

**В. В. Быков, канд. техн. наук, А. И. Петров**

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

## **СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДИКИ ОЦЕНКИ УСТОЙЧИВОСТИ АВТОМОБИЛЯ ПРИ ТОРМОЖЕНИИ С УЧЕТОМ КОЭФФИЦИЕНТА БОРТОВОЙ НЕРАВНОМЕРНОСТИ ТОРМОЗНЫХ СИЛ**

*Рассмотрены вопросы контроля осевой и бортовой неравномерности действия тормозных сил колес на основе информации, полученной при инструментальном контроле колесных транспортных средств. Предложены пути повышения качества инструментального контроля. Установлена необходимость совершенствования методики ГОСТ 33997-2016 в части испытаний оценочных параметров устойчивости колесных транспортных средств. Внесены предложения по изменению оценочных параметров эффективности и устойчивости колесных транспортных средств при торможении с учетом коэффициента бортовой неравномерности тормозных сил колес.*

**Ключевые слова:** колесные транспортные средства, торможение автомобиля, траектория движения, ширина нормативного коридора движения, коэффициент осевой неравномерности тормозных сил, коэффициент бортовой неравномерности тормозных сил

### **Введение**

Обеспечение безопасности движения легковых автомобилей является важной государственной задачей. Для предотвращения дорожно-транспортных происшествий (ДТП) с человеческими жертвами и значительными материальными потерями необходима целенаправленная работа всех заинтересованных ведомств по обеспечению удовлетворительного технического состояния парка автомобилей Донецкой Народной Республики (ДНР). В ДНР за последние пять лет ввезено большое количество легковых автомобилей, что привело к увеличению парка автомобилей и, как следствие, в ряды участников дорожного движения вливаются новые водители, еще не располагающие необходимым опытом управления автомобилем в условиях интенсивного движения. Анализ причин ДТП показывает, что часть их происходит из-за неудовлетворительного технического состояния автомобилей, а часть из-за дорожных условий. По данным Научно-исследовательского центра проблем безопасности дорожного движения Министерства внутренних дел России (НИЦ БДД МВД РФ), а также по результатам российских научных исследований, доля ДТП, в которых причиной ДТП было неудовлетворительное техническое состояние колесных транспортных средств (КТС), составило около 13 % происшествий всех видов. Самыми распространенными видами происшествий из-за технической неисправности транспорта в 2018 году были отказы в тормозной системе (32,5 %). Наиболее значительная часть (41,7 %) общего количества происшествий из-за технических неисправностей приходится на водителей легковых автомобилей (32,7 %) [1]. Более половины происшествий на легковом транспорте вызвано неисправностями автомобилей со сроком эксплуатации свыше 10 лет. Как известно, средний возраст автомобилей у нас превышает 18,2 года. Если сравнивать с другими странами, то в Саудовской Аравии средний возраст автомобилей составляет три года, в странах Евросоюза – восемь лет, в США – 11 лет, в России – 12, в Украине – 20 лет, на Кубе – 38 лет [2]. В ходе проведения эксперимента, который был предложен Министерством транспорта России совместно с Госстандартом России и МВД России по организации инструментального контроля колесных транспортных средств, было выявлено, что преобладающими неисправностями КТС, оказывающими наибольшее влияние на безопасность дорожного движения, являются неисправности тормозной системы. Результаты проверки 105 820 автомобилей в 180 центрах инструмен-

тального контроля показали, что свыше 30 % автомобилей имели неисправности, с которыми запрещается их эксплуатация. Причем 29 % от общего количества неисправных автомобилей имели неисправности тормозной системы. Ввиду морального и технического старения автомобильного парка КТС и его негативного влияния на показатели аварийности, особую актуальность приобретает проблема повышения безопасности технического состояния находящихся в эксплуатации КТС и эффективности контроля их технического состояния.

Введение в действие Правил ЕЭК ООН, в качестве государственных стандартов, обеспечивает как совершенствование конструктивной безопасности, так и в целом повышение безопасности дорожного движения. За последние пять лет в РФ было разработано 34 государственных стандарта с современными показателями, направленными на повышение конструктивной безопасности КТС, внесены изменения в 14 действующих стандартов.

Так, с введением ГОСТ 33997-2016 «Колесные транспортные средства. Требования к безопасности в эксплуатации и методы проверки» [3] ужесточились требования к ширине нормативного коридора движения колесных транспортных средств категорий М<sub>1</sub>, N<sub>1</sub> и O<sub>1</sub> при торможении рабочей тормозной системой в дорожных условиях. Ширина данного коридора сократилась с 3,0 м (по ГОСТ Р 51709-2001) до 2,6 м по новому ГОСТу.

Все это представляет определенный теоретический и практический интерес для исследования поведения автомобиля при неравномерном действии тормозных сил на передней оси, задней оси и по бортам автомобиля. По требованиям ГОСТ 33997-2016 при проверках на стендах устойчивость автомобиля оценивается разностью тормозных сил на колесах передней и задней осей, которая для автомобилей категории М<sub>1</sub> с дисковыми колесными тормозными механизмами на оси составляет не более 20 % и для оси с барабанными колесными тормозными механизмами – не более 25 %. Однако в ГОСТе не указывается предельная величина бортовой неравномерности. В условиях эксплуатации возможно совпадение знаков осевой неравномерности, что может повлиять на устойчивость автомобиля при торможении.

### *Анализ публикаций*

Влияние бортовой неравномерности тормозных сил на устойчивость движения КТС рассмотрено А. И. Коробко [4]. Ограничение относительной разницы тормозных сил на бортах определено аналитически:

$$\frac{\Delta P_{T1} + \Delta P_{T2}}{P_T} \leq \frac{4L^2}{B} \cdot \frac{[\psi]}{m_a \cdot v_0^2 \cdot \left( \frac{1}{K_{y1}} + \frac{1}{K_{y2}} \right)},$$

где  $\frac{\Delta P_{T1} + \Delta P_{T2}}{P_T}$  – относительная разность тормозных сил на бортах;

$L$  – колесная база КТС, м;

$B$  – колея КТС, м;

$[\psi]$  – допустимый курсовой угол автомобиля в конце торможения, рад;

$m_a$  – масса автомобиля, кг;

$v_0$  – начальная скорость автомобиля, м/с;

$K_{y1}$  и  $K_{y2}$  – коэффициенты сопротивления увода соответственно передней и задней осей, Н/рад.

Однако в данной статье не проведены численные вычисления для проверки ограничений.

Железнов Р. Е. определил, что предельное значение коэффициента бортовой неравномерности тормозных сил составляет 0,925 [5]. Следовательно, разность тормозных сил меж-

ду колесами левого и правого борта не должна превышать 7,5 %. Для примера, коэффициент осевой неравномерности тормозных сил по ГОСТ 33997-2016 составляет 20 %.

Поэтому необходимо для определения предельно допустимых значений бортовой неравномерности провести испытания автомобилей в дорожных условиях и найти граничные условия, при которых возможна безопасная эксплуатация КТС.

### ***Цель работы***

Определение предельно допустимых значений коэффициента бортовой неравномерности тормозных сил автомобилей категории М<sub>1</sub>, что позволит обеспечить безопасную эксплуатацию колесных транспортных средств.

### ***Основная часть***

Как известно, ГОСТ 33997-2016 предписывает для проверки эффективности торможения и устойчивости колесных транспортных средств проведение дорожных или стендовых испытаний и определяет условия их проведения.

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» [6], осевая и бортовая неравномерность тормозных сил, распределение тормозных сил по осям автомобиля.

Анализируя дефекты тормозных систем автомобилей на линии инструментального контроля BOSCH SDL 260 лаборатории «Диагностика» Автомобильно-дорожного института Государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Донецкий национальный технический университет», можно отметить, что частота появления дефекта по коэффициенту неравномерности тормозных сил передней и задней осей автомобилей категории М<sub>1</sub> составляет 42 % [7].

Для оценки влияния коэффициента бортовой неравномерности тормозных сил на устойчивость при торможении испытания проводились на автомобиле категории М<sub>1</sub> ZAZ-Daewoo «Sens», который проходит проверку на линии инструментального контроля BOSCH SDL-260 по требованиям ГОСТ 33997-2016 с предельно допустимыми значениями осевой неравномерности тормозных сил (рисунок 1).

Результаты определения на линии инструментального контроля разницы тормозных усилий рабочей тормозной системы при наличии неравномерности действия тормозных сил представлены на рисунке 2.

Дорожные испытания проводились по ГОСТ 33997-2016, путем торможения КТС рабочей тормозной системой с начальной скоростью 40 км/ч и силой на органе управления не более 490 Н – для КТС категории М<sub>1</sub>. Во время испытания автомобиль не должен ни одной своей частью выходить из нормативного коридора движения шириной 2,6 м, при этом управляющие воздействия на рулевое управление в процессе проверки рабочей тормозной системы в дорожных условиях не допускаются.

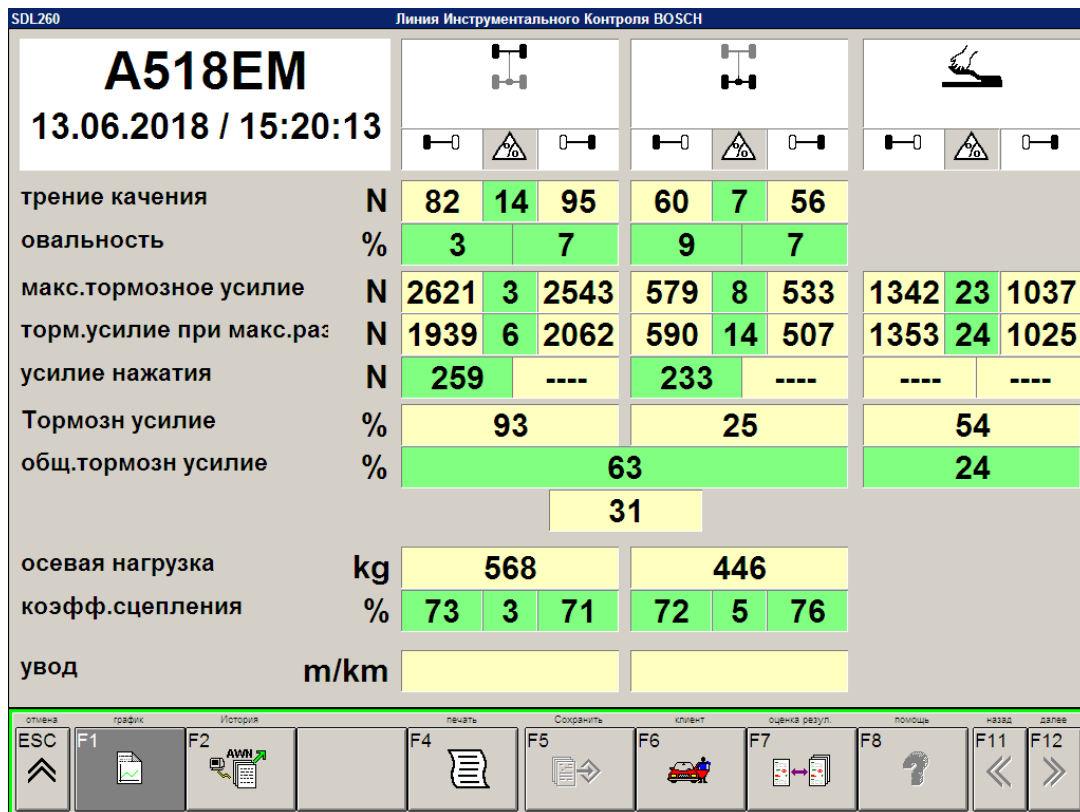


Рисунок 1 – Результаты диагностирования рабочей тормозной системы автомобиля категории M<sub>1</sub>

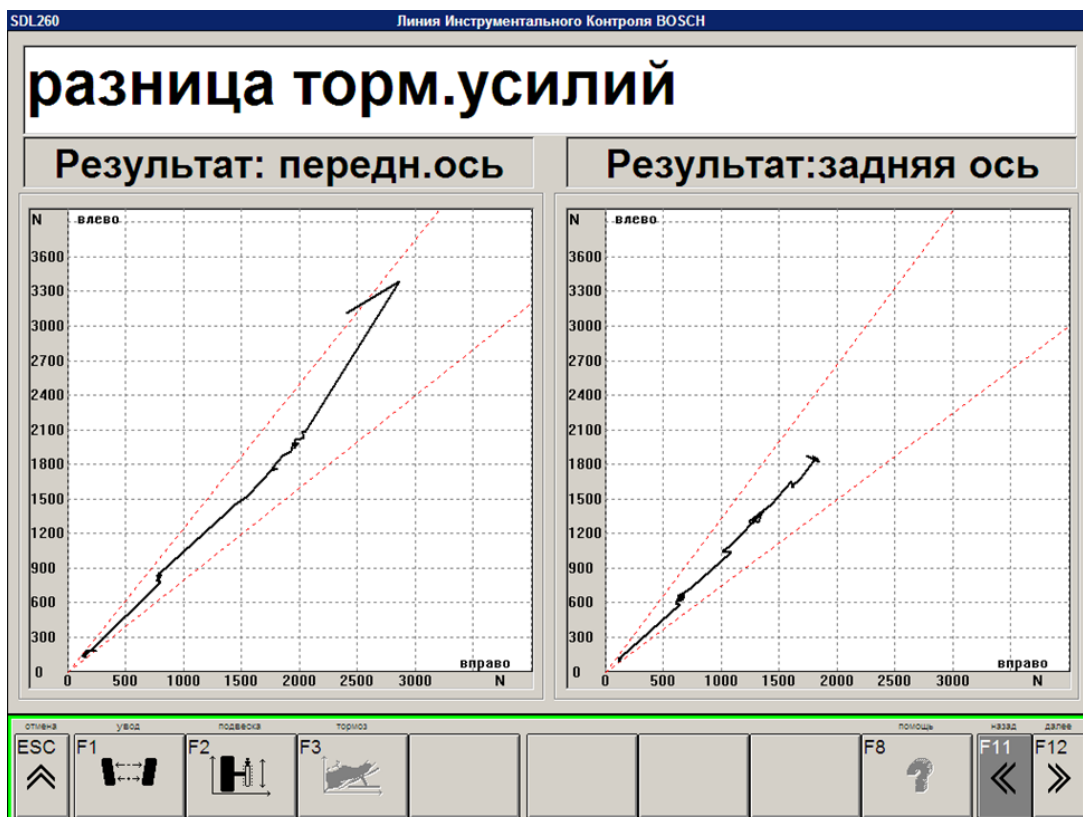


Рисунок 2 – Результаты определения разницы тормозных усилий рабочей тормозной системы

Для определения ограничения относительной разницы тормозных сил на бортах автомобиля необходимо найти значение коэффициента сопротивления увода передней и задней осей. Данный коэффициент с достаточной точностью можно вычислить по эмпирической формуле [8]:

$$K_y = 780 \cdot (d_{ш} + 2 \cdot B_{ш}) \cdot B_{ш} \cdot (98 + p_{ш}),$$

где  $d_{ш}$  – посадочный диаметр шины, м;

$B_{ш}$  – ширина профиля шины, м;

$p_{ш}$  – давление воздуха в шине, кПа.

Для автомобиля ZAZ-Daewoo «Sens» (с шинами 175/70R13 и манометрическим давлением в шине 220 кПа) коэффициент сопротивления уводу одной шины составляет 29525,4 Н/рад. Так как на автомобиле все шины имеют одинаковый размер, то можно принять, что коэффициент сопротивления уводу передней и задней осей равен 59050,8 Н/рад.

Согласно ГОСТ 33997-2016 при проверке тормозной системы в дорожных условиях на срабатывание тормозной системы отводится до 0,6 с, соответственно за это время автомобиль проезжает 6,6 м. Всего тормозной путь не должен превышать 16,6 м, следовательно на полную остановку автомобиля после срабатывания тормозной системы приходится всего 10 м.

Во время испытания автомобиль шириной 1,678 м не должен выходить из коридора движения шириной 2,6 м. Соответственно допускается отклонение в любую сторону на 0,46 м. Учитывая это отклонение, в конце торможения курсовой угол автомобиля принимает значение 0,046 рад, если бы курсовой угол автомобиля оставался постоянным, но в процессе торможения он увеличивает свое значение, поэтому ограничиваем допустимый курсовой угол автомобиля в конце торможения значением 0,14 рад ( $8^\circ$ ).

Таким образом для автомобиля ZAZ-Daewoo «Sens» относительная разница тормозных сил на бортах, согласно аналитическому выражению, составляет 0,380 или 38,0 %.

### ***Заключение***

Кроме контроля осевой неравномерности действия тормозных сил колес, на взгляд авторов, необходим и контроль бортовой неравномерности действия тормозных сил колес, который может быть оценен при инструментальном контроле на основе полученной информации. Для повышения качества инструментального контроля необходимо: совершенствовать методики ГОСТ 33997-2016 в части испытаний оценочных параметров устойчивости КТС; внести предложения в нормативные документы по изменению оценочных параметров эффективности и устойчивости КТС при торможении с учетом нового параметра – коэффициента бортовой неравномерности тормозных сил, что позволит обеспечить безопасную эксплуатацию колесных транспортных средств.

### ***Список литературы***

1. Техническое состояние и безопасность автотранспортных средств. – Текст : электронный // О транспорте : [сайт]. – 2019. – URL: <http://www.transportpart.ru/pojds-111-2.html> .
2. Средний возраст автомобилей в Украине превышает 20 лет. – Текст : электронный // ТСН : [сайт]. – 2018. – URL: <https://tsn.ua/ru/ukrayina/sredniy-voznast-avtomobiley-v-ukraine-prevyshaet-20-let-1146537.html> .
3. ГОСТ 33997-2016. Колесные транспортные средства. Требования к безопасности в эксплуатации и методы проверки : национальный стандарт РФ : 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, 2018. – 73 с.
4. Подригало, М. А. Влияние бортовой неравномерности тормозных сил на отклонение автомобиля / М. А. Подригало, А. И. Коробко // Автомобильный транспорт. – 2009. – № 24. – С. 33–35.

5. Железнов, Р. Е. О влиянии геометрических параметров автомобиля на курсовую устойчивость при торможении / Р. Е. Железнов, Д. В. Аксенов, Е. И. Железнов // Энерго - и ресурсосбережение: промышленность и транспорт. – 2016. – № 5 (17). – С. 16–23.
6. Быков, В. В. Оценка тормозных свойств автомобилей категории М<sub>1</sub> по результатам инструментального контроля / В. В. Быков // Вести Автомобильно-дорожного института = Bulletin of the Automobile and Highway Institute. – 2018. – № 1 (24). – С. 9–12.
7. 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: <http://ea.donntu.org:8080/bitstream/123456789/33478/1/ADI%-20ATRK-%202018%20.pdf>.
8. Хусаинов, А. Ш. Эксплуатационные свойства автомобиля / А. Ш. Хусаинов. – Ульяновск: УлГТУ, 2011. – 109 с. – ISBN 978-5-9795-0888-7.

***В. В. Быков, А. И. Петров***

***Автомобильно-дорожный институт***

***ГОУВПО «Донецкий национальный технический университет», г. Горловка***

**Совершенствование методики оценки устойчивости автомобиля при торможении с учетом коэффициента бортовой неравномерности тормозных сил**

Обеспечение безопасности движения легковых автомобилей является важной государственной задачей. Для предотвращения дорожно-транспортных происшествий с человеческими жертвами и значительными материальными потерями необходима целенаправленная работа всех заинтересованных ведомств по обеспечению удовлетворительного технического состояния парка автомобилей Донецкой Народной Республики. В ДНР за последние пять лет ввезено большое количество легковых автомобилей, что привело к увеличению парка автомобилей. Анализ причин ДТП показывает, что часть их происходит из-за неудовлетворительного технического состояния автомобилей.

С введением ГОСТ 33997-2016 «Колесные транспортные средства. Требования к безопасности в эксплуатации и методы проверки» ужесточились требования к ширине нормативного коридора движения колесных транспортных средств категорий М<sub>1</sub>, N<sub>1</sub> и O<sub>1</sub> при торможении автомобилей рабочей тормозной системой в дорожных условиях. Ширина данного коридора сократилась с 3,0 м (по ГОСТ Р 51709-2001) до 2,6 м (по новому ГОСТу).

Авторами предложено производить контроль бортовой неравномерности действия тормозных сил колес, который может быть оценен при инструментальном контроле на основе полученной информации. Для повышения качества инструментального контроля необходимо совершенствовать методики ГОСТ 33997-2016 в части испытаний оценочных параметров устойчивости КТС и внести предложения по изменению оценочных параметров эффективности и устойчивости КТС при торможении с учетом нового параметра – коэффициента бортовой неравномерности тормозных сил, что позволит обеспечить безопасную эксплуатацию колесных транспортных средств.

**КОЛЕСНЫЕ ТРАНСПОРТНЫЕ СРЕДСТВА, ТОРМОЖЕНИЕ АВТОМОБИЛЯ, ТРАЕКТОРИЯ ДВИЖЕНИЯ, ШИРИНА НОРМАТИВНОГО КОРИДОРА ДВИЖЕНИЯ, КОЭФФИЦИЕНТ ОСЕВОЙ НЕРАВНОМЕРНОСТИ ТОРМОЗНЫХ СИЛ, КОЭФФИЦИЕНТ БОРТОВОЙ НЕРАВНОМЕРНОСТИ ТОРМОЗНЫХ СИЛ**

***V. V. Bykov, A. I. Petrov***

***Automobile and Road Institute of Donetsk National Technical University, Gorlovka***

**Improvement of the Assessment Technique of the Automobile Stability at Braking Taking into Account the Factor of the Side Unevenness of Braking Forces**

Ensuring the traffic safety of automobiles is an important state task. To prevent traffic accidents with human toll and significant material losses, purposeful work of all interested departments is required to ensure a satisfactory technical condition of the car fleet of the Donetsk People's Republic. Over the past five years, a large number of cars

have been imported into the DPR, which has led to an increase in the car fleet. The analysis of accident causes shows that some of them are due to the unsatisfactory technical condition of automobiles.

With the introduction of the State Standard 33997-2016 «Wheeled vehicles. Safety requirements for operation and verification methods», the requirements for the width of the regulatory movement corridor of wheeled vehicles of categories  $M_1$ ,  $N_1$  and  $O_1$  when braking cars with a working brake system in road conditions. The width of this corridor was reduced from 3,0 m (according to the State Standard P 51709-2001) to 2,6 m (according to the new State Standard).

The authors propose to control the side unevenness of braking forces. This control can be evaluated by the instrumental control based on the information received. To improve the quality of instrumental control, it is necessary to improve the methods of the 33997-2016 State Standard in terms of testing the estimated stability parameters of wheeled vehicles efficiency and stability at braking, taking into account a new parameter – the factor of the side unevenness of braking forces, which will ensure the safe operation of wheeled vehicles.

WHEELED VEHICLES, AUTOMOBILE BRAKING, MOTION PATH, WIDTH OF REGULATORY MOVEMENT CORRIDOR, FACTOR OF AXIAL UNEVENNESS OF BRAKING FORCES, FACTOR OF SIDE UNEVENNESS OF BRAKING FORCES

**Сведения об авторах:**

**В. В. Быков**

SPIN-код: 8378-0977  
Телефон: +38 (071) 301-98-53  
Эл. почта: bykov\_v\_v\_59@mail.ru

**А. И. Петров**

Телефон: +38 (071) 430-60-28

*Статья поступила 27.09.2019*

*© В. В. Быков, А. И. Петров, 2019*

*Рецензент: А. В. Химченко, канд. техн. наук, доц., АДИ ГОУВПО «ДОННТУ»*