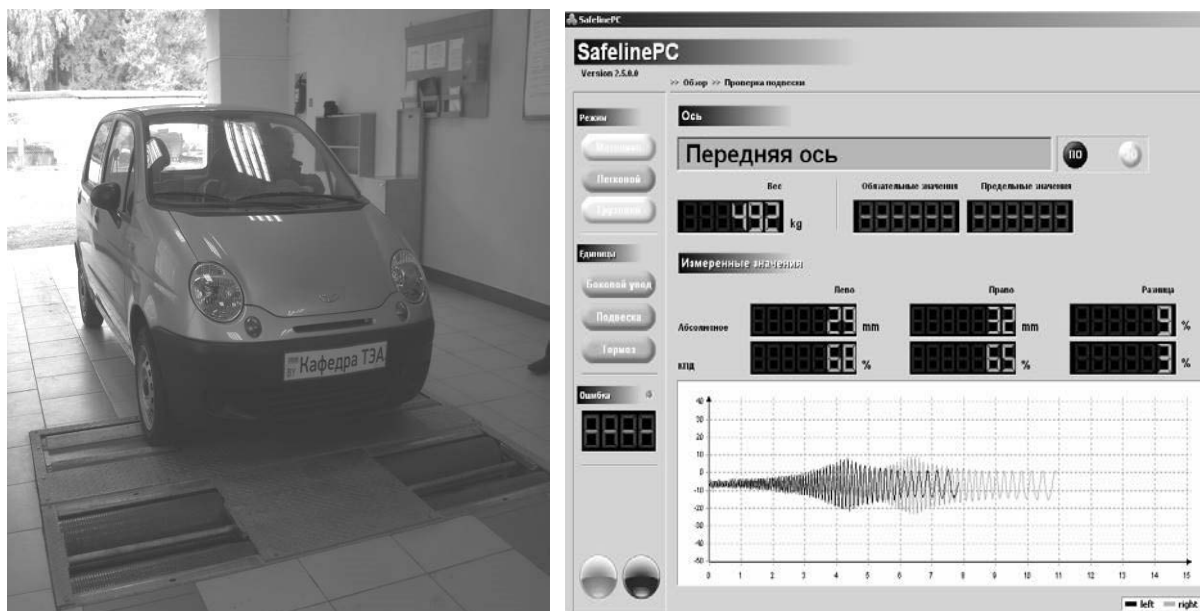


Рис. 1. Автомобиль Daewoo Matiz на стенде для проверки амортизаторов и результаты проверки работоспособности амортизаторов

По результатам проверки амортизаторы являются исправными, что должно обеспечить их надлежащую работу при проведении стендовых и ходовых испытаний тормозной системы. Результаты измерения работы тормозных

механизмов передней и задней оси автомобиля Daewoo Matiz на роликовом силовом стенде диагностической линии Sherpa Autodiagnostik AST-10,0-Top представлены на рис. 2 и 3.



Рис. 2. Автомобиль Daewoo Matiz на роликовом силовом стенде диагностической линии Sherpa Autodiagnostik AST-10,0-Top и результаты измерений работы тормозных механизмов передней оси

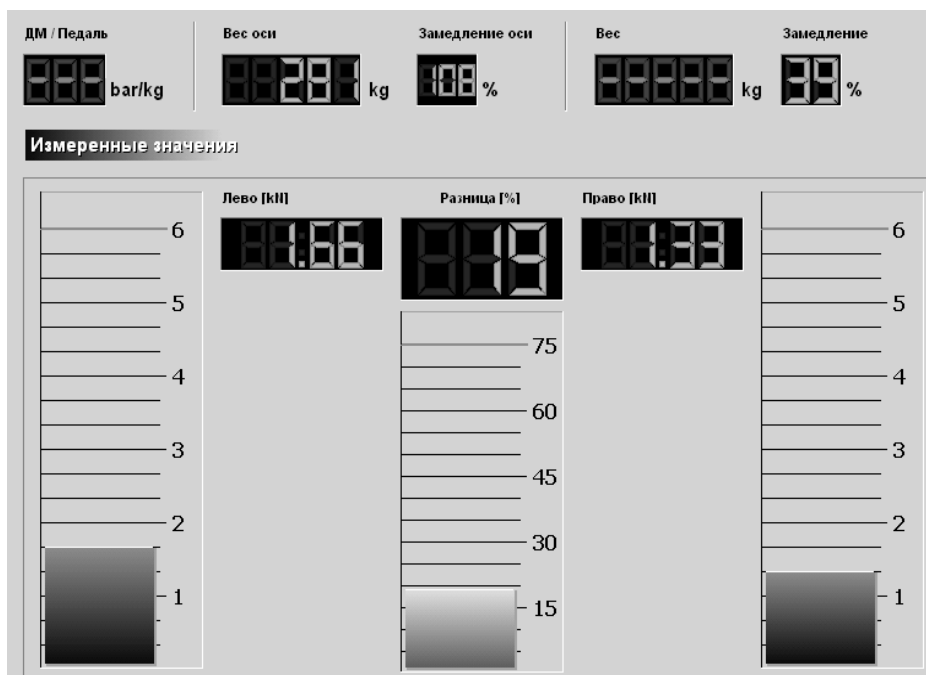


Рис. 3. Результаты измерения работы тормозных механизмов задней оси автомобиля Daewoo Matiz на роликовом силовом стенде диагностической линии Sherpa Autodiagnostik AST-10,0-Top

С целью создания методов повышения эффективности работы гидравлической тормозной системы легкового автомобиля были проведены стендовые и ходовые испытания тормозной системы автомобиля на примере Daewoo Matiz с установленной гидравлической тормозной системой с вакуумным усилителем тормозов, без системы АБС. На автомобиле Daewoo Matiz передние тормозные механизмы однопоршневые дисковые с подвижной скобой, задние тормозные механизмы барабанного типа.

Вначале были выполнены испытания работы тормозных механизмов на роликовом силовом тормозном стенде диагностической линии Sherpa Autodiagnostik AST-10,0-Top.

По результатам проведения стендовых испытаний выявили работоспособное и исправное состояние всех рабочих ме-

ханизмов автомобиля Daewoo Matiz, в том числе отсутствие дефектов в работе тормозных механизмов и необходимости в их обслуживании или ремонте.

После стендовых испытаний были проведены ходовые испытания эффективности работы тормозной системы и механизмов автомобиля Daewoo Matiz. С этой целью применялся прибор «Эффект-02» (приборы для определения ускорения замедления) (рис. 4 и 5).

В процессе ходовых испытаний работы тормозной системы, установленной на автомобиле Daewoo Matiz, все действия выполнялись согласно методу дорожных испытаний, изложенному в ГОСТ Р 51709–2001. Тормозная диаграмма автомобиля по ГОСТ Р 51709–2001 представлена на рис. 6.

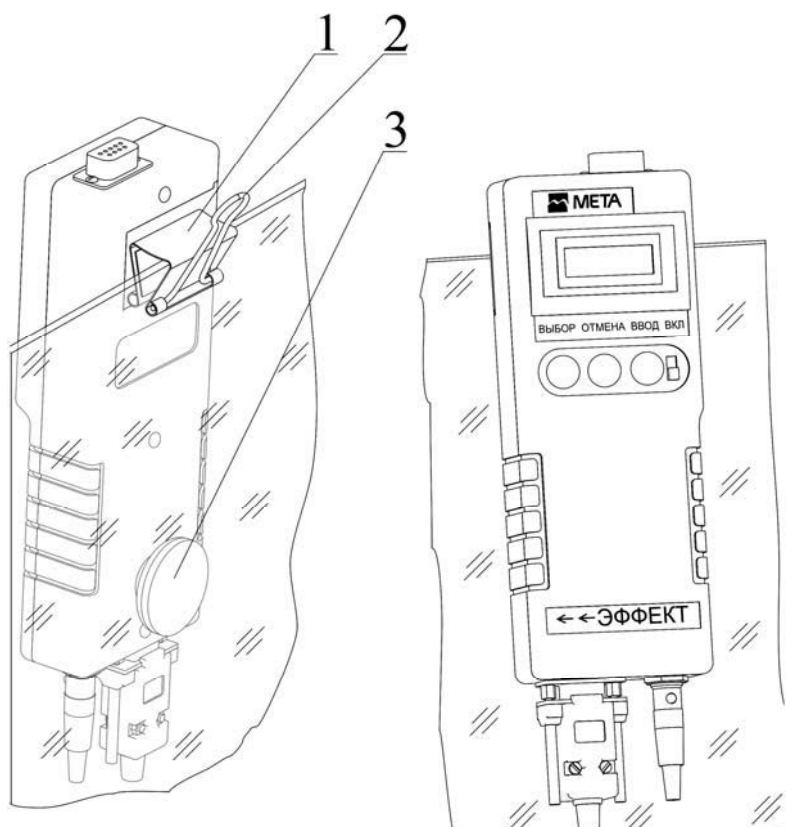


Рис. 4. Схема монтажа измерительного прибора «Эффект-02»: 1 – фиксатор; 2 – ручка фиксатора; 3 – присоска для вертикальной фиксации прибора



Рис. 5. Расположение измерительного прибора «Эффект-02» на автомобиле Daewoo Matiz: 1 – измерительный блок прибора «Эффект-02»; 2 – независимый источник питания прибора; 3 – датчик измерения момента и усилия нажатия на педаль тормоза

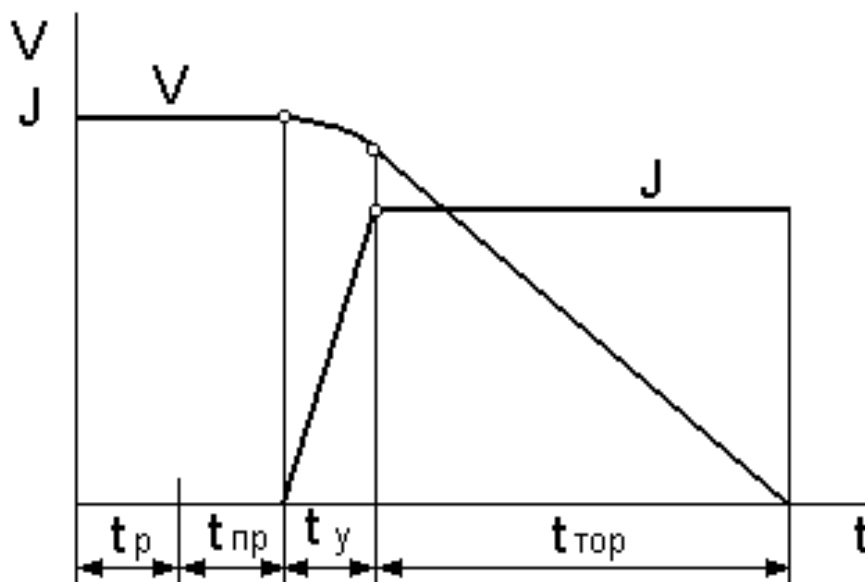


Рис. 6. Тормозная диаграмма автомобиля

t_p – время реакции водителя,
 $t_p = 0,4 \dots 1,5$ с;

t_{np} – время срабатывания гидравлического тормозного привода;

t_y – время увеличения замедления гидравлического привода;

$t_{тор}$ – время торможения.

В соответствии с ГОСТ Р 51709–2001 при дорожных испытаниях требуется определить установившееся замедление $J_{уст}$, пиковое значение усилия нажатия на педаль тормозной системы автомобиля $P_{пм}$, длину тормозного пути St , пройденного автомобилем после срабатывания тормозной системы, время срабатывания тормозной системы $t_{ср}$, начальную скорость торможения V_0 и линейное отклонение транспортного средства при торможении в ходе испытаний.

Дорожные испытания проводились на прямолинейном, ровном горизонтальном асфальтированном участке, не имеющем на поверхности масла и сыпучих материалов.

Торможение рабочей тормозной системой в процессе испытаний осуществлялось в экстренном режиме вплоть до полной остановки автомобиля, нажатие на педаль производилось одним действием с максимальным усилием с последующим удержанием нагрузки на педали до полной остановки легкового автомобиля. Рулевое колесо в процессе проведения испытания рабочей тормозной системы удерживалось прямо, обеспечивая движение по прямолинейной траектории на протяжении всего движения автомобиля. При дорожных испытаниях в процессе торможения корректировка траектории движения автомобиля не допускается согласно методике испытаний.

Основными показателями эффективности торможения при ходовых испытаниях являются значения величины установившегося замедления в процессе торможения автомобиля и тормозного пути. Значение линейного отклонения автомобиля от траектории движения относится к показателям устойчивости в

процессе торможения.

Ходовые испытания проводились серией из пяти поездок с одинаковой начальной скоростью и остальными исходными параметрами проведения испытаний.

При исследовании эффективности работы тормозной системы автомобиля Daewoo Matiz испытания проводились с рабочим вакуумным тормозным усилителем и с отключенным тормозным усилителем при начальной скорости торможения 40, 50 и 60 км/ч. Автомобиль Daewoo Matiz, подготовленный к дорожным испытаниям эффективности работы тормозной системы, представлен на рис. 7.

Показатели эффективности работы тормозной системы также исследовались с помощью системы сбора данных с подключенными тензометрическими датчиками сжатия и блоком обработки информации.

В ходе испытаний работы тормозного дискового механизма, установленного на автомобиле Daewoo Matiz, использовалась система сбора и обработки информации, позволяющая выполнять измерения с большого количества различных датчиков и выводить их программную среду с построением графических зависимостей от времени. Данные со всех источников информации при проведении измерений синхронизированы по времени (рис. 8).

Измерения выполнялись с учетом требований по монтажу используемых датчиков (рис. 9). С целью получения зависимости изменения давления в рабочем контуре дополнительно производились измерения диаметра тормозного цилиндра скобы, устанавливаемой на автомобиль Daewoo Matiz.

Все измерения выполнялись сериями по пять повторных испытаний с учетом различных начальных условий торможения. Испытания проводились для условий с рабочим и отключенным вакуумным усилителем, установленным в тормозной системе.



Рис. 7. Автомобиль Daewoo Matiz, подготовленный к проведению дорожных испытаний эффективности работы тормозной системы на учебно-лабораторном полигоне кафедры «Техническая эксплуатация автомобилей» Белорусско-Российского университета: 1 – прибор «Эффект-02»; 2 – АКБ прибора «Эффект-02»; 3 – водитель-испытатель; 4 – автомобиль Daewoo Matiz

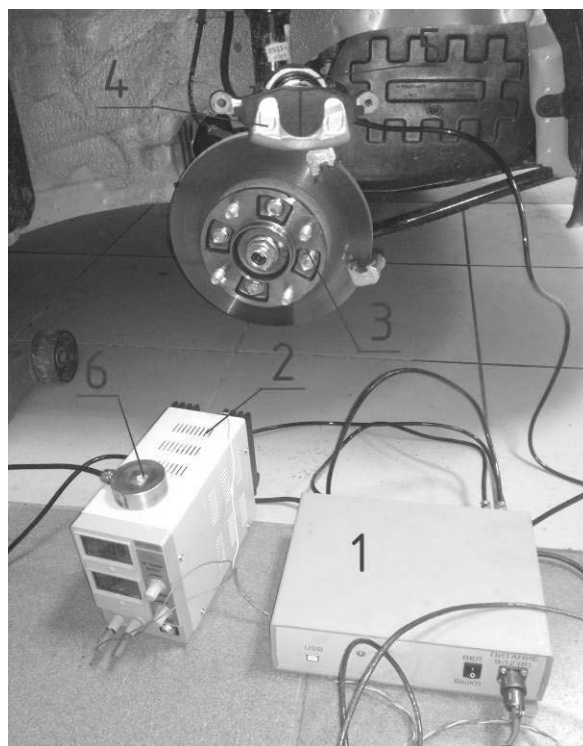


Рис. 8. Система сбора и обработки информации для исследования сил, возникающих в тормозном механизме автомобиля: 1 – блок сбора и обработки сигналов; 2 – лабораторный источник питания; 3 – ступица автомобиля; 4 – тормозная скоба дискового механизма; 5, 6 – тензометрический датчик усилия сжатия

а)



б)

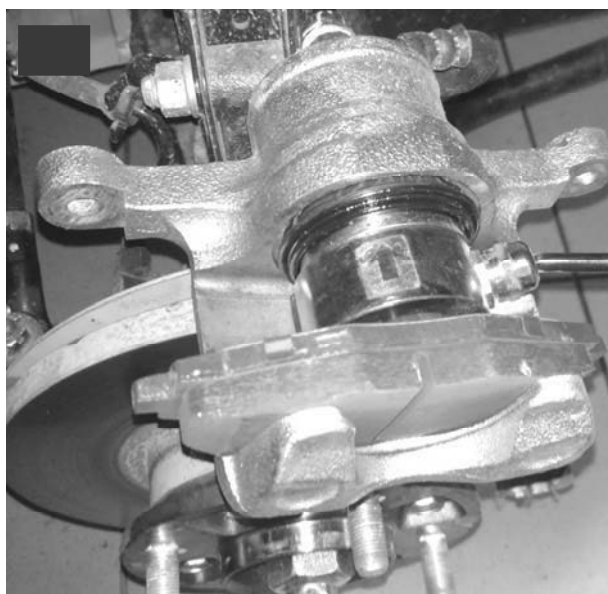


Рис. 9. Расположение датчиков измерения усилия прижатия тормозных колодок к тормозному диску в автомобиле Daewoo Matiz: а – расположение датчика усилия воздействия на педаль тормоза; б – расположение датчика измерения усилия прижатия тормозных колодок к диску на передней оси

По результатам проведенных измерений с применением системы сбора и обработки информации при установке датчиков на педали тормозной системы

и на цилиндре тормозной скобы были получены данные в числовом и графическом виде (рис. 10).

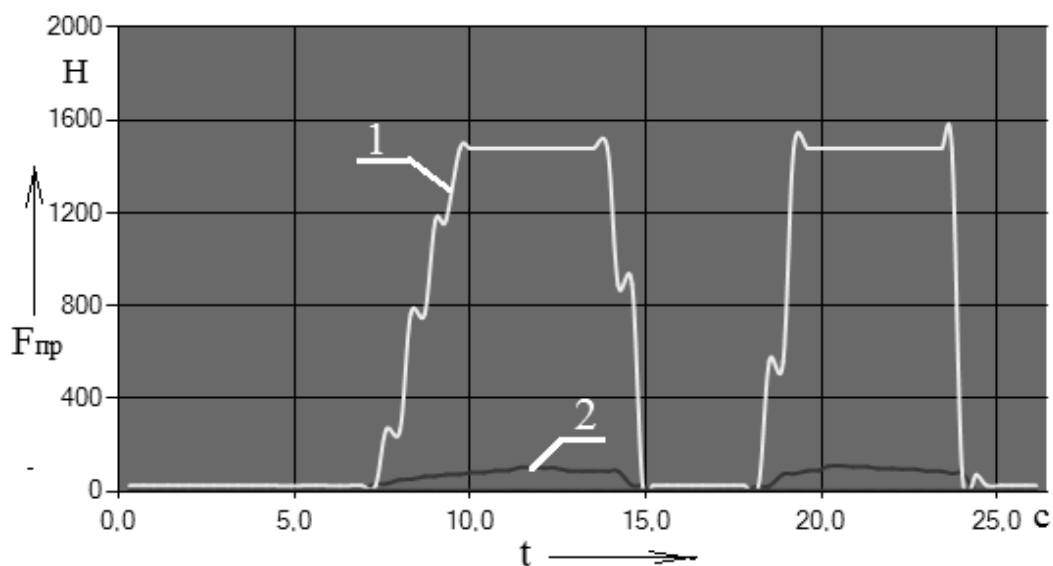


Рис. 10. График силы прижатия тормозных колодок к диску в тормозном механизме при воздействии на педаль тормозной системы: 1 – график силы прижатия тормозных колодок к диску; 2 – усилие нажатия на педаль тормоза

Полученные графические зависимости сил, действующих в тормозном механизме, от величины усилия, приложенного к педали тормоза, позволяют определить время срабатывания тормозного привода и рассчитать параметры остальных элементов тормозной системы.

Выводы

Исследована эффективность работы тормозной системы автомобиля Daewoo Matiz путем проведения стендовых и ходовых испытаний. Разработана система сбора и обработки инфор-

мации, которая позволяет выполнять различные виды измерений для снятия данных о силах, действующих в тормозной системе и тормозных механизмах. Это дает возможность проводить испытания, максимально приближенные к требуемым, для выявления путей повышения эффективности работы тормозной системы и ее механизмов, дальнейшего исследования полученных данных и зависимостей с целью последующего сравнения с расчетными значениями и данными работы усовершенствованных конструкций тормозных систем, устанавливаемых на автомобили и другие транспортные средства.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Тормозные системы колесных машин / И. С. Сазонов [и др.]; под общ. ред. И. С. Сазонова. – Могилев: Белорус.-Рос. ун-т, 2011. – 346 с.: ил.
2. **ГОСТ 51709–2001.** Автотранспортные средства. Требования к техническому состоянию по условиям безопасности движения. Методы проверки. – Москва: Стандартинформ, 2010. – 37 с.
3. Тормозные системы колесных машин / И. С. Сазонов [и др.]; под общ. ред. И. С. Сазонова. – Могилев: Белорус.-Рос. ун-т, 2011. – 346 с.: ил.
4. **Косенков, А. В.** Устройство тормозных систем иномарок и отечественных автомобилей / А. В. Косенков. – Ростов-на-Дону: Феникс, 2003. – 224 с.: ил.
5. Автомобильный справочник: пер. с англ. / Robert Bosch GmbH. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва: За рулем, 2004. – 992 с.: ил.
6. **Ким, В. А.** Методология создания адаптивных САБ АТС на основе силового анализа: монография / В. А. Ким. – Могилев: Белорус.-Рос. ун-т, 2003. – 346 с.
7. Управление движением колесных машин / С. Н. Поддубко [и др.]; под ред. И. С. Сазонова. – Могилев: Белорус.-Рос. ун-т, 2018. – 510 с.: ил.

Статья сдана в редакцию 8 февраля 2023 года

Александр Сергеевич Мельников, канд. техн. наук, доц. Белорусско-Российский университет.
E-mail: f_av@bru.by.

Михаил Леонидович Петренко, ст. преподаватель, Белорусско-Российский университет.
E-mail: petrenkoamf@gmail.com.

Ольга Александровна Пономарева, ст. преподаватель, Белорусско-Российский университет.
E-mail: tea@bru.by.

Артем Александрович Мельников, аспирант, Белорусско-Российский университет.
E-mail: artem.melnikov502@gmail.com.

Aleksandr Sergeyeovich Melnikov, Cand. Sc. (Tech.), Associate Professor, Belarusian-Russian University.
E-mail: f_av@bru.by.

Mikhail Leonidovich Petrenko, senior lecturer, Belarusian-Russian University.
E-mail: petrenkoamf@gmail.com.

Olga Aleksandrovna Ponomareva, senior lecturer, Belarusian-Russian University.
E-mail: tea@bru.by.

Artem Aleksandrovich Melnikov, post-graduate student, Belarusian-Russian University.
E-mail: artem.melnikov502@gmail.com.