

УДК 621.113

М.Г. Корчажкин, А.Н. Архипов

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТОРМОЗНЫХ УСИЛИЙ ИНЕРЦИОННЫХ ТОРМОЗНЫХ СИСТЕМ ЛЕГКОВЫХ АВТОПОЕЗДОВ

Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева

В настоящее время все большее распространение получают прицепы к легковым автомобилям, оборудованные инерционной тормозной системой. Проблема оценки технического состояния таких тормозных систем на стендах является актуальной. Решением может быть нагрузочный инерционный тормоз для использования в составе тормозного стенда. В работе представлены результаты создания модели нагрузочного инерционного тормозного стенда. Описана принципиальная схема и конструкция разработанного нагрузочного инерционного тормозного стенда. Рассмотрены особенности выбора давления в приводе нагрузочного инерционного тормозного стенда. Также приведены результаты испытаний нагрузочного инерционного тормозного стенда при оценке состояния инерционной тормозной системы прицепа на тормозном стенде.

Ключевые слова: тормозная система, техническое состояние, оценка, автопоезд, прицеп, инерционный тормоз, тормозные усилия, нагрузочный инерционный тормоз.

Обеспечение безопасности дорожного движения – одна из наиболее сложных проблем настоящего времени. От её правильного решения зависит не только состояние и функционирование транспорта, но и жизнь, и здоровье людей, сохранность грузов. Решение данной проблемы регламентирует Федеральный закон РФ «О безопасности дорожного движения», а также многие другие нормативные акты [2].

Использование легковых прицепов полной массой свыше 750 кг получает все большее распространение в России. Это и применение таких транспортных средств в малом бизнесе, и использование частными владельцами. Вопрос оценки состояния тормозных систем легковых прицепов при проведении инструментального контроля получил большую актуальность с принятием технического регламента «О безопасности колесных транспортных средств», вступившего в силу с сентября 2010 г. [9].

В 90-х годах в связи с появлением множества предпосылок, ведущих к снижению уровня безопасности, таких как разукрупнение предприятий автомобильного транспорта и появлением мелких перевозчиков, ухудшение контроля за состоянием транспортных средств, снижение качества запасных частей и комплектующих возникает необходимость каким-либо образом контролировать состояние транспорта. В то же время в связи с коммерциализацией перевозок возникает использование «новинки» для того времени: автопоезда на базе легковых автомобилей и одноосных прицепов, для которых почти не было базы для проверок их технического состояния как автопоездов (рис. 1).

В настоящее время в связи с резко возросшей интенсивностью движения автомобильного транспорта и увеличением его количества на дорогах возникла необходимость оборудовать прицепы рабочими тормозами, не зависящими от тормозной системы тягача. Во-первых, это позволит значительно сократить тормозной путь и в большинстве случаев, предотвращает возможную аварию. Во-вторых, тормозная система на легковом прицепе является своеобразной защитой от складывания «автопоезда», что также – весомый довод в пользу ее использования. Максимально допустимая масса буксируемого прицепа указывается в руководстве по эксплуатации автомобиля, причем эта масса зависит от того, оборудован ли прицеп тормозами или нет. Наиболее перспективны для этих целей тормоза наката, использующие силу инерции прицепа, возникающую при торможении автомобиля-тягача, для приведения в действие рабочих тормозов прицепа. Такие приводы тормозов могут быть либо механическими (сила наката разжимает тормозные колодки при помощи системы рычагов),

либо гидравлическими (сила наката преобразуется в давление тормозной жидкости). Последние распространены наиболее широко, так как имеют меньшую металлоемкость и позволяют реализовать все требования, предъявляемые к тормозам наката нормативными документами (Приложение 12 к Правилам № 13 ЕЭК. ООН, ГОСТ 22895-81) [8].



Рис. 1. Легковой автопоезд с прицепом, оборудованным инерционной тормозной системой

Согласно этим требованиям, инерционные приводы тормозов должны быть оборудованы «пороговым устройством» (т.е. срабатывать только при превышении определенной силы в сцепном устройстве), защищать от перегрузок рабочие тормоза прицепа, не создавать при торможении осевой нагрузки на тягач больше разрешенной, обеспечивать плавное торможение и растормаживание прицепа с необходимыми эффективностью и быстродействием.

В тоже время, поняв проблему, государство повсеместно создаёт станции технического контроля для разрешения возникших казусов качества контроля за техническим состоянием. Но существующие на то время средства контроля позволяли произвести проверку почти любых транспортных средств в условиях линии инструментального контроля, кроме прицепов, оснащённых инерционной тормозной системой (ИТС). В настоящее время появились устройства, позволяющие проверить ИТС в стационарных условиях, не прибегая к дорожным испытаниям [3].

Оценка технического состояния ИТС прицепов производится по требованиям ГОСТ Р 51709-2001 и техническому регламенту «О безопасности колесных транспортных средств», вступившим в силу с сентября 2010 г. [7,9]. В соответствии с требованиями данных документов проверка должна производиться при помощи устройства с контролем соответствующих характеристик ИТС прицепа. Необходимое устройство, позволяющее имитировать нагрузку на рабочем органе прицепа, создаваемую при торможении прицепа в дорожных условиях, называется нагрузателем (имитатором нагрузки) [1]. Кроме того, нагрузатель введен в перечень оборудования, необходимого для линий инструментального контроля (приказ Министерства промышленности РФ (Минпромторг России) от 6 декабря 2011 г. N 1677), в котором указаны некоторые его характеристики (усилие вталкивания сцепного устройства 50-3700 Н). Операции по инструментальному контролю инерционных тормозных систем стали обязательными для пунктов инструментального контроля в 2012 г.

В настоящее время в НГТУ им. Р.Е. Алексеева, на кафедре Автомобильного транспорта ведется разработка стационарного стенда для проверки ИТС в условиях станции инструментального контроля. Устройство основано на измерении тормозного усилия, создаваемого пневмоцилиндром при помощи тензометрического датчика (рис. 2). Данное устройство позволяет произвести проверку тормозной системы прицепа в условиях линии инструментального контроля и не прибегать к дорожным испытаниям [4].

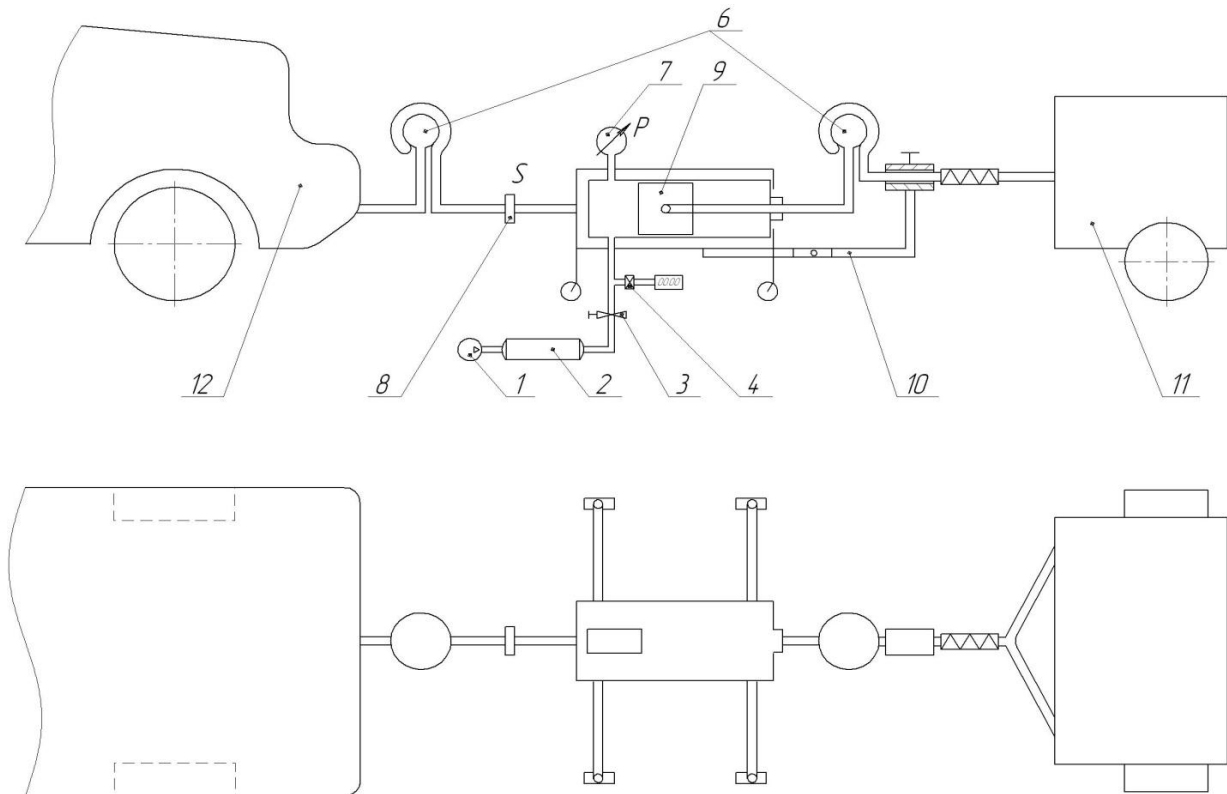


Рис. 2. Принципиальная схема стенда:

1 – компрессор; 2 – ресивер; 3 – кран; 4 – электронный манометр; 6 – шаровая головка ТСУ; 7 – манометр пневмоцилиндра; 8 – тензометрический датчик; 9 – пневмоцилиндр; 10 – сцепка; 11 – прицеп; 12 – автомобиль

Принцип работы заключается в следующем (рис. 3): для начала автопоезд закрепляется на месте проверки тормозной системы - тягач на противооткатные упоры и ручной тормоз, а прицеп - синтетическими стропами (для этого в конструкции нагружателя предусмотрены специальные отверстия для фиксации расстояния между прицепом и нагружателем).

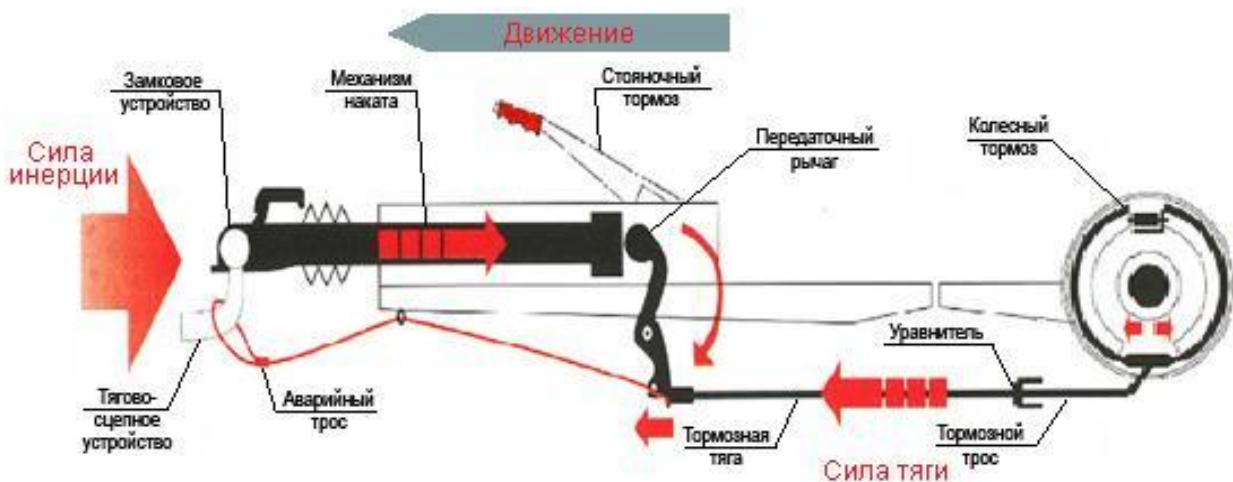


Рис. 3. Принцип работы стенда

Затем из ресивера, имеющегося на станции, подаётся сжатый воздух, поступающий в пневмоцилиндр, расположенный на устройстве, который и создаёт необходимое усилие, совместимое с усилием набегающего прицепа на тягово-сцепное устройство тягача. Затем создаётся имитация торможения. Колёса прицепа, которые должны находиться на барабанах

тормозного стенда, начинаю тормозить, так как система инерционного тормоза разведёт колёдки в тормозных механизмах. Усилие на замедление на колёсах измеряется стандартным стендом проверки тормозов на станции ГТО [5].

Данная разработка призвана упростить процедуру проверки ИТС и сделать её более приближенной к реальности. Стенд дает возможность контроля технического состояния инерционных тормозных систем автомобильных прицепов как при проведении государственного технического осмотра транспортных средств, так и для выявления неисправностей и отказов в процессе эксплуатации. Одной из проблем использования нагрузителя в составе линии инструментального контроля является согласование систем управления тормозным стендом и нагрузителем [6]. Необходимо построить такую систему управления нагрузителем, которая бы требовала минимального изменения программного обеспечения завода-изготовителя. Решение этой проблемы может быть достигнуто двумя путями:

- построением автономной системы управления нагрузителем;
- интегрированием системы управления нагрузителем в систему завода-изготовителя стенда без изменения программного обеспечения.

Первый вариант реализации требует измерения тормозных сил на колесах (осях) прицепа, что является экономически нецелесообразным; второй вариант — интегрирование в систему управления завода-изготовителя требует дальнейших исследований. Работа нагрузителя в автономном режиме должна осуществляться под управлением программы, заложенной в память микроконтроллера. Программное обеспечение включает в себя подпрограмму тестирования, подпрограмму настройки и рабочую программу. При запуске подпрограммы тестирования вычислитель проверяет исправность оперативного запоминающего устройства, постоянного запоминающего устройства, коммутатора и модулей индикации, однокристалльного микроконтроллера. Кроме того, после подачи напряжения питания и в процессе работы ведется контроль состояния линий связи датчиков (на обрыв и замыкание). При прохождении теста включается соответствующая индикация. Работа системы управления в автономном режиме заключается в следующем. После запуска программы управления нагрузителем происходит рост давления в полости пневмоцилиндра до достижения заданного уровня (зависит от полной массы проверяемого прицепа), затем срабатывает электропневмоклапан (ЭПК-1) и рост давления прекращается. При этом должны фиксироваться тормозные силы на левом и правом колесах (при двухосном прицепе по бортам). Измерение тормозных сил на колесах прицепа связано с подключением к датчикам измерения тормозных сил, что недопустимо по требованиям завода изготовителя. Второй путь - интегрирование в систему управления завода-изготовителя стенда может быть реализовано при условии использования стандартного стенда, а именно:

- измерения скорости торможения, имитируемое на тормозном стенде;
- измерения тормозных сил на колесах прицепа;
- измерения силы, создаваемой на органе управления инерционной, тормозной системы;
- измерения массы на каждом колесе;
- измерения давления воздуха в пневмоприводе цилиндра.

В этом варианте необходимо использовать штатный датчик измерения силы (стандартный) на органе управления инерционной тормозной системы, который должен быть установлен на нагрузитель. При использовании полученной схемы управления на рабочем образце нагрузителя возможно получение результатов измерения тормозных свойств автомобильных прицепов для последующего сравнения с результатами моделирования.

Определение тормозных сил на колесах прицепа необходимо для расчета удельной тормозной силы и относительной разности тормозных сил левого и правого колес прицепа. Полученные данные являются оценочными при определении технического состояния инерционной тормозной системы по ГОСТ Р 51709-2001.

Для проведения испытаний использовался универсальный тормозной стенд СТС-10У-СП-1Ш производства завода ГАРО (Великий Новгород).

Технические характеристики стенда представлены в табл. 1.

Таблица 1

Технические характеристики тормозного стенда СТС-10У-СП-11П

Параметр	Значение
Начальная скорость движения, имитируемая на стенде, км/ч	2,2; 4,4
Изменение тормозных сил, Н	6000
Изменение усилий на органе управления, Н	1000
Пределы допустимой относительной погрешности измеряемых параметров	±3%

Методика определения тормозных сил на колесах прицепа и усилия вталкивания на сцепной головке нагружателя:

- запустить программу проверки прицепов из ПО тормозного стенда;
- установить прицеп на ролики тормозного стенда;
- произвести взвешивание прицепа по каждому колесу $G_{л}$ и $G_{пр}$;
- установить нагружатель на устройство управления;
- заблокировать прицеп от перемещения с роликов тормозного стенда при помощи увязки прицепа и нагружателя;
- настроить давление в камере пневмоцилиндра, усилие на штоке которого не должно превышать нормативного значения усилия вталкивания для данного прицепа, исходя из выражения

$$p = \frac{bgM_{п}^{\max} + p_0F_{ЭКВ}}{F_{ЭКВ}},$$

где $M_{п}^{\max}$ — максимальная масса прицепа; $b= 0,1$ для одноосных и $b= 0,067$ для остальных прицепов;

- запустить электродвигатели вращения роликов стенда;
- открыть кран подачи сжатого воздуха в пневмоцилиндр (при блокировании хотя бы одного колеса прицепа произойдет автоматический останов роликов стенда);
- если электродвигатели продолжают вращать ролики, то необходимо принудительно их отключить;
- измерить тормозную силу на колесах и усилие вталкивания на сцепной головке прицепа;
- рассчитать оценочные параметры:
 - удельную тормозную силу $\gamma = \frac{\sum R_x}{G_{п} + G_{л}}$;
 - коэффициент относительной разности $F = \left| \frac{R_x^л}{R_{\max}} \right| \cdot 100\%$,
- распечатать диагностическую карту.

Для эксперимента был использован прицеп марки BORO модели BR2. Прицеп предназначен для перевозки автомобилей. Масса прицепа 500 кг. Максимальная разрешенная масса 2700 кг. Прицеп испытывается с погруженным на него автомобилем массой 1300 кг (рис. 4).



Рис. 4. Общий вид прицепа с автомобилем

Согласно приведенной методике выполнено диагностирование:

1. Определение веса прицепа происходит на стенде автоматически;
2. Определение сил сопротивления свободному вращению происходит автоматически и вычитается из финального результата:

3. Определение порогового усилия устройства управления:

для исследуемого прицепа полной массой 1800 кг пороговое усилие должно находиться в пределах от 352 до 700 Н. В процессе эксперимента срабатывание произошло на 380 Н, что удовлетворяет заданным условиям.

4. Определение тормозных сил на колесах прицепа и усилия вталкивания на сцепной головке нагрузателя (рис. 5).



Рис. 5. Общий вид нагрузателя с прицепом

Было произведено пять замеров, все полученные данные занесены в табл. 2. Согласно требованиям, наибольшее сжимающее усилие на данном прицепе не должно превысить 1764 Н.

Таблица 2

**Значения давлений в пневмоцилиндре и соответствующих им усилий
на сцепной головке нагрузителя**

Давление, МПа	0,05	0,1	0,2	0,3	0,4
Усилие, Н Эксперимент №1	0	220	660	1150	1550
Усилие, Н Эксперимент №2	0	220	650	1170	1540
Усилие, Н Эксперимент №3	0	220	650	1170	1550
Усилие, Н Эксперимент №4	0	220	650	1160	1560
Усилие, Н Эксперимент №5	0	220	660	1180	1540
Среднее значение, Н	0	220	654	1166	1548

Проведенные расчетные и экспериментальные исследования характеристик разработанного нагрузителя показали, что расхождения расчетных и экспериментальных значений тормозных усилий на колесах прицепа, оборудованного ИТС, незначительны (менее 5 %). Это подтверждает адекватность полученных моделей торможения, а также работоспособность разработанной конструкции нагрузителя.

Библиографический список

1. **Архипов, А.В.** Использование математического моделирования при оценке эффективности торможения автомобиля // Проблемы проектирования, испытания, эксплуатации автотракторной техники: материалы междунар. научно-технич. конф. – Н. Новгород, 2000. С. 152–155.
2. Требования к техническому состоянию транспортных средств / А.М. Грошев [и др.] // Государственный технический осмотр в нормативных правовых актах. – М. – Н. Новгород. 2005. Вып. 3.
3. **Спиридонов, Д.С.** Разработка методик и средств оценки технического состояния инерционной тормозной системы при инструментальном контроле: дисс. ... канд. техн. наук. – Владимир, 2010. – 153 с.
4. **Корчажкин, М.Г.** Разработка средств проверки состояния инерционных тормозных систем автомобилей // Безопасность транспортных средств в эксплуатации: материалы 79-й междунар. научно-технич. конф.; НГТУ им. Р.Е. Алексеева. – Н.Новгород, 2012. С. 177–181.
5. **Маслов, С.И.** Проверка состояний инерционных тормозных систем / Будущее технической науки: сб. материалов XI Междунар. молодежной научно-технич. конф.; НГТУ им. Р.Е. Алексеева. – Н.Новгород, 2012. С. 137–138 с.
6. **Парфенов, П.Н.** Разработка алгоритма управления нагрузителем в составе линии инструментального контроля / Будущее технической науки: сб. материалов XII Междунар. молодежной научно-технич. конф.; НГТУ им. Р.Е. Алексеева. – Н. Новгород, 2013. С. 188–189.
7. ГОСТ Р 51709-2001. Автотранспортные средства. Требования безопасности к техническому состоянию и методы проверки. Методы проверки. – М.: ГОСТОТАНДАРТ РОССИИ, 2001. – 27 с.
8. Единообразные предписания, касающиеся официального утверждения транспортных средств в отношении торможения. Правила 13 ЕЭК ООН, Е/ЕСЕ/324, Е/ЕСЕ/TRANS 505.

Приложение 12. Условия контроля транспортных средств, оборудованных инерционными тормозами.

9. Технический регламент «О безопасности колесных транспортных средств», утвержденный постановлением Правительства РФ №720 от 10 сентября 2009 г.

*Дата поступления
в редакцию 20.09.2014*

M.G. Korchazhkin, A. N. Arkhipov

DEFINITION OF BRAKE EFFORTS OF INERTIAL BRAKE SYSTEMS OF AUTOMOBILE ROAD TRAINS

Nizhny Novgorod state technical university n. a. R.E. Alexeev

Purpose: Definition of brake efforts of inertial brake systems at instrumentally control.

Design/methodology/approach: Researches are lead with use of methods of the mathematical modeling and pilot studies.

Findings: The design of loading creator of inertial brake systems is offered and the working capacity assessment is carried out.

Research limitations/implications: The constructive solution of the problem of definition of technical condition of inertial brake systems is offered.

Originality/value: The loading creator of inertial brake systems as a part of the brake stand is developed.

Key words: Brake system, technical condition, assessment, road train, trailer, inertial brake, brake efforts, loading creator.