

УДК 629.113

**О.Б. Тихомирова**  
**ОШИБКИ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ**  
**ТОРМОЗНЫХ СИСТЕМ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ**

*Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева*

Рассмотрены особенности проверки тормозных свойств транспортных средств в соответствии с внедренным межгосударственным стандартом ГОСТ 33997-2016 «Колесные транспортные средства. Требования к безопасности в эксплуатации и методы проверки» и Техническим регламентом Таможенного союза «О безопасности колесных транспортных средств». Описаны методики, используемые при проверке технического состояния транспортных средств в европейских странах, дан критический анализ ошибок при диагностировании тормозных систем в эксплуатации. Проанализированы аспекты, которые остались неучтенными при разработке ГОСТ 33997-2016.

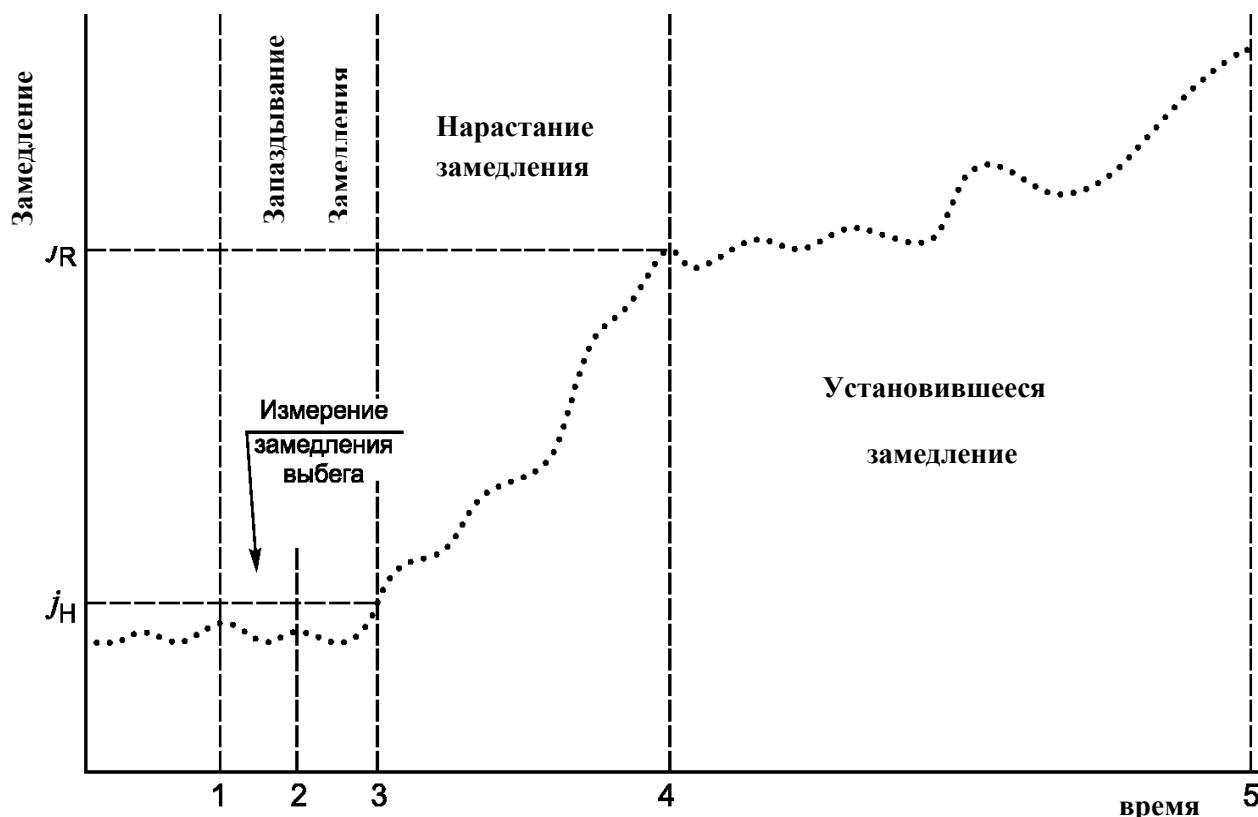
**Ключевые слова:** технический регламент, межгосударственный стандарт, тормозные свойства, роликовый тормозной стенд, имитатор нагрузки.

С 2013 г. в странах Евразийского союза для оценки технического состояния транспортных средств (ТС) стали использоваться требования Технического Регламента Таможенного союза «О безопасности колесных транспортных средств» (ТР ТС 018/2011) [1]. Работы по межгосударственной стандартизации проводил Евразийский совет по стандартизации, метрологии и сертификации (ЕАСС), представляющий собой региональное объединение национальных органов стран, входящих в Содружество Независимых Государств. Одной из задач организации являлась разработка методов исследований (испытаний) и измерений, необходимых для применения и исполнения требований ТР ТС 018/2011 и осуществления оценки (подтверждения) соответствия продукции, которые были приняты решением Коллегии Евразийской экономической комиссии № 88 от 16.04.2013.

Любой технический регламент определяет только ключевые требования к проверяемым параметрам, в то время как детальная проработка требований и методов проверки дается в соответствующем стандарте. Так, в феврале 2018 года был введен межгосударственный стандарт ГОСТ 33997-2016 «Колесные транспортные средства. Требования к безопасности в эксплуатации и методы проверки» [2]. Большинство вошедших в него позиций заимствованы из ГОСТ Р 51709-2001, служившего в качестве аналогичного нормативного документа в Российской Федерации с 2013 по 2018 год. Однако некоторые требования претерпели серьезные изменения и в своем новом облике требуют критической оценки.

Рассмотрим тормозную систему автомобиля – основного конструктивного элемента, определяющего активную безопасность ТС [3]. Обзор начнем с анализа требований и методов проверки эффективности рабочей тормозной системы при дорожных испытаниях. Оценка эффективности торможения в этих условиях может быть проведена двумя способами. Первый – измерение тормозного пути  $S_T$ , который измеряется от точки нахождения ТС в момент касания органа управления тормозной системой до точки полной остановки транспортного средства. Второй – совокупная оценка показателей: установившегося замедления ТС и времени срабатывания тормозной системы (рис. 1). Проверку проводят на дороге с использованием прибора для измерения показателей эффективности тормозных систем, предварительно установив на орган управления тормозной системы датчик начала торможения и усилия воздействия. Затем разгоняют автомобиль до нормативной скорости движения  $40 \pm 4$  км/ч по оси коридора движения и выполняют торможение в экстренном режиме путем полного однократного воздействия на орган управления. Время такого воздействия не должно превышать 0,2 с.

С помощью прибора фиксируется момент начала торможения, усилие воздействия на орган управления тормозной системы, изменение замедления ТС от начала торможения до остановки.



**Рис. 1. График замедления ТС**

**(тормозная диаграмма) при торможении в дорожных условиях**

1 – начало торможения; 2 – окончание измерения замедления выбега ТС;

3 – начало нарастания замедления; 4 – начало фазы торможения с установившимся замедлением;

5 – начало растормаживания

Методика вычисления показателей торможения начинается с регистрации момента начала торможения (точка 1 на рис. 1) и измерения дискретных значений замедления  $j_k$  ТС с интервалом  $\delta \leq 0,1$  с. По каким-то причинам авторы стандарта проводят линию на участке от начала координат до точки 3 на ненулевом уровне, хотя по описанию автомобиль еще движется без торможения. Программа, установленная в приборе, вычисляет среднее значения  $j_{cp}$  (в ГОСТе опечатка –  $f_{cp}$ ) замедления выбега в течение фиксированного периода 1-2, равного двадцати интервалам  $\delta$ . Далее определяется наибольшая амплитуда разброса зафиксированных значений замедления  $j_k$  в период 1-2 выбега ТС:

$$\Delta j = j_{k_{max}} - j_{cp} \quad (2)$$

Все это необходимо для выбора начала нарастания замедления, которое, согласно алгоритму, идентифицируется в тот момент, когда текущее значение замедления  $j_k$  в два раза превысит величину наибольшей амплитуды разброса значений замедления, зафиксированных в период 1-2:

$$j_k = 2\Delta j \quad (3)$$

Время запаздывания замедления характеризуется периодом 1-3, а начало фазы торможения с установившимся замедлением идентифицируется при условии ограниченной продолжительности периода 3-4 нарастания замедления согласно уравнениям:

$$\begin{cases} t_{3-4} = \sum_{k=1}^P \delta \leq 0,5 \text{ с} \\ j_R \geq j_r, r = 1, 2, \dots, R, \dots, P \end{cases} \quad (4)$$

За период 3-4 пройдет  $P$  интервалов  $\delta$ , общая длительность периода не более 0,5 с.

В стандарте период от момента начала торможения (точка 1) до наступления установившегося замедления (точка 4) характеризует время срабатывания тормозной системы  $T_{\text{ср}}$ . Для ТС категорий  $M_1$  и  $N_1$  этот параметр не должен превышать 0,6 с, для остальных категорий – 0,8 с. За это время система сосчитает  $R$  интервалов  $\delta$ . Регистрация времени  $t_{4-5}$  торможения с установившимся замедлением осуществляется суммированием  $M$  интервалов  $\delta$  от точки 4 до точки 5. Идентификация остановки ТС происходит по условию, в котором текущее замедление становится менее начального:

$$j_k \leq j_H \quad (6)$$

К этому моменту система сосчитает  $N$  интервалов  $\delta$ , после чего начнет вычисление установившегося замедления  $j_{\text{уст}}$ , начальной скорости торможения  $V_0$ , тормозного пути  $S_T$  и времени срабатывания тормозной системы  $T_{\text{ср}}$ :

$$J = \frac{1}{N - R} \sum_{k=(N-R)}^N j_k. \quad (7)$$

$$V_0 = \delta \sum_{k=1}^N j_k, t_{1-6} = \delta \cdot N. \quad (8)$$

$$S_T = \delta^2 \sum_{i=1}^N \left( \sum_{k=1}^N j_k - \sum_{k=1}^i j_k \right). \quad (9)$$

Если расчетная начальная скорость торможения  $V_0$  выходит за пределы нормативного диапазона ( $40 \pm 4$  км/ч), оценочные показатели не зачитывают, а процедуру повторяют столько раз, пока данное условие не будет выполнено.

Завершается технология проверки сравнением полученного при испытании фактического показателя тормозного пути с откорректированным для конкретного торможения расчетным нормативом. Одновременно отображают показатели усилия воздействия на орган управления тормозной системы, начальной скорости торможения, тормозного пути или установившегося замедления ТС и времени срабатывания тормозной системы.

По полученной величине начальной скорости торможения 36...44 км/ч рассчитывают откорректированный для этой скорости норматив тормозного пути по формуле:

$$S_T = AV_0 + \frac{V_0^2}{26 j_{\text{уст}}}, \quad (10)$$

где  $V_0$  – начальная скорость торможения ТС, км/ч;  $j_{\text{уст}}$  – установившееся замедление, м/с<sup>2</sup>;  $A$  – коэффициент, характеризующий время срабатывания тормозной системы.

Коэффициент  $A$  и установившееся замедление  $j_{\text{уст}}$  для различных категорий ТС, приведены в таблице Б1 Приложения Б межгосударственного стандарта ГОСТ 33997-2016. Однако эти значения не согласуются ни с требованиями Технического Регламента таможенного союза, ни с данными этого же ГОСТ 33997-2016 (табл. 1). Подставляя в формулу 10 значения, установленные ГОСТ 33997, мы, при нормативной скорости 40 км/ч, не получим требуемое значение тормозного пути ни для одной категории транспортного средства. Все расчеты нормативных значений тормозного пути при отклонении от начальной скорости 40 км/ч также оказываются ложными. Причем в трех из четырех случаев ошибка сделана в меньшую сторону, что не позволит пройти технический осмотр фактически исправным ТС. Сравнение корректных значений  $j_{\text{уст}}$  и коэффициента  $A$  и приводимых в ГОСТ 33997-2016, представлены в табл. 1.

Коэффициент  $A$  – произведение времени срабатывания ( $t + 0,5 t_n$ ) на переводной коэффициент скорости движения из км/ч в м/с (равного 1/3,6). Видно, что нормативные данные времени срабатывания для категорий  $M1$  и  $N1$  одинаковые, следовательно, коэффициент  $A$  для них не должен различаться. Для автобусов  $M3$  ГОСТ 33997 указывает такой же коэффициент  $A$ , как и для  $M1$ , но при этом нормативное значение времени срабатывания в 1,3 раза выше.

**Таблица 1.**  
**Значения коэффициента  $A$  и установившегося замедления  $j_{уст}$**   
**для пересчета тормозного пути**

Категория ТС	ДОЛЖНЫ БЫТЬ Исходные данные для расчета норматива тормозного пути $S_T$ ТС в снаряженном состоянии		ПО ГОСТ 33997 Исходные данные для расчета норматива тормозного пути $S_T$ ТС в снаряженном состоянии		Время срабатывания тормозной системы по ТР ТС	Тормозной путь $S_T$ по ТР ТС	Тормозной путь, рассчитанный по данным ГОСТ 33997
	по ТР ТС $A$	по ТР ТС $j_{уст},$ м/с <sup>2</sup>	прил. Б А	прил. Б $j_{уст},$ м/с <sup>2</sup>			
1	2	3					
$M_1$	0,10	4,9					
$N_1$	0,10	4,9					
$M_2, M_3$	0,15	4,9					
$M_1$ с прицепом без тормозной системы	0,10	3,9	Не выделены в отдельную группу		0,6	19,8	Нет данных для расчета
$N_2, N_3$	0,15	4,4					
Грузовые автомобили с прицепом (полуприцепом)	Не выделены в отдельную группу		0,18	5,0		Не выделены в отдельную группу	

Полное совпадение с нормативными значениями Технического Регламента достигается только при использовании параметров, указанных в колонках 2 и 3 табл. 1. Одновременно проверяется устойчивость ТС при торможении в пределах нормативного коридора движения, обозначенного разметкой на дорожном покрытии. ТС перед торможением должно двигаться прямолинейно с установленной начальной скоростью ( $40 \pm 4$  км/ч) по оси коридора. Выход ТС какой-либо его частью за пределы нормативного коридора движения устанавливаются визуально по положению проекции ТС на опорную поверхность или по прибору для проверки тормозных систем в дорожных условиях. Для проверки тормозных систем ТС, находящихся в эксплуатации, во всем мире более распространенными являются стендовые методы проверки (рис. 2), где в качестве норматива эффективности торможения выступает иной показатель – удельная тормозная сила  $\gamma$  [4]:

$$\gamma_T = \frac{\sum_{i=1}^{2N} P_{Ti}}{\sum_{i=1}^{2N} G_i}, \quad (11)$$

где  $P_{Ti}$  – тормозная сила  $i$ -го колеса, Н;  $G_i$  – вертикальная реакция опорной поверхности на  $i$ -е колесо ТС в момент регистрации  $i$ -й тормозной силы для стендов, оборудованных весоизмерительными средствами, или зарегистрированная при неподвижных колесах для стендов, не оборудованных весоизмерительными средствами,  $N$  – число осей ТС.

Нормативная удельная тормозная сила определяется нормативным установившимся замедлением через соотношение  $\gamma_T = j_{уст}/g$ , что прослеживается в ТР ТС 018/2011 для всех категорий транспортных средств. В ГОСТ 33997-2016 данная связь имеется у всех категорий кроме грузовых автомобилей N1. Для этих ТС, согласно расчету в соответствии с ТР ТС, величина удельной тормозной силы должна составлять 0,5, в то время как ГОСТ указывает величину 0,45. Это занижает требования к эффективности тормозной системы этой группы автомобилей и увеличивает риск ДТП [5].

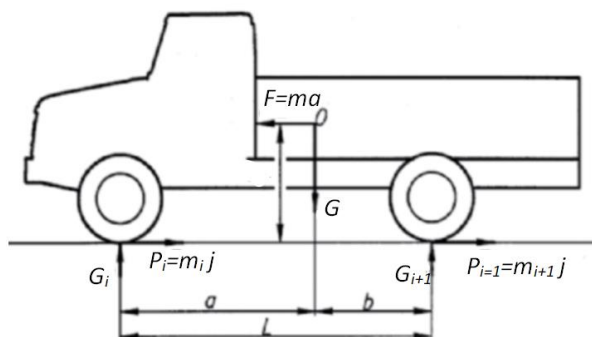


Рис. 2. Схема определения вертикальных реакций на колесах

Формально использование понятия удельной тормозной силы позволяет проводить испытания ТС с различной массой. При увеличении массы ТС увеличивается и тормозная сила, а их соотношение изменяется в относительно небольших пределах. Однако для пневматической тормозной системы в реальных условиях ограничением по усилию, действующему на тормозные механизмы, является максимальное давление в ресивере тормозного привода. Максимально допустимая масса и масса снаряженного транспортного средства могут отличаться более чем в 2 раза. При этом эффективность торможения, зависящая от давления воздуха в тормозных ресиверах, в снаряженном состоянии может быть достаточной для выполнения нормативных показателей, а при полной массе – нет. К сожалению, узнаем мы об этом только в экстренной ситуации на дороге, поскольку на тормозные стенды автомобили с полной массой (загрузкой) не приезжают. Примеры автомобильных катастроф, приведшие к гибели людей из-за непродуманности методики испытаний, неоднократно зафиксированы.

Рассмотрим некоторые особенности оценки технического состояния автомобилей, не учтенные в практике государств таможенного союза, но внедренные в европейскую международную практику стандартом ISO 21069 [6,7]. Очевидно, что в целом подходы к проверке тормозных свойств автомобилей у разных систем совпадают. Основное и принципиальное отличие в проведении тестовых проверок по ISO и ГОСТ Р заключается в требованиях к состоянию автомобиля по массе в момент проведения проверки. Согласно ISO, испытание на торможение может быть выполнено в полностью загруженном состоянии или в слегка загруженном состоянии. Предполагается, что тормозное усилие предсказуемо увеличивается вместе с ростом давления. Давление в тормозном приводе и тормозные силы на колесах

должны быть определены одновременно и в реальном времени. Удельная тормозная сила должны определяться для каждого колеса в отдельности или для каждой оси в отдельности.

Наиболее надежным способом измерения тормозных сил является испытание транспортного средства в полностью загруженном состоянии. В этом случае экстраполяции полученных при измерении значений не требуется. Удельная тормозная сила определяется непосредственно путем измерения тормозной силы для транспортного средства в полностью загруженном состоянии для одиночного транспортного средства:

$$\gamma_{M\ lad} = \Sigma P_i / G_{M\ max}; \quad (14)$$

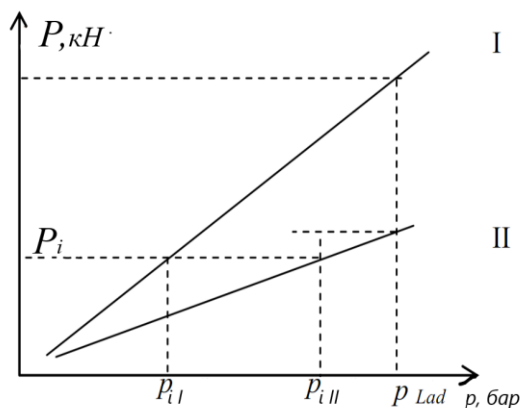
для прицепа (полуприцепа):

$$\gamma_{R\ lad} = \Sigma P_i / G_{R\ max}, \quad (15)$$

где  $P_i$  – тормозная сила оси  $i$ , Н;  $G_{M\ max}$  – максимально допустимая нормальная статическая реакция дорожного покрытия на все колеса одиночного ТС, Н;  $\gamma_{M\ lad}$  – удельная тормозная сила полностью груженого ТС;  $G_{R\ max}$  – максимально допустимая нормальная статическая реакция дорожного покрытия на все колеса прицепа (полуприцепа) автомобиля, Н;  $\gamma_{R\ lad}$  – удельная тормозная сила полностью груженого прицепа (полуприцепа).

На рис. 3 показаны зависимости тормозных сил от давления в тормозном приводе для технически исправного (I) и неисправного (II) транспортного средства. В первом случае достижение нормативных тормозных сил в снаряженном состоянии происходит при давлении  $p_i$ , которое значительно ниже предельно возможного  $p_{lad}$  для данного транспортного средства. Следовательно, при загрузке этот автомобиль в состоянии обеспечить требуемые с точки зрения безопасности показатели эффективности.

Второй автомобиль достигает требуемых значений тормозных сил  $P_i$  при давлении, близком к предельному. Это свидетельствует о том, что при его загрузке необходимые показатели торможения не будут достигнуты, и такое транспортное средство становится потенциально опасным участником дорожного движения.



**Рис. 3. Изменение тормозных сил  $P$  в зависимости от давления в приводе  $p$  для технически исправного (I) и неисправного (II) транспортного средства**

Оценка запаса по давлению для автомобиля с технически допустимой максимальной массой является основной задачей, реализуемой с помощью рассматриваемых методов проверки эффективности тормозных систем. В этом случае стандарт ISO предполагает использование метода прогнозирования эффективности торможения в полностью груженом состоянии. Это может быть достигнуто методами экстраполяции, базирующимися на линейной зависимости тормозного усилия от давления воздуха в приводе.

Тормозное усилие и соответствующее ему давление в приводе замеряется дважды. Первый раз усилие должно быть создано при низком давлении в приводе, чуть выше пороговой точки, но так, чтобы можно было уже измерить тормозное усилие на колесе. Второй (основной) должна быть точка при самых высоких реализуемых тормозных силах с соответ-

ствующим давлением в тормозном приводе. По результатам замеров можно спрогнозировать величину тормозного усилия, которое может быть реализовано при максимальном давлении воздуха в приводе. По величине расчетных тормозных сил определяется удельная тормозная сила, которую следует ожидать при полной загрузке автомобиля.

Для более точного расчета две точки, в которых производится замер, должны максимально отстоять друг от друга. Первую из точек реализуют при минимальном усилии в тормозных механизмах, что можно сделать и на снаряженном (пустом) транспортном средстве. Вторую точку можно «сместить» только путем загрузки автомобиля. По требованиям ISO, по крайней мере 30 % от максимального давления в приводе тормозов должно быть достигнуто путем увеличения нормальной нагрузки на ось или имитации этой нагрузки. Имеется в виду нагружение автомобиля балластом или искусственное притягивание его к поверхности роликов стенда. В этом случае удельная тормозная сила  $\gamma_{M\ lad}$  или  $\gamma_{R\ lad}$  определяется с помощью уравнений, в том числе для одиночного транспортного средства:

$$\gamma_{M\ lad} = \Sigma P_{Bi} / G_{M\ max}; \quad (16)$$

и для прицепа (полуприцепа):

$$\gamma_{R\ lad} = \Sigma P_{Bi} / G_{R\ max} \quad (17)$$

$$P_{Bi} = (P_{Hi} + R_{Pi}) / (p_{A\ lad\ i} - p_{AHi}) \quad (18)$$

$$R_{Pi} = (P_{Hi} - P_{Li}) / (p_{AHi} - p_{ALi}), \quad (19)$$

где  $P_{Bi}$  – тормозное усилие, полученное экстраполяцией в зависимости от давления в тормозном приводе  $p_{Aladi}$ ;  $R_{Pi}$  – коэффициент экстраполяции;  $P_{Hi}$  – тормозное усилие на оси  $i$  при давлении в тормозном приводе  $p_{AHi}$ ;  $P_{Li}$  – тормозное усилие оси  $i$  при давлении в тормозном приводе  $p_{ALi}$ ;  $p_{A\ lad\ i}$  – максимальное обусловленное конструкцией давление в тормозном приводе груженого транспортного средства оси  $i$  (для целей экстраполяции);  $p_{AHi}$  – высокое давление в приводе тормозов оси  $i$ ;  $p_{ALi}$  – низкое давление в приводе тормозов оси  $i$ .

Испытания по данной методике усложняют процедуру проверки в связи с необходимостью установки на тормозных стендах имитаторов загрузки. Эти механизмы должны создавать значительные усилия, притягивая автомобиль или его ось к основанию. Разброс результатов будет тем больше, чем меньше (в долях от максимального тормозного усилия) тормозные силы будут реализованы при имитации загрузки.

При разработке межгосударственного стандарта ГОСТ 33997-2016 все рекомендации по процессу измерения удельной тормозной силы были проигнорированы. Вопрос безопасности крупногабаритного транспорта, эксплуатируемого на дорогах Российской Федерации и стран Таможенного союза, остается не решенным. Кроме того, невозможно определить виновных за выпуск неисправных автомобилей на дорогу, так как, согласно методике ГОСТ, 33997-2016 при проверке ТС с пневматической тормозной системой большинство из них сможет обеспечить установленные заниженные нормативные показатели.

### Библиографический список

1. Межгосударственный стандарт ГОСТ 33991-2016. Колесные транспортные средства. Требования к безопасности в эксплуатации и методы проверки. – Введ. 2018.02.01. – М: ФГУП «Стандартинформ», 2017. – 67 с.
2. Технический регламент Таможенного союза ТР ТС 018/2011 «О безопасности колесных транспортных средств». Введ. 2015.01.01, № 877. – 465 с.
3. Тихомирова, О.Б. Критический обзор требований, установленных при техническом осмотре транспортных средств [Текст] / О.Б. Тихомирова, А.Н. Тихомиров // Беспилотные транспортные средства: проблемы и перспективы. Сборник материалов 94 международной научно-технической конференции Ассоциации автомобильных инженеров. – Н. Новгород: НГТУ им. Р. Е. Алексеева, 2016. С. 224-230.

4. Тихомирова, О.Б. Особенности проверки тормозных свойств автомобиля в эксплуатации по международным требованиям [Текст] / О.Б. Тихомирова, А.Н. Тихомиров // Труды НГТУ им. Р.Е. Алексеева. 2014. № 4 (106). С. 370-375.
5. Тихомирова, О.Б. Технический контроль колесных транспортных средств [Текст] / О.Б. Тихомирова, А.Н. Тихомиров. – Н. Новгород: ООО «Виртэ-НН», 2015. – 236 с.
6. International standard ISO 21069-1. Road vehicles – Test of braking systems on vehicles with a maximum authorized total mass of over 3,5 t using a roller brake tester. Part 1: Pneumatic braking systems, 2004. – 20 p.
7. International standard ISO 21069-2, Road vehicles – Test of braking systems on vehicles with a maximum authorized total mass of over 3,5 t using a roller brake tester. Part 2: Air over hydraulic and purely hydraulic braking systems, 2008. – 24 p.