

Тарасов Ю.В., к.т.н., доцент
Харківський національний автомобільно-дорожній університет

ВИЗНАЧЕННЯ ГРАНИЧНИХ НОРМАТИВНИХ ПОКАЗНИКІВ ГАЛЬМІВНОЇ ДИНАМІЧНОСТІ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ

Зазначено, що нормативні вимоги до гальмівних властивостей автотранспортних засобів повинні розвиватися відповідно до розвитку вимог суспільства. Доведено необхідність прогнозування вимог суспільства, що дозволить удосконалити відповідні стандарти. Показано, що в ідеальному випадку зміна нормативних вимог має відбуватися безперервно, синхронно зміні вимог суспільства.

Подано метод визначення граничних показників гальмівної динамічності, які регламентовані нормативними документами. Визначено, що при досягненні граничних показників гальмівної динамічності ресурс відомих способів гальмування можна вважати вичерпаним, і потрібний пошук та розроблення принципово нових способів гальмування і конструкцій гальмівного управління автотранспортних засобів. Отримані результати можуть бути рекомендовані фахівцям для використання при проектуванні, виробництві, сертифікації та експлуатації автотранспортних засобів.

Ключові слова: гальмівна динаміка, гальмівні випробування, ентропія, уповільнення автотранспортних засобів, гальмівний шлях, абсолютна похибка вимірювання.

Тарасов Ю.В., к.т.н., доцент
Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРЕДЕЛЬНЫХ НОРМАТИВНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ТОРМОЗНОЙ ДИНАМИЧНОСТИ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

Показано, что нормативные требования к тормозным свойствам автотранспортных средств должны развиваться в соответствии с развитием требований общества. Доказана необходимость прогнозирования требований общества, что позволит совершенствовать соответствующие стандарты. Показано, что в идеальном случае изменение нормативных требований должно происходить непрерывно, синхронно изменению требований общества.

Представлен метод определения предельных показателей тормозной динамичности, регламентируемых нормативными документами. Определено, что при достижении предельных показателей тормозной динамичности ресурс известных способов торможения можно считать исчерпанным, и требуются поиск и разработка принципиально новых способов торможения и конструкций тормозного управления автотранспортных средств. Полученные результаты могут быть рекомендованы специалистам для использования при проектировании, производстве, сертификации и эксплуатации автотранспортных средств.

Ключевые слова: тормозная динамика, тормозные испытания, энтропия, замедление автотранспортных средств, тормозной путь, абсолютная погрешность измерения.

DETERMINATION OF LIMITING NORMATIVE PARAMETERS OF VEHICLE BRAKE DYNAMICS

Increase of requirements to vehicle braking properties is an objective and continuous process. The formalization of these claims is carried out according to the legislation at every stage of motor vehicle design development. At each stage the normative values brake properties indices are assumed to be constant. At some point the normative requirements correspond to the requirements of the society, and later – fall behind. Any design, including the design of the brake control of motor vehicles, has a limit as for its technical capabilities. This should be considered when planning the standard indicators of prospective legislation documents – standards.

It should be noted that formation of braking properties of vehicles – it is a process of interaction between producers, consumers and legislators, developing over time. This is also true for the formation of any operational properties of vehicles.

The performance properties are evaluated by comparing their performance with specific values adopted as the basic ones. Some indicators have GOST normalized values, for the rest – experimentally or by means of calculation they determine the average or extreme operational values of car-counterparts indices.

As the system of a higher level, including a subsystem «driver-vehicle-road environment» is under development, the requirements to braking characteristics of vehicles must constantly evolve. Here one must distinguish between the requirements of the society and the regulatory requirements to the braking characteristics of vehicles.

Regulatory requirements to the braking characteristics of motor vehicles must be developed in accordance with the requirements of the society development. To do this, forecasting of the society demands is necessary that will make it possible to improve the relevant standards.

Ideally, the change of regulatory requirements must continuously take place and be synchronized according to the changing demands of the society. One needs to know the law of variation of the society's requirements, which is not known in advance, but exists objectively. It is not possible to determine exactly the specified law, but to carry out its assessment is possible, using a retrospective analysis of the regulatory requirements to vehicle slowing, adopted in different years.

In this paper on example of normalization of vehicle brake properties they proposed a method for determining the thresholds indices of brake dynamics, regulated by the normative documents.

In this paper it is specified that when the limit values of brake dynamics are obtained, the resource of known methods of braking can be considered exhausted, and the search and development of new methods of braking and brake control structures of vehicles are required.

The results obtained can be recommended for use by professionals in the design, production, certification and operation of vehicles.

Keywords: *braking, braking tests, entropy, slowing of vehicles, braking distance, absolute error of measurement.*

Введение. Возрастание требований к тормозным свойствам автотранспортных средств является объективным и непрерывным процессом. Формализация этих требований осуществляется законодательно на каждом этапе развития конструкций автотранспортных средств. На каждом этапе нормативные значения показателей тормозных свойств принимаются постоянными. В какой-то момент времени нормативные значения соответствуют требованиям общества, а в последующем – начинают отставать. Любая конструкция, в том числе и конструкция тормозного управления автотранспортных средств, имеет ограничения по своим техническим возможностям. Это надо учитывать при планировании нормативных показателей перспективных законодательных документов – стандартов.

Анализ последних источников исследований и публикаций. Вопросы динамики изменения требований к тормозным свойствам автотранспортных средств (АТС) рассмотрены в работах [1 – 16]. В этих работах на основании ретроспективного анализа динамических изменений требований к эффективности торможения АТС получен закон изменения нормативного значения замедления при различных видах испытаний. Следует отметить, что формирование тормозных свойств АТС – процесс взаимодействия производителей, потребителей продукции и законодателей, развивающийся во времени [6]. Это справедливо так же и для формирования любых эксплуатационных свойств автомобилей. Поскольку система более высокого уровня, в которую входит подсистема «водитель – автомобиль – дорожная среда», развивается, то должны постоянно развиваться и требования к тормозным свойствам АТС. Здесь следует различать требования общества и нормативные требования к тормозным свойствам АТС. Требования общества формируются в результате его развития и развития конструкции АТС. Однако в указанных работах [1 – 16] такое различие не учитывается.

Нормативные требования к тормозным свойствам АТС должны совершенствоваться в соответствии с развитием требований общества. Для этого необходимо прогнозирование требований общества, что позволит совершенствовать соответствующие стандарты. Кибернетический подход к формированию требуемого уровня тормозных свойств АТС предложен в работах [5, 6, 13, 14].

Выделение не решенных ранее частей общей проблемы. Как уже отмечалось ранее, существующие нормативные требования к тормозным свойствам АТС должны совершенствоваться в соответствии с развитием требований общества.

В идеальном случае [6, 17] изменение нормативных требований должно происходить непрерывно, синхронно изменению требований общества. Для этого необходимо знать закон изменения требований общества, который заранее не известен, но существует объективно. Определить точно указанный закон невозможно, но сделать его оценку позволяет ретроспективный анализ нормативных требований к замедлению автомобиля, принятых в разные годы [1, 2]. Оценка закона изменения требований общества имеет следующий вид [1, 2]:

$$j_{x\min} = \varphi \cdot g [1 - \exp(-B\lambda)], \quad (1)$$

где φ – коэффициент сцепления колес с дорогой;

g – ускорение свободного падения, $g = 9,81 \text{ м/с}^2$;

λ – относительное время [1, 2],

$$\lambda = \frac{\Gamma_1 - \Gamma_2}{\Gamma_3 - \Gamma_2}, \quad (2)$$

где Γ_1 – рассматриваемый год (текущее время);

Γ_2 – год, от которого условно ведется отсчет времени, в работах [1, 2] $\Gamma_2 = 1900$;
 Γ_3 – год, от которого в работах [1, 2] проводился ретроспективный анализ,
 $\Gamma_3 = 2000$;

B – коэффициент пропорциональности, зависящий от категории транспортного средства и типа тормозных испытаний [1 – 12]; представляет собой величину, обратную постоянной времени λ_0 при экспоненциальном законе изменения рассматриваемой величины,

$$B = \frac{1}{\lambda_0} . \quad (3)$$

Графическая интерпретация выражения (1) имеет вид, представленный на рис. 1.

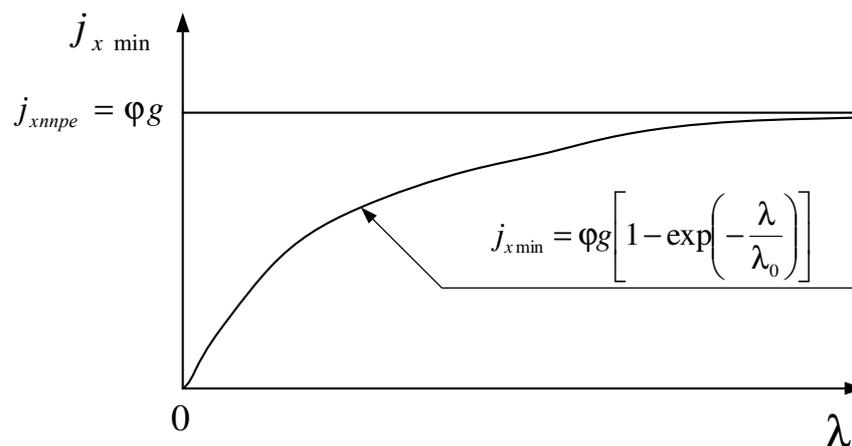


Рисунок 1 – Оценка динамики изменения требований общества к замедлению АТС при торможении

На рисунке 1 замедление АТС будет иметь вид

$$j_{x пред} = \varphi g . \quad (4)$$

Данный показатель является предельным по сцеплению колес с дорогой. Кривая $j_{x min}(\lambda)$ достигает асимптоты (4) при $\lambda \rightarrow \infty$.

Что же касается последующей оценки динамики изменения требований общества к замедлению АТС при торможении (определение предельных нормативных показателей тормозной динамичности транспортных средств), то вопрос остался открытым. Ниже рассмотрен один из вариантов решения этой задачи.

Теоретически повышать нормативные требования к эффективности торможения можно при условии $\lambda \rightarrow \infty$, но при этом $dj_{x min}(\lambda) / d\lambda \rightarrow 0$. Определено время λ^* , ограниченное $j_{x пред}$ в соответствии с выражением (4), при котором увеличивать нормативное значение замедления $[j_x]$ не имеет смысла при существующем способе торможения. Предвещанием роста $[j_x]$ могут быть два следующих условия:

1. Возможное увеличение нормативного замедления $[j_x]$ при тормозных испытаниях становится меньше, чем абсолютная погрешность измерения замедления АТС существующими средствами;

2. Изменение предельных возможностей тормозных свойств АТС становится равным или приближается к нулю.

Время λ^* – контрольное и является сигналом для начала качественного совершенствования способов торможения и конструкций тормозного управления АТС.

Постановка задачи. Целью работы является улучшение качества АТС путем разработки метода определения предельных показателей тормозной динамики.

Основной материал и результаты. Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи: определить предельные показатели тормозной динамики АТС по абсолютной погрешности измерения замедления; определить предельные показатели тормозной динамики АТС с использованием в качестве критерия дифференциального уравнения.

Определим дифференциал $j_{x \min}$ по уравнению (1)

$$dj_{x \min} = \varphi g B \exp(-B \lambda) d\lambda = \frac{\varphi g}{\lambda_0} \exp\left(-\frac{\lambda}{\lambda_0}\right) d\lambda . \quad (5)$$

Переходя от бесконечно малых приращений к конечным, получим

$$\Delta j_{x \min} = \frac{\varphi g}{\lambda_0} \exp\left(-\frac{\lambda}{\lambda_0}\right) \Delta\lambda . \quad (6)$$

Рассматривая $\Delta j_{x \min}$ как увеличение нормативного значения $[j_x]$ при очередном изменении стандарта в момент времени λ и рассчитанном на временной интервал $\Delta\lambda$, необходимо учитывать также и абсолютную погрешность β измерения замедления при тормозных испытаниях АТС. Предположим, что абсолютная погрешность измерения β замедления АТС также изменяется по экспоненциальному закону

$$\beta = \beta_0 e^{-\frac{\lambda}{\lambda_\beta}} . \quad (7)$$

где β_0 – значение абсолютной погрешности измерения замедления АТС при $\lambda = 0$; λ_β – постоянная времени.

Нормативное значение замедления $[j_x]$ АТС не следует повышать на величину $\Delta j_{x \min}$ в случае

$$\Delta j_{x \min}(\lambda) \leq \beta(\lambda + \Delta\lambda) . \quad (8)$$

После подстановки соотношений (6) и (7) в неравенство (8) выведем зависимость

$$\frac{\varphi g}{\lambda_0} \exp\left(-\frac{\lambda}{\lambda_0}\right) \Delta\lambda \leq \beta_0 \exp\left(-\frac{\lambda + \Delta\lambda}{\lambda_\beta}\right) . \quad (9)$$

После преобразований получим

$$\lambda \geq \frac{\lambda_0 \Delta\lambda - \lambda_0 \lambda_\beta \ln \left| \frac{\beta_0 \lambda_0}{\varphi g} \right|}{\lambda_\beta - \lambda_0} \quad (10)$$

или

$$\lambda \geq \frac{\Delta\lambda - \lambda_\beta \ln \left| \frac{\beta_0 \lambda_0}{\varphi g} \right|}{\frac{\lambda_\beta}{\lambda_0} - 1} . \quad (11)$$

Таким образом,

$$\lambda^* = \frac{\Delta\lambda - \lambda_\beta \ln \left| \frac{\beta_0 \lambda_0}{\varphi g} \right|}{\frac{\lambda_\beta}{\lambda_0} - 1}. \quad (12)$$

По аналогии с молекулярной физикой [18] для характеристики накопленного потенциала показателей тормозных свойств АТС введем понятие энтропии S тормозных свойств. Дифференциал dS указанной энтропии может быть определен как

$$dS = \frac{dj_{x\min}}{V_{\max}}, \quad (13)$$

где V_{\max} – максимальная конструктивная скорость, достигнутая на определенном этапе развития АТС.

В работе [7] с использованием статических данных, приведенных в исследовании [19], получена зависимость для максимальной конструктивной скорости легковых автомобилей

$$V_{\max} = 582[1,043 - \exp(-0,38\lambda)], \text{ км/ч}. \quad (14)$$

Между максимальной скоростью автомобиля V_{\max} и замедлением $j_{x\min}$ существует взаимосвязь (для идеального случая торможения)

$$V_{\max} = j_{x\min} T_{\text{торм}}, \quad (15)$$

где $T_{\text{торм}}$ – время торможения (при $j_{x\min} = \text{const}$ в течение всего торможения) от максимально конструктивной скорости V_{\max} до полной остановки автомобиля.

Выражение (13) с учетом уравнений (5) и (14) примет вид

$$dS = \frac{\varphi g}{582\lambda_0} \cdot \frac{\exp(-\frac{\lambda}{\lambda_0}) d\lambda}{1,043 - \exp(-0,38\lambda)}. \quad (16)$$

Выражение (13) с учетом уравнения (15) примет вид

$$dS = \frac{1}{T_{\text{торм}}} \cdot \frac{dj_{x\min}}{j_{x\min}}. \quad (17)$$

Энтропия тормозных свойств АТС из уравнения (17) может быть определена после его интегрирования

$$S = \frac{1}{T_{\text{торм}}} \cdot \int_{j_{x\min}}^{j_{x\min} + \Delta j_{x\min}} \frac{\Delta j_{x\min}}{j_{x\min}} = \frac{1}{T_{\text{торм}}} \cdot \ln \left| \frac{j_{x\min} + \Delta j_{x\min}}{j_{x\min}} \right| = \frac{1}{T_{\text{торм}}} \cdot \ln \left| 1 + \frac{\Delta j_{x\min}}{j_{x\min}} \right|. \quad (18)$$

Переходя от бесконечно малых приращений к конечным в уравнении (16), получим

$$\Delta S = \frac{\varphi g}{582\lambda_0} \cdot \frac{\exp(-\frac{\lambda}{\lambda_0})}{1,043 \cdot \exp(-0,382\lambda)} \Delta\lambda. \quad (19)$$

Тогда увеличение нормативного значения $[j_x]$ по $\Delta\lambda$ составит

$$\begin{aligned}
\Delta j_{x\min} &= \varphi g [1 - \exp[-B(\lambda_0 + \Delta\lambda)]] - \varphi g [1 - \exp[-B\lambda_0]] = \\
&= -\varphi g [\exp[-B(\lambda_0 - \Delta\lambda)]] + \varphi g \exp[-B\lambda_0] = \\
&= \varphi g [\exp(-B\lambda_0) - \exp(-B(\lambda_0 + \Delta\lambda))] = \\
&= \varphi g \cdot \exp(-B\lambda_0) [1 - \exp(-B\Delta\lambda)].
\end{aligned}
\tag{20}$$

После всех преобразований минимальное значение замедления $j_{x\min}$ АТС, на которое следует повышать величину $[j_x]$, равно

$$\Delta j_{x\min} = \varphi g \cdot \frac{1 - \exp(-B\Delta\lambda)}{\exp(-B\lambda_0)}.
\tag{21}$$

При равенстве или стремлении к нулю величины ΔS повышение нормативных требований к АТС при существующих способах торможения не имеет смысла.

Выводы:

1. В результате проведенного исследования предложен метод определения предельных показателей тормозной динамичности, регламентируемых нормативными документами.

2. При достижении предельных показателей тормозной динамичности ресурс известных способов торможения можно считать исчерпанным, и требуются поиск и разработка принципиально новых способов торможения и конструкций тормозного управления АТС.

Литература

1. Прогноз требований к тормозному управлению АСТ / М. А. Подригало, В. П. Волков, В. М. Ефимчук, В. И. Клименко // *Автомобильная промышленность*. – 2003. – № 5. – С. 35 – 36.
2. Волков В. П. Ретроспективный анализ требований, предъявляемых к эффективности торможения / В. П. Волков // *Автошляховик України*. – 2002. – № 2 (168). – С. 11 – 13.
http://www.irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbuv
3. Ефимчук В. М. Прогноз изменения нормативных требований к запасным тормозным системам легковых автомобилей / В. М. Ефимчук // *Автомобіле- та тракторобудування*. – Х. : НТУ «ХПИ», 2003. – № 4. – С. 143 – 146.
<http://library.kpi.kharkov.ua/uk/avtomobile>
4. Волков В. П. Оценка перспективы перемещения различных схем отдельных контуров тормозного привода легковых автомобилей / В. П. Волков, В. М. Ефимчук // *Вестник НТУ «ХПИ»*. – Х. : НТУ «ХПИ», 2002. – № 10. – С. 109 – 116.
<http://vestnik.kpi.kharkov.ua/>
5. Волков В. П. Кибернетический подход к формированию тормозных свойств автотранспортных средств / В. П. Волков // *Механіка та машинобудування: науково-технічний журнал*. – Х. : НТУ «ХПИ», 2001. – № 1,2. – С. 84 – 88.
<http://users.kpi.kharkov.ua/mae/>
6. Квалиметрия, стандартизация и унификация тормозного управления колесных машин / М. А. Подригало, В. П. Волков, Д. В. Абрамов, М. В. Байцур, В. А. Павленко, Н. М. Подригало, Ю. В. Тарасов; под ред. М. А. Подригало. – Х. : ХНАДУ, 2007. – 446 с.
7. Манёвренность и тормозные свойства колесных машин / М. А. Подригало, В. П. Волков, В. И. Курчатый, А. А. Бобошко; под ред. М. А. Подригало. – Х. : ХНАДУ, 2003. – 403 с.
8. Стабильность эксплуатационных свойств колесных машин / М. А. Подригало, В. П. Волков, В. А. Корненко и др.; под ред. М. А. Подригало. – Х. : ХНАДУ, 2003. – 614 с.
9. Волков В. П. Формирование нормативных требований к эффективности торможения грузовых автомобилей / В. П. Волков, М. В. Байцур // *Автомобіле- та тракторобудування*. – Х. : НТУ «ХПИ», 2003. – № 4. – С. 104 – 111.
<http://library.kpi.kharkov.ua/uk/avtomobile>

10. Forkenbrock G. *An Assessment of Human Driver Steering Capability [Electronic resource] / G. Forkenbrock, E. Devin // NHTSA Technical Report, DOT HS 809875 (2005). – Access mode: <http://www.nrd.nhtsa.dot.gov>.*
11. Legecuis T. *On the extension of the gratzmuuer crirical velocity for locked steering road vehicle to the case of piloted vehicles / T. Legecuis, P. Bourassa, A. Laneville // Vehicle system dynamics. – 1985. – № 14. – P. 23 – 27.*
12. *Technical Report FEV2005-01. Technical overview of brake performance testing for Original Equipment and Aftermarket industries in the US and European markets / C. Agudelo, E. Ferro. – 2005. – 27 p.*
13. Волков В. П. *Обобщение стабильности тормозных свойств автотранспортных средств / В. П. Волков. – Х. : ХНАДУ, 2003. – 306 с.*
14. Klets D. *Accelerometers application in the automobile dynamic testing. Active Processes in Higher Technical Education to Train Specialists for Transportation and Highway Engineering and Automobile Industry: collection of scientific works International Conference / D. Klets, A. Korobko, M. Podrigalo, E. Voronova. – Kharkiv, 2009. – P. 51 – 54.*
15. Волков В. П. *Методика прогнозирования развития требований стандартов к эффективности торможения легковых автомобилей / В. П. Волков // Автомобильная промышленность. – 2004. – № 11. – С. 37 – 38.*
16. Волков В. П. *Системный подход к прогнозу стандартов эффективности торможения легковых автомобилей / В. П. Волков // Вестник ХНАДУ: сборник научных трудов. – Х. : ХНАДУ, 2004. – № 24. – С. 11 – 14.*
<http://www.khadi.kharkov.ua/ru/nauka/nauchnaja-rabota/nauchnye-izdaniya/vestnik-kharkovskogo-nacionalnogo-avtomobilno-dorozhnogo-universiteta.html>
17. Комаров Д. М. *Математические модели, оптимизация требований стандартов / Д. М. Комаров. – М. : Изд-во стандартов, 1976. – 184 с.*
18. Ландау Л. Д. *Курс общей физики. Механика и молекулярная физика / Л. Д. Ландау, А. И. Ахиезер, Е. М. Лифшиц. – М. : Наука, 1969. – 400 с.*
19. Яриценко Н. В. *Довгострокове прогнозування швидкостей руху на автомобільних дорогах: автореф. дис. на здобуття канд. техн. наук / Н. В. Яриценко. – Харків, 1999. – 16 с.*

References

1. *Prognoz trebovaniy k tormoznomu upravleniyu AST / M. A. Podrigalo, V. P. Volkov, V. M. Efimchuk, V. I. Klimenko // Avtomobilnaya promyshlennost. – 2003. – № 5. – S. 35 – 36.*
2. *Volkov V. P. Retrospektivnyy analiz trebovaniy, predyavlyаемых k effektivnosti tormozheniya / V. P. Volkov // Avtoshliakhovyk Ukrainy. – 2002. – № 2 (168). – S. 11 – 13.*
http://www.irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbuv
3. *Efimchuk V. M. Prognoz izmeneniya normativnyh trebovaniy k zapasnym tormoznym sistemam legkovykh avtomobiley / V. M. Efimchuk // Avtomobile- ta traktorobuduvannya. – H. : NTU «HPI», 2003. – № 4. – S. 143 – 146.*
<http://library.kpi.kharkov.ua/uk/avtomobile>
4. *Volkov V. P. Ocenka perspektivy peremescheniya razlichnyh shem razdelnyh konturov tormoznogo privoda legkovykh avtomobiley / V. P. Volkov, V. M. Efimchuk // Vestnik NTU «HPI». – H. : NTU «HPI», 2002. – № 10. – S. 109 – 116.*
<http://vestnik.kpi.kharkov.ua/>
5. *Volkov V. P. Kiberneticheskiy podhod k formirovaniyu tormoznyh svoystv avtotransportnyh sredstv / V. P. Volkov // Mehanika ta mashinobuduvannya: naukovno-tehnichniy zhurnal. – H. : NTU «HPI», 2001. – № 1,2. – S. 84 – 88.*
<http://users.kpi.kharkov.ua/mae/>
6. *Kvalimetriya, standartizaciya i unifikaciya tormoznogo upravleniya kolesnyh mashin / M. A. Podrigalo, V. P. Volkov, D. V. Abramov, M. V. Baycur, V. A. Pavlenko, N. M. Podrigalo, Yu. V. Tarasov; pod red. M. A. Podrigalo. – H. : HNADU, 2007. – 446 s.*
7. *Manyvorennost i tormoznye svoystva kolesnyh mashin / M. A. Podrigalo, V. P. Volkov, V. I. Kirchatyy, A. A. Boboshko; pod red. M. A. Podrigalo. – H. : HNADU, 2003. – 403 s.*
8. *Stabilnost ekspluatacionnyh svoystv kolesnyh mashin / M. A. Podrigalo, V. P. Volkov, V. A. Korpenko i dr.; pod red. M. A. Podrigalo. – H. : HNADU, 2003. – 614 s.*

9. Volkov V. P. *Formirovanie normativnykh trebovaniy k effektivnosti tormozheniya gruzovykh avtomobiley* / V. P. Volkov, M. V. Baycur // *Avtomobile- ta traktorobuduvannya*. – H. : NTU «HPI», 2003. – № 4. – S. 104 – 111.
<http://library.kpi.kharkov.ua/uk/avtomobile>
10. Forkenbrock G. *An Assessment of Human Driver Steering Capability [Electronic resource]* / G. Forkenbrock, E. Devin // *NHTSA Technical Report, DOT HS 809875 (2005)*. – Access mode: <http://www.nrd.nhtsa.dot.gov>.
11. Legecuis T. *On the extension of the gratzmuuer critical velocity for locked steering road vehicle to the case of piloted vehicles* / T. Legecuis, P. Bourassa, A. Laneville // *Vehicle system dynamics*. – 1985. – № 14. – P. 23 – 27.
12. *Technical Report FEV2005-01. Technical overview of brake performance testing for Original Equipment and Aftermarket industries in the US and European markets* / C. Agudelo, E. Ferro. – 2005. – 27 p.
13. Volkov V. P. *Obobshchenie stabilnosti tormoznykh svoystv avtotransportnykh sredstv* / V. P. Volkov. – H. : HNADU, 2003. – 306 s.
14. Klets D. *Accelerometers application in the automobile dynamic testing. Active Processes in Higher Technical Education to Train Specialists for Transportation and Highway Engineering and Automobile Industry: collection of scientific works International Conference* / D. Klets, A. Korobko, M. Podrigalo, E. Voronova. – Kharkiv, 2009. – P. 51 – 54.
15. Volkov V. P. *Metodika prognozirovaniya razvitiya trebovaniy standartov k effektivnosti tormozheniya legkovykh avtomobiley* / V. P. Volkov // *Avtomobilnaya promyshlennost*. – 2004. – № 11. – S. 37 – 38.
16. Volkov V. P. *Sistemnyy podhod k prognozu standartov effektivnosti tormozheniya legkovykh avtomobiley* / V. P. Volkov // *Vestnik HNADU: sbornik nauchnykh trudov*. – H. : HNADU, 2004. – № 24. – S. 11 – 14.
<http://www.khadi.kharkov.ua/ru/nauka/nauchnaja-rabota/nauchnye-izdaniya/vestnik-kharkovskogo-nacionalnogo-avtomobilno-dorozhnogo-universiteta.html>
17. Komarov D. M. *Matematicheskie modeli, optimizaciya trebovaniy standartov* / D. M. Komarov. – M. : Izd-vo standartov, 1976. – 184 s.
18. Landau L. D. *Kurs obschey fiziki. Mehanika i molekulyarnaya fizika* / L. D. Landau, A. I. Ahiezer, E. M. Lifshic. – M. : Nauka, 1969. – 400 s.
19. Yaricenko N. V. *Dovgostrokove prognozuvannya shvidkostey ruhu na avtomobilnih dorogah: avtooref. dis. na zdobuttya kand. tehn. nauk* / N. V. Yaricenko. – Harkiv, 1999. – 16 c.

© Тарасов Ю.В.
Надійшла до редакції 25.01.2016