

В. В. Быков, канд. техн. наук, В. Э. Волошин, Д. С. Мошуль

**Автомобильно-дорожный институт
ГОУВПО «Донецкий национальный технический университет», г. Горловка**

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДИКИ ОЦЕНКИ УСТОЙЧИВОСТИ АВТОМОБИЛЯ ПРИ ТОРМОЖЕНИИ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ИНСТРУМЕНТАЛЬНОГО КОНТРОЛЯ

Разработана математическая модель для оценки устойчивости автомобиля при торможении, позволяющая по результатам инструментального контроля прогнозировать отклонение траектории движения автомобиля при торможении в дорожных условиях.

Ключевые слова: *технический осмотр автомобилей, колесные транспортные средства, торможение автомобиля, траектория движения, линия инструментального контроля*

Введение

Действующая в настоящее время в Донецкой Народной Республике система периодических технических осмотров автомобилей для юридических лиц и отсутствие ее для физических лиц не позволяет в достаточной степени оценить состояние узлов и систем автомобиля, влияющих на безопасность дорожного движения. В странах европейского союза (ЕС) в результате технического осмотра автомобилей не допускаются к эксплуатации от 20 до 50 % автомобилей, в странах Евразийского экономического союза (ЕврАзЭС) – от 9 до 14 %. В период проведения технических осмотров в странах ЕС снижение количества ДТП с участием неисправных автомобилей достигает 25–40 %, в странах ЕврАзЭС снижение аварийности практически не происходило. Эти данные говорят о несовершенстве системы технического осмотра, которая используется в странах ЕврАзЭС.

Указанную проблему может решить совершенствование системы инструментального контроля технического состояния автотранспортных средств, которая функционирует в странах ЕврАзЭС.

Цель работы

Определение предельно допустимых значений коэффициентов неравномерности тормозных сил на осях автомобиля, а также при действии неравномерности тормозных сил по бортам автомобиля.

Основная часть

Использование линии инструментального контроля для тестирования автомобилей в лаборатории «Диагностика» Автомобильно-дорожного института Государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Донецкий национальный технический университет» позволило выявить ряд существенных недостатков, требующих устранения в ближайшем будущем:

- уровень эксплуатационной надежности автомобилей, эксплуатирующихся в ДНР не соответствует предъявляемым к ним требованиям;
- при оценке состояния тормозных систем контролируются не все параметры, предусмотренные ГОСТ 33997-2016 «Колесные транспортные средства. Требования к безопасности в эксплуатации и методы проверки» [1];
- инструментальный контроль не позволяет выявить некоторые неисправности, влияющие на безопасность дорожного движения, и выявить неисправности тормозных систем.

Для устранения выявленных недостатков необходим научный анализ и дополнительные исследования тормозных качеств автомобиля. Одним из направлений исследований является разработка и внедрение методов и средств оценки тормозной эффективности автомобилей, находящихся в эксплуатации, а также расчетно-экспериментальной методики оценки эффективности и устойчивости колесных транспортных средств (КТС) при торможении, базирующейся на данных протоколов испытаний, полученных при инструментальном контроле.

На долю тормозных систем приходится в среднем 44 % от общего количества ДТП по причине неисправности КТС [2]. Следовательно, наиболее существенного снижения количества ДТП которые происходят из-за неудовлетворительного технического состояния КТС, можно достигнуть путем повышения надежности тормозных систем в эксплуатации.

В последнее время произошло резкое падение объемов и качества технического обслуживания и ремонта транспортных средств и наметилась тенденция отказа от использования накопленного научно-технического, производственного и кадрового потенциала.

Существенный негативный вклад в неудовлетворительное состояние нашего автопарка вносят и сотни тысяч бывших в эксплуатации подержанных автотранспортных средств, ввозимых из-за рубежа, в частности из Грузии.

Указанное выше свидетельствует о необходимости разработки более эффективной системы контроля технического состояния автомобилей в процессе эксплуатации. Мировой опыт решения данной проблемы состоит в государственном регулировании процесса технического осмотра КТС, поскольку естественные рыночные регуляторы не могут дать оптимальных результатов. С этой целью в ДНР необходимо создать законодательно-правовую базу по обязательному периодическому контролю технического состояния транспортных средств. Функции по инструментальному контролю необходимо делегировать республиканским аккредитованным организациям с последующим надзором за их деятельностью. Таким образом может быть осуществлен охват инструментальным контролем всех находящихся в эксплуатации автомобилей.

Для проведения инструментального контроля автомобилей требуется оборудование, обеспечивающее диагностику всех параметров, указанных в ГОСТ 33997-2016 [1]. Указанный ГОСТ предписывает для проверки эффективности торможения и устойчивости КТС при торможении проведение дорожных или стендовых испытаний и определяет условия их проведения. В ходе испытаний определяется соответствие КТС предъявляемым требованиям. В настоящее время выявлено некоторое несоответствие разработанного стандарта сложившимся на практике условиям контроля:

- методики ГОСТ 33997-2016 не всегда позволяют выявить снижение эффективности тормозной системы автомобиля, которое влияет на устойчивость и управляемость КТС при инструментальном контроле;

- наибольшее влияние на безопасность движения КТС оказывают внешняя среда и параметры, связанные с техническим состоянием тормозной системы. Наиболее значимы коэффициент трения тормозных пар «тормозной диск-тормозная колодка» и «тормозной барабан-тормозная колодка», осевая и бортовая неравномерность тормозных сил, распределение тормозных сил по осям автомобиля.

Как следствие, из-за несовершенства методик по оценке технического состояния КТС часть автомобилей с исправной тормозной системой могут не допускаться к эксплуатации, а с неисправной – эксплуатироваться, что снижает безопасность дорожного движения.

Анализ результатов диагностики тормозной системы на линии инструментального контроля BOSCH SDL 260 лаборатории «Диагностика» Автомобильно-дорожного института Государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Донецкий национальный технический университет» показал, что большое количество автомобилей категории M₁ не удовлетворяет требованиям ГОСТ 33997-2016 (рисунок 1). Это

подтверждается исследованиями [2, 3]. Анализируя дефекты тормозных систем автомобилей можно отметить, что частота появления дефекта по коэффициенту неравномерности тормозных сил передней и задней осей автомобилей категории М₁ составляет 16 %.

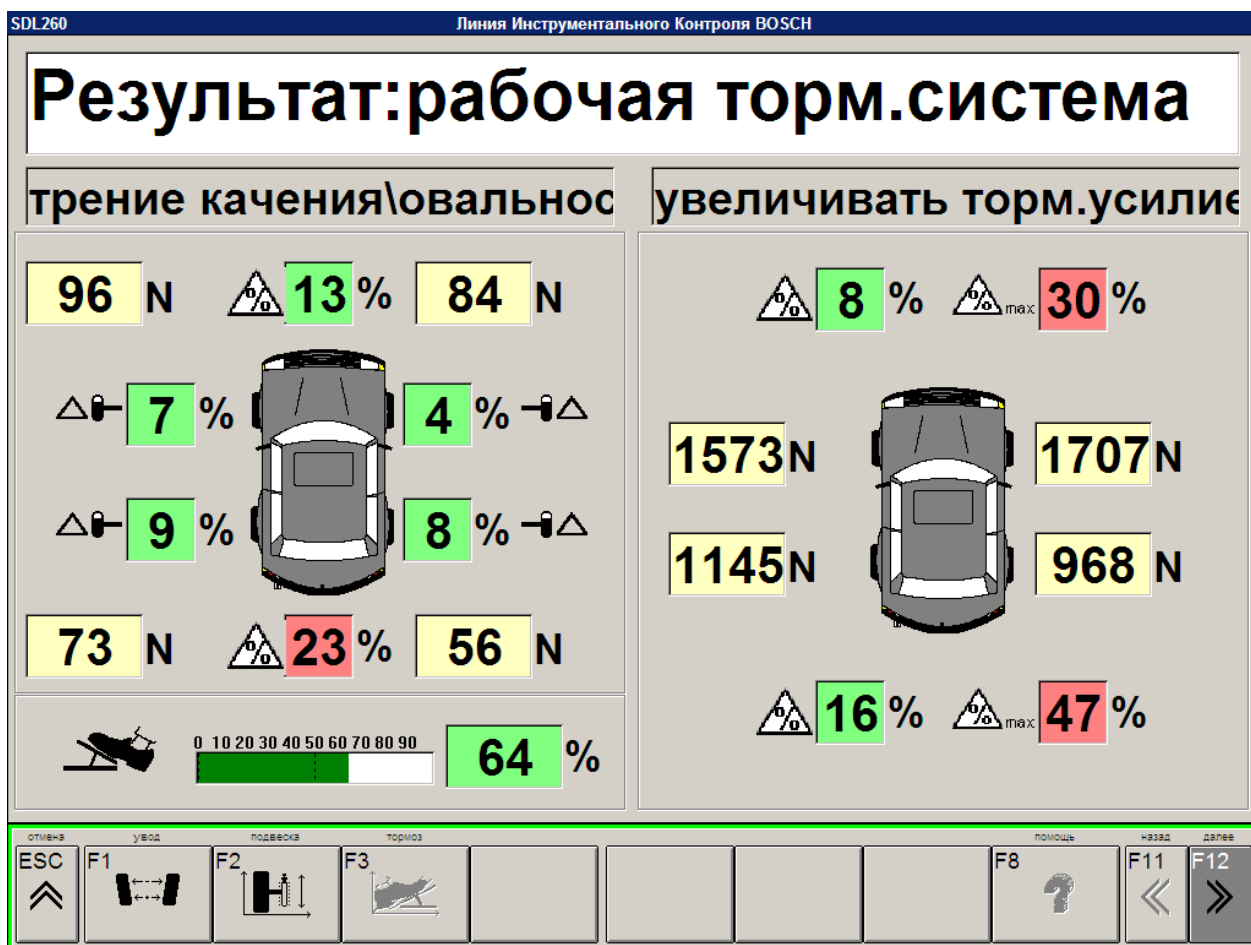


Рисунок 1 – Результаты диагностирования рабочей тормозной системы автомобиля категории М₁

Устойчивость автомобиля при неравномерном действии тормозных сил можно описать математической моделью. Рассмотрим процесс торможения автомобиля при неравномерном действии тормозных сил. Известно, что параметры проезжей части дороги и организация движения транспортных потоков накладывают определенные ограничения на взаимное положение транспортных средств. Движение автомобиля происходит в пределах полосы движения шириной 2,6 м, которая обеспечивает безопасность движения и соответствует требованиям ГОСТ 33997-2016. Расчетная схема курсового движения автомобиля показана на рисунке 2.

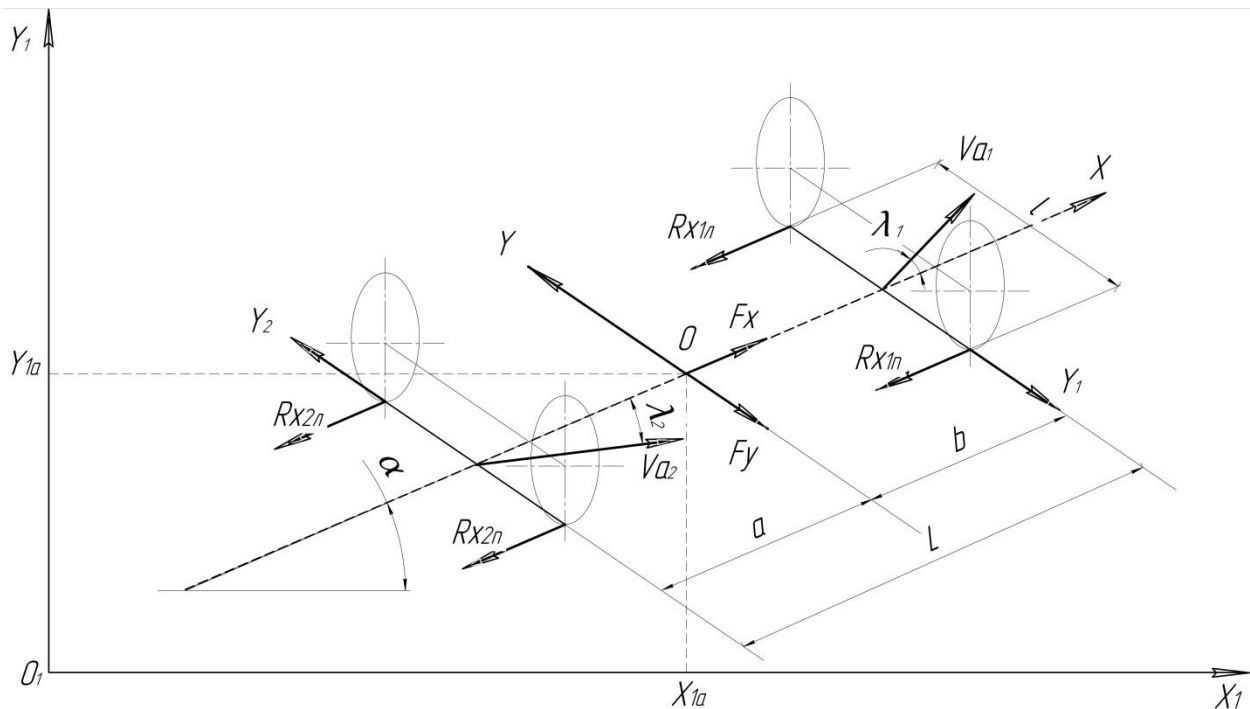


Рисунок 2 – Расчетная схема торможения автомобиля с неравномерностью действия тормозных сил

Для определения параметров движения автомобиля рассмотрим подвижную систему координат с началом координат в точке, соответствующей проекции центра масс автомобиля на плоскость дороги. В качестве основной системы отсчета выберем неподвижные оси координат $X_1O_1Y_1$, которые лежат на плоскости дороги. Тогда положение автомобиля в неподвижной системе координат будет определяться координатами X_{1a} , Y_{1a} и курсовым углом α между проекцией продольной оси автомобиля на плоскость дороги и осью O_1X_1 . Составим общее уравнение движения автомобиля и определим закономерности изменения динамических и кинематических параметров процесса торможения.

Для расчетной схемы примем следующие обозначения:

a , b – координаты центра масс автомобиля;

L – база автомобиля;

$R_{x1л}$, $R_{x1п}$ – касательные реакции переднего левого и правого колес;

$R_{x2л}$, $R_{x2п}$ – касательные реакции заднего левого и правого колес;

l – колея колес;

F_x , F_y – действующие силы инерции вдоль оси X_1 и Y_1 ;

λ_1 , λ_2 – углы увода передней и задней оси автомобиля;

V_{a1} , V_{a2} – векторы скоростей передней и задней осей;

α – курсовой угол движения автомобиля;

Y_1 , Y_2 – боковые реакции на соответствующих осях.

В соответствии с расчетной схемой получены следующие уравнения:

$$\left\{ \begin{array}{l} M_a \frac{dv_x}{dt} = -R_{x1л} - R_{x1п} - R_{x2л} - R_{x2п} = -\sum R_{x12,лп}; \\ M_a \frac{dv_y}{dt} = Y_2 - Y_1; \\ J_{az} \frac{dw}{dt} = (R_{x1л} - R_{x1п} + R_{x2л} - R_{x2п}) \frac{1}{2} l - Y_{1б} - Y_{2а}; \\ \lambda_1 = -\operatorname{arctg} \frac{v_y + bw}{v_x}; \\ \lambda_2 = \operatorname{arctg} \frac{v_y - aw}{v_x}; \\ Y_{12} = k\lambda_{12}, \end{array} \right. \quad (1)$$

где v_x, v_y – скорость смещения центра масс автомобиля вдоль соответствующих осей;

w – угловая скорость вращения автомобиля относительно центра масс;

k – коэффициент сопротивления боковому уводу шин.

Параметры траектории X_{1a}, Y_{1a} , и курсовой угол α найдем, интегрируя значения проекций соответствующих скоростей на неподвижные оси координат $O_1 X_1 Y_1$, по выражениям:

$$\left\{ \begin{array}{l} X_{1a} = X_{a0} + \int_0^t (v_x \cos \alpha - v_y \sin \alpha) dt; \\ Y_{1a} = Y_{a0} + \int_0^t (v_y \cos \alpha - v_x \sin \alpha) dt; \\ \alpha = \alpha_0 + \int_0^t w dt, \end{array} \right. \quad (2)$$

где X_{a0}, Y_{a0}, α_0 – начальные значения параметров траектории и курсового угла.

Тормозные силы на колесах, силы сопротивления качению соответствующих колес находим по результатам инструментального контроля.

На математической модели исследуется устойчивость автомобиля, как развитие прямолинейного движения при неравномерности действия тормозных сил:

а) на передней оси;

б) на задней оси;

в) по бортам автомобиля.

Согласно требованиям ГОСТ 33997-2016 при проверках на силовых роликовых стендах допускается относительная разность тормозных сил колес оси для КТС категорий М₁ не более 20 % (рисунок 3). Однако в ГОСТ 33997-2016 не указана предельная величина бортовой неравномерности. В условиях эксплуатации возможно совпадение знаков осевой неравномерности, что является негативным фактором для безопасности дорожного движения.

По требованиям ГОСТ 33997-2016 в дорожных условиях при торможении рабочей тормозной системой с начальной скоростью 40 км/ч КТС не должно ни одной своей частью выходить из нормативного коридора движения шириной 2,6 м. Безопасность автомобиля при торможении зависит от его перемещения в продольном и поперечном направлениях. Величина перемещения в продольном направлении, которая является тормозным путем автомобиля, характеризует эффективность действия тормозной системы в целом. Перемещение же в поперечном направлении свидетельствует о потере устойчивости автомобилем. Для одновременной оценки обоих свойств желательно иметь один общий критерий, характеризующий безопасность автомобиля качественно и количественно. Такой критерий мог бы служить нормативным значением, определяющим степень пригодности автомобиля к эксплуатации.

Поперечную устойчивость автомобиля считаем достаточной, если при торможении ни одна его габаритная точка не выходит за пределы коридора безопасности шириной 2,6 м.



Рисунок 3 – Результаты измерения разницы тормозных усилий передней и задней оси автомобиля категории М₁

Нарушение устойчивости может быть вызвано поперечным смещением Y_c средней точки автомобиля, поворотом его продольной оси, либо обоими факторами одновременно. Если автомобиль находится в коридоре безопасности, то связь между поперечным смещением Y_c и углом поворота продольной оси автомобиля будет выражена

$$2\sin\alpha\left(\frac{L_a}{2} + \frac{B_a}{2\operatorname{tg}\alpha}\right) + 2Y_c = 2,6, \quad (3)$$

где L_a – длина автомобиля;

B_a – ширина автомобиля;

2,6 – ширина коридора по ГОСТ 33997-2016, м.

Тогда условие, при котором автомобиль не выходит за коридор безопасности, можно записать в виде

$$2,6 \geq 2Y_c + \alpha L + B_a. \quad (4)$$

Заключение

Следовательно, в процессе решения уравнений динамики автомобиля необходимо контролировать условие, при котором автомобиль не выходит за коридор безопасности (4), и находить предельные значения относительной разности тормозных сил на осях и по бортам автомобиля, при которых автомобиль выходит за коридор безопасности.

Список литературы

1. ГОСТ 33997-2016. Колесные транспортные средства. Требования к безопасности в эксплуатации и методы проверки : межгосударственный стандарт : издание официальное : утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 18 июля 2017 г. № 708-ст : введен впервые : дата введения 2018-02-01 / разработан Малым инновационным предприятием «Международная автомобильно-дорожная экспертиза и консалтинг» (ООО «МИП «МАДИЭКСПЕРТИЗА»). – Москва : Стандартиформ, 2017. – 73 с.
2. Быков, В. В. Контроль технического состояния тормозных дисков автомобилей в условиях эксплуатации / Б. Г. Гасанов, В. В. Быков, О. В. Косар . – Текст : электронный // Научно-технические аспекты развития автотранспортного комплекса : материалы IV международной научно-практической конференции в рамках четвертого международного научного форума Донецкой Народной Республики «Инновационные перспективы Донбасса: Инфраструктурное и социально-экономическое развитие», 24.05.2018. – Горловка : АДИ ГОУВПО «ДОННТУ», 2018. – С. 109–111. – URL: https://drive.google.com/file/d/1u9SkdeDiXZnpq_dhKpNMkf_nHpWVJTC/view .
3. Быков, В. В. Оценка тормозных свойств автомобилей категории М₁ по результатам инструментального контроля / В. В. Быков // Вести Автомобильно-дорожного института = Bulletin of the Automobile and Highway Institute. – 2018. – № 1 (24). – С. 9–12.
4. Федотов, А. И. Диагностика автомобиля / А. И. Федотов. – Иркутск : Изд-во ИрГТУ. – 2012. – 463 с.

В. В. Быков, В. Э. Волошин, Д. С. Мошкуль
Автомобильно-дорожный институт

ГОУВПО «Донецкий национальный технический университет», г. Горловка
Совершенствование методики оценки устойчивости автомобиля при торможении
по результатам инструментального контроля

Действующая в настоящее время в Донецкой Народной Республике система периодических технических осмотров автомобилей для юридических лиц и их отсутствие для физических лиц не позволяет в достаточной степени оценить состояние узлов и систем автомобиля, влияющих на безопасность дорожного движения.

В странах европейского союза в результате технического осмотра автомобилей не допускаются к эксплуатации от 20 до 50 % автомобилей, в странах Евразийского экономического союза – от 9 до 14 %. В период проведения технических осмотров в странах ЕС снижение количества ДТП с участием неисправных автомобилей достигает 25–40 %, в странах ЕврАзЭС снижение аварийности практически не происходит. Эти данные говорят о несовершенстве системы технического осмотра, которая используется в странах ЕврАзЭС.

Изложенное выше свидетельствует о необходимости разработки более эффективной системы контроля технического состояния автомобилей в процессе эксплуатации. Мировой опыт решения данной проблемы состоит в государственном регулировании процесса технического осмотра колесных транспортных средств, поскольку естественные рыночные регуляторы не могут дать оптимальных результатов. С этой целью в ДНР необходимо создать законодательно-правовую базу по обязательному периодическому контролю технического состояния транспортных средств. Функции по инструментальному контролю необходимо делегировать республиканским аккредитованным организациям с последующим надзором за их деятельностью. Таким образом может быть осуществлен охват инструментальным контролем всех находящихся в эксплуатации автомобилей.

ТЕХНИЧЕСКИЙ ОСМОТР АВТОМОБИЛЕЙ, КОЛЕСНЫЕ ТРАНСПОРТНЫЕ СРЕДСТВА, ТОРМОЖЕНИЕ АВТОМОБИЛЯ, ТРАЕКТОРИЯ ДВИЖЕНИЯ, ЛИНИЯ ИНСТРУМЕНТАЛЬНОГО КОНТРОЛЯ

V. V. Bykov, V. E. Voloshin, D. S. Moshul
Automobile and Highway Institute of Donetsk National Technical University, Gorlovka
Technique Improvement of the Automobile Stability Rating When Braking According to the
Instrumental Control

The system of periodic automobile checkups currently in force in the Donetsk People's Republic for legal persons and their absence for individuals does not allow to assess sufficiently the condition of automobile components and systems, affecting the road safety.

In the countries of the European Union (EU), as a result of automobile checkups, from 20 to 50 % of cars are not allowed to be used, in the countries of the Eurasian Economic Union (EurAsEC) – from 9 to 14 %. During the period of automobile checkups in the EU countries, the reduction in the number of accidents with the participation of disabled vehicles reaches 25–40 %, in the EurAsEC countries, the accident rate reduction practically does not occur. These data indicate the imperfection of the automobile checkup system, which is used in the EurAsEC countries.

Stated above indicates the need to develop a more effective system for monitoring the technical condition of vehicles during operation. The world experience of solving this problem consists in the state regulation of the wheeled vehicle checkup process, since natural market regulators cannot provide optimal results. For this purpose, the DPR needs to create a legal framework for the mandatory periodic monitoring of the vehicle technical condition. The functions of instrumental control must be delegated to republican accredited organizations with subsequent supervision of their activities. In this way, instrumental control can be carried out on all vehicles in operation.

AUTOMOBILE TECHNICAL CHECKUP, WHEELED VEHICLES, AUTOMOBILE BRAKING, MOTION PATH, LINE OF INSTRUMENTAL CONTROL

Сведения об авторах:

В. В. Быков

Телефон: +38(071) 301-98-53
Эл. почта: bykov_v_v_59@mail.ru

В. Э. Волошин

Телефон: +38 (071) 354-37-82
Эл. почта: vitya2207@gmail.com

Д. С. Мошуть

Телефон: +38 (050) 017-59-93

Статья поступила 22.05.2019

© В. В. Быков, В. Э. Волошин, Д. С. Мошуть, 2019

Рецензент: Д. Н. Самисько, канд. техн. наук, доц., АДИ ГОУВПО «ДОННТУ»