

Є.Ю. ДОН

ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ЗМІНИ ТИСКУ В ЕЛЕКТРОПНЕВМАТИЧНОМУ ГАЛЬМІВНОМУ ПРИВОДІ НА ДИНАМІКУ РУХУ КОЛІС КТЗ

В роботі проаналізовано та узагальнено результати дослідження впливу темпу зміни тиску в електропневматичному гальмівному приводі на процес гальмування автомобільного колеса. Описано вплив принципів керування на динаміку руху колісного транспортного засобу та визначено спосіб зміни темпу наповнення гальмівної камери під час моделювання робочих процесів електропневматичного гальмівного приводу транспортного засобу.

Ключові слова: привід, електропневматичне гальмівне керування, електропневматичний гальмівний привід (ЕПП), гальмівна система.

В работе проанализированы и обобщены результаты исследования влияния темпа изменения давления в электропневматическом тормозном приводе на процесс торможения автомобильного колеса. Описано влияние принципов управления на динамику движения колесного транспортного средства и определен способ изменения темпа наполнения тормозной камеры во время моделирования рабочих процессов электропневматического тормозного привода транспортного средства.

Ключевые слова: привод, электропневматическое тормозное управление, ЭПП, тормозная система.

The paper analyzed and summarized the results of studies of the effect of the rate of change of pressure in electropneumatic brake actuator for a braking process of a vehicle wheel. Describes the impact of management principles on the dynamics of the wheeled vehicle and the determined way to change the rate of filling of the brake chamber during simulation of work processes of an electropneumatic brake of the vehicle. The aim of this work is the theoretical analysis of the influence of the nature of pressure changes in the brake actuator on the choice of control principle electropneumatically modulators pressure. To ensure rolling wheels with rational slippage rate of filling of the brake chamber, after reaching 10% slip, you should reduce to not less than 60%.

Increasing the wheels' braking cycle during the braking process leads to an increase in the braking distance the time of the pulled state of the wheel increases, despite the fact that the electro-pneumatic brake system (EBS) can reduce the time of filling the brake chambers of the vehicle's drive. A rational pressure in the brake chamber in which it is necessary to begin reducing the rate of filling of the brake chamber, working pressure of air, when using EBS, should be about 25% of the maximum pressure in the actuator.

Key words: actuator, electro-pneumatic brake control, electro-pneumatic brake system (EBS), brake system.

Вступ. Відомо, що використання електропневматичних апаратів гальмівного приводу (ЕПП) суттєво скорочує час спрацювання гальмівної системи. Так в роботі [2] відмічається що, при використанні ЕПП темп зростання тиску в гальмівних камерах скорочує час наповнення пневматичних контурів приводу на відміну від типового пневматичного гальмівного приводу (ПП) до 45 %. Отже, при використанні електропневматичних апаратів гальмівного приводу гальмування транспортного засобу може початися раніше ніж при використанні типових елементів ПП (мінімум на 0,15 с.) [2, 5, 8, 9], що дозволяє скоротити гальмівний шлях КТЗ мінімум на 15 % [2, 10, 11], а теоретично до 25 %.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Дослідження, які проведені в роботах [3, 4] показують що підвищення темпу зростання тиску призводить до передчасного блокування коліс транспортного засобу, а отже до втрати його керованості та стійкості, а в режимі сталого уповільнення, до збільшення гальмівного шляху мінімум на 30 %. Також слід відзначити, що в роботі [2] автор приходиться до висновку щодо ускладнення процесу регулювання при підвищенні швидкодії приводу із-за збільшення співвідношення часу запізнення початку зростання тиску в приводі до часу наростання тиску в гальмівній камері, які наглядно зображено на рис. 1 [3, 4, 6].

На рис. 1 зображено: t'_0 – час запізнювання спрацювання елементів гальмівного приводу під час

гальмування, c ; t'_u – час зростання тиску в гальмівній камері приводу, c ; t''_0 – час запізнювання спрацювання елементів гальмівного приводу під час розгальмовування, c ; t''_u – час зниження тиску в гальмівній камері приводу, c ; P_{\max} – максимальний тиск в гальмівній камері, МПа; $F_{\text{спр}}$ – зусилля на гальмівній педалі, при якому всі перепускні клапани гальмівного крану мають максимально можливий перепускний перетин, Н.

Очевидно, що наведені обставини безпосередньо впливають на принципи керування модуляторами тиску гальмівного приводу та визначають варіанти конструювальних схем, які можуть бути використані під час проектування електронно-пневматичного гальмівного приводу колісного транспортного засобу (КТЗ).

Мета дослідження, постановка задачі. Метою роботи є теоретичний аналіз впливу характеру зміни тиску в гальмівному приводі на вибір принципу керування електропневматичними модуляторами тиску.

Для вирішення поставленої мети необхідно вирішити наступні задачі:

- визначити раціональний характер зміни тиску в гальмівних камерах для забезпечення ефективного гальмування коліс транспортного засобу з раціональним проковзування;

- визначити граничне значення тиску наповнення гальмівної камери робочим тілом при організації раціонального принципу керування модуляторами тиску ЕПП.

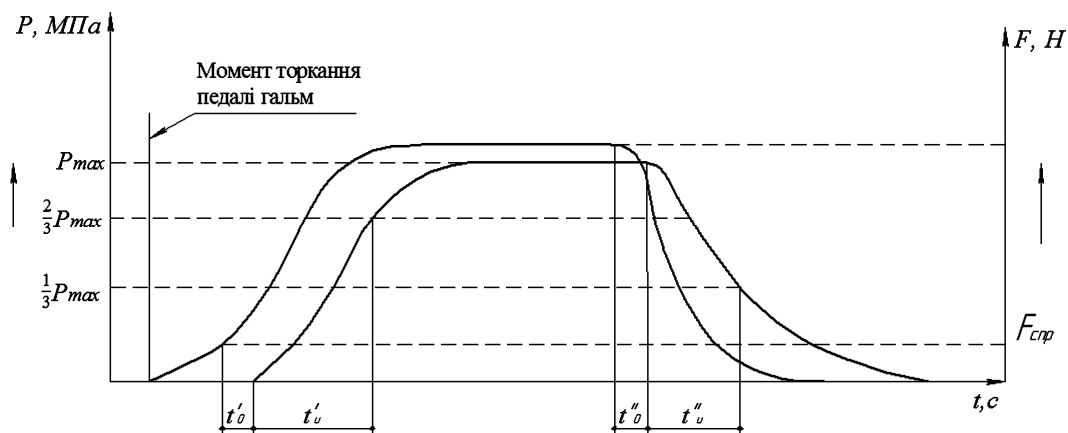


Рисунок 1 – Перехідні процеси в гальмівній камері під час зміни зусилля на гальмівній педалі

Теоретичні дослідження впливу зміни тиску в ЕППП на динаміку руху коліс КТЗ. Відомо, що на принципи керування модуляторами тиску також впливають їх конструктивні особливості. Так наприклад при використанні релейних електропневматичних модуляторів тиску необхідно для одного і того ж самого приводу при різних модуляторах визначати допустимі значення добутку тиску під час наповнення та спорожнення приводу. При цьому, як показують дослідження наведені в роботі [2], використовувати допустимі значення добутку тиску статичної характеристики ЕППП не припустимо, оскільки це може призвести до неточності регулювання в 2...2,5 рази, яке оцінюється кількістю разів спрацювання модулятора в діапазоні від мінімального до максимального значення тиску в гальмівній камері.

В роботах [2, 8, 10, 12] пропонуються способи визначення допустимих значень добутку тиску на основі масових та геометричних характеристик транспортного засобу з урахуванням його уповільнення під час гальмування, але однозначного рішення, щодо вирішення цього питання, як відзначає автор роботи [2] досі не існує.

Як показують дослідження [3] пропорційні модулятори тиску [13–16] на відміну від релейних електропневматичних модуляторів [17–19] не мають потреби у визначенні допустимих значень добутку тиску і дозволяють спростити алгоритмічну логіку, яка застосовується при використанні тих чи інших принципів керування.

Аналіз науково технічної літератури [2, 3, 21–23] показав, що використання одноканальних осьових модуляторів релейних чи пропорційних не дозволяють реалізувати принципи керування типу IR, MIR, DIR, InSR та InIR, а отже не дають можливості реалізувати в ЕППП функції курсової стійкості та стійкості проти перекидання транспортного засобу. Реалізація наведених функцій та різних принципів керування може бути реалізована тільки при використанні двоканальних осьових модуляторів, або індивідуальних модуляторів. Останні збільшують вартість системи, але на їх базі можуть бути виконані всі принципи керування навіть ті, що допускають неузгодженість роботи модуляторів на одній вісі ТЗ до 25% [1, 2] при гальмуванні транспортного засобу в різних дорожніх умовах.

Згідно досліджень Михалевича М.Г. [2] в ЕППП

складно забезпечити комфортабельність руху КТЗ під час гальмування передньою віссю оскільки не завжди вдається забезпечити раціональний приріст допустимих значень добутку тиску, тому в гальмівних системах сучасних фірм WABCO [20] та KNORR-BREMSE [24] на передній вісі використовується комбінація з квазіпропорційного модулятора ЕППП та двох релейних модуляторів тиску, а на задній вісі - один релейний електропневматичний модулятор.

На основі наведеного теоретичного аналізу слід зазначити, що розглядаючи питання теоретичного вибору характеру зміни тиску в гальмівній камері під час екстреного гальмування КТЗ, необхідно у відповідності до досліджень, які виконані в роботах [2, 3, 4], підвищуючи темп зростання в гальмівних камерах ЕППП виконувати раціональне керування модуляторами тиску при досягненні тиску в гальмівному приводі $0,25 P_{max}$, для того щоб забезпечити зростання уповільнення автомобільного колеса, яке б не призводило до його блокування. Таке можливо забезпечити тільки при раціональному зниженні темпу зростання тиску в гальмівних камерах аналогічно тому, як це проілюстровано на рис. 2 та підтверджується стендовими дослідженнями виконаними в роботі [4].

Аналіз теоретичного процесу гальмування, який зображено на рис. 2 показує, що під час наповнення гальмівної камери робочим тілом за час меншій ніж 0,2 с. для забезпечення процесу кочення колеса з проковзуванням в межах від 10 % до 30 %, необхідно якомога швидше зменшити темп зростання проковзування колеса (dS/dt), інакше динамічні процеси в плямі контакту шини з поверхнею дорожнього одягу, призведуть до неминучого блокування колеса, а у випадку використання електр-пневматичного гальмівного приводу (ЕППП) з функціями регулювання гальмівної сили в режимі АБС – до невиправданого збільшення кількості циклів спрацювання модуляторів тиску і як слідство до збільшення витрат робочого тіла (повітря).

Слід відзначити що збільшення циклів розгальмовування колеса під час процесу гальмування призводить до збільшення гальмівного шляху оскільки час розгальмованого стану колеса – збільшується не зважаючи на те, що ЕППП дозволяє зменшити час наповнення гальмівних камер приводу транспортного засобу.

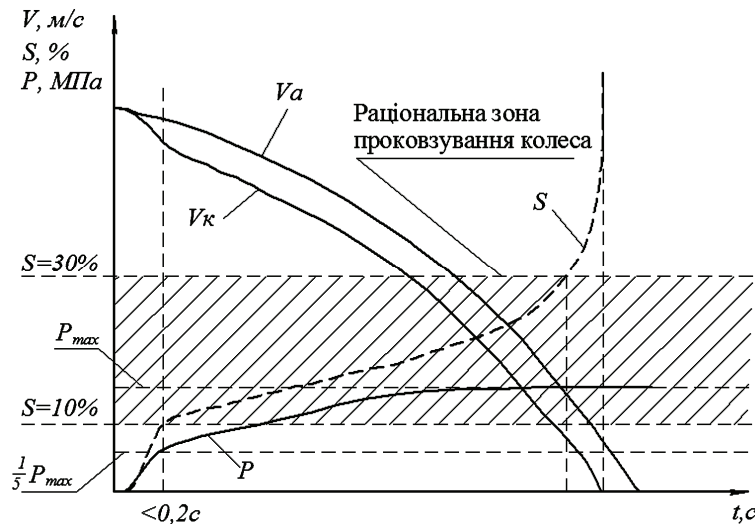


Рисунок 2 – Теоретична зміна тиску в гальмівних камерах ЕППП під час раціонального керування модуляторами тиску

Зображений на рис. 2 характер зміни тиску в гальмівних камерах можна промодельовати шляхом введення в залежність (1) [7] миттєвої масової витрати повітря в ДЕ-ланці, змінного параметру площі поперечного перетину каналу дроселя (f).

$$G_i = \mu \cdot f \cdot P_0 \cdot \frac{\sqrt{k}}{\sqrt{R \cdot T}} \cdot \sqrt{\frac{2}{k-1} \cdot \left[\left(\frac{P_1}{P_0} \right)^{\frac{2}{k}} - \left(\frac{P_1}{P_0} \right)^{\frac{k+1}{k}} \right]} \quad (1)$$

Змінний параметр площі поперечного перетину каналу дроселя можна визначити, як функцію від тиску в гальмівній камері (P_{kij}) у вигляді системи рівнянь (2):

$$f = \begin{cases} f_{\max} & \text{при } P_{kij} < 0,2 \cdot P_{\max} \\ f_{\max} \cdot \sin(A \cdot \arctan(B \cdot P_{kij})) & \text{при } P_{kij} \geq 0,2 \cdot P_{\max} \end{cases} \quad (2)$$

де A – коефіцієнт, який враховує мінімальні та максимальні параметри площі поперечного перетину каналу дроселя (f) і визначається з залежності:

$$A = \frac{2 \cdot f_{\max}^2 - f_{\min}^2}{f_{\max}^2}$$

B – коефіцієнт, який залежить від раціонального тиску в гальмівній камері при якому необхідно корегування роботи модуляторів ЕППП:

$$B = 83 \cdot e^{-1,4 \cdot P_{\max}}$$

При виконанні імітаційного математичного моделювання слід також врахувати, що при зміні площі поперечного перетину каналу дроселя (f) змінюється коефіцієнт витрати робочого тіла (μ), який можна визначити з залежностей описаних в роботі [25]:

Висновки. Для забезпечення кочення колеса з раціональним проковзуванням темп наповнення гальмівної камери після досягнення 10 % проковзування, необхідно знижувати на неменше ніж 60 %.

Раціональний тиск в гальмівній камері при якому необхідно починати зниження темпу наповнення гальмівної камери робочим тілом при використанні ЕППП, повинен становити близько 25 % від максимального тиску в приводі.

Список літератури:

1. Єдині технічні приписи щодо офіційного затвердження дорожніх транспортних засобів категорії M, N, і O стосовно гальмування: ДСТУ UN/ECE R 13-07, 08-2002 (Правила ЕСК ООН № 13-07, 08:1996, IDT). – [Чинний від 2003-01-01].-К.: Держстандарт України, 2002. – 258. – (Національний стандарт України).
2. Михалевич Н.Г. Совершенствование электропневматических аппаратов тормозного привода автотранспортных средств: дис. ... канд. техн. наук: 05.22.02 / Николай Григорович Михалевич. – Х.: 2009. – 219 с.
3. Красюк А.Н. Совершенствование электропневматических систем автотранспортных средств: дис. ... канд. техн. наук: 05.22.02 / Александр Николаевич Красюк. – Х.: 2011. – 188 с.
4. Леонтьев Д.Н. Системный подход к созданию автоматизированного тормозного управления транспортных средств категорий М3 и N3: дис. ... канд. техн. наук: 05.22.02 / Дмитрий Николаевич Леонтьев. – Харьков., 2011. – 241с.
5. Попов А.И. Оценка характеристик электропневматического тормозного привода / А.И. Попов, В.В. Нужный // Пути совершенствования автомобиля и его аппаратов / Моск. автомоб.-дор. ин-т. – М.: 1988. – С. 35-40.
6. Чебан А.А. Повышение эффективности антиблокировочной системы для транспортных средств категорий М3 и N3: дис. ... канд. техн. наук: 05.05.03 / Андрей Анатольевич Чебан. – Х.: 2011. – 173 с.
7. Реализация интеллектуальных функций в электронно-пневматическом тормозном управлении транспортных средств: монография / А.Н. Туренко, В.И. Клименко, Л.А. Рыжух и др. – Х.: ХНАДУ, 2015. – 450 с.
8. Нужный В.В. Разработка электропневматического тормозного привода автотранспортного средства: дис. ... канд. техн. наук: 05.05.03 / Владимир Владимирович Нужный. – Донецк: 1996. – 220 с.
9. Саркисян Э.В. Экспериментальные исследования по выбору параметров электропневматической тормозной системы тракторного поезда / Э.В. Саркисян, Н.В. Богдан, Л. Хайро Хиральдо // Механизация и электрификация сельского хозяйства: (сб. науч. тр.). – Минск: Урожай, 1981. – № 24. – С. 168-171.
10. Абрамович Б.А. Безопасность человека при ускорениях / Б.А. Абрамович. – М.: Книга, 2007. – 208 с.
11. Practice for Design of Amusement Rides and Devices: ASTM F229-06A [inc. with 01.01.06]. – USA. – 105 p.

12. Савельев Б.В. Обоснование статической характеристики тормозной системы автомобиля: автореф. дис. на соискание научной степени канд. техн. наук: спец. 05.05.03 «Автомобили и тракторы» / Б.В. Савельев. – М.: 1988. – 21 с.

13. Пат. 36321 Україна, МПК В60Т 8/36. Пропорциональный модулятор электронно-пневматичної системи / заявники А.Н. Туренко, С.І. Туренко, В.І. Клименко, Л.О. Рижих, С.В. Тишковець, А.А. Чебан, О.М. Красюк; патентовласник ХНАДУ. – № 200805078; заявл. 21.04.2008; опубл. 27.10.2008. – 7 с.

14. Пат. 2385242 Российская Федерация, МПК В60Т 8/36. Пропорциональный модулятор электронно-пневматической тормозной системы / заявители А.Н. Туренко, С.І. Ломака, В.І. Клименко, В.А. Богомолов, Л.А. Рыжих, С.В. Тишковец, Д.Н. Леонтьев, А.А. Чебан, А.Н. Красюк; патентообладатель ХНАДУ. – № 2008116957/11; заявл. 28.04.2008; опубл. 27.03.2010; бюл. № 9. – 7 с.

15. Пат. 2314217 Российская федерация, МПК В60Т 8/36. Модулятор электронной тормозной системы / А.Н. Туренко, С.І. Ломака, В.І. Клименко, В.А. Богомолов, Л.А. Рыжих, А.А. Чебан, С.П. Мельник, Ю.В. Курчатый, И.Н. Назаренко, А.Н. Красюк. – № 200511679/11; заявл. 19.04.2005; опубл. 27.10.2006. – 7 с.

16. Пат. 84437 Україна, МПК В60Т 8/36. Модулятор электронно-пневматичної гальмівної системи / А.М. Туренко, С.І. Ломака, В.І. Клименко, Л.О. Рижих, Д.М. Леонтьев, А.А. Чебан, О.М. Красюк, С.В. Тишковець. – № 200602536 заявл. 09.03.2006; опубл. 27.10.2008. – 7 с.

17. Пат. 6325468 США, МПК В60Т 8/64 НКІ 303/18. EBS modulator with direct exhaust capability / заявитель и патентообладатель Thanh ho, Robert J. Herbst (США). – № 09/165,470; заявл. 02.10.1998; опубл. 4.12.2001.

18. Пат. 2007/0236080 США, МПК В60Т 8/32 НКІ 303/119.2. Brake-pressure modulator pilot unit / заявитель и патентообладатель Dieter Frank, Juan Rovira-Rifaterra, Armin Sieker, Andreas Taichmann (Германия). – № 11/658,066; опубл. 11.10.2007.

19. Пат. 6588856 США, МПК В60Т 8/34 НКІ 303/119.2. Modulator relay valve assembly and method / Robert J. Herbst, Gregory R. Ashley, George S. Wagner (США); заявитель и патентообладатель Benbix Commercial Vehicle Systems LLC (США). – № 09/924,187; опубл. 08.07.2003.

20. Electronic braking system for Trailers with roll over protection. KNORR-BREMSE System for commercial Vehicles (Электронный ресурс) Product information. Режим доступа к сайту: <http://en.knorr-bremsen.com/systems/>

21. Salaani M. Hardware-in-the-Loop Pneumatic Braking System for Heavy Truck Testing of Advanced Electronic Safety Interventions / M. Salaani, S. Rao, J. Every, D. Mikesell et al. // SAE Int. J. Passeng. Cars-Mech. Syst. – 2016. – Vol. 9(2). – PP. 912-923.

22. Selvaraj M. Modeling and Simulation of Dynamic Behavior of Pneumatic Brake System at Vehicle Level / M. Selvaraj, S. Gaikwad, A. Suresh // SAE Technical Paper. – 2014. – Vol. 2014-01-2494.

23. Palanivelu S. Modeling and Optimization of Pneumatic Brake System for Commercial Vehicles by Model Based Design Approach / S. Palanivelu, J. Patil, A. Jindal // SAE Technical Paper. – 2017. – Vol. 2017-01-2493.

24. Компании WABCO Vehicle Control Systems (NYSE: WBC). // Официальный сайт. – 2010 г.; Режим доступа к сайту.: http://www.wabco-auto.com/nc/ru/domashnjaja_stranica_wabco.

25. Крамской А.В. Совершенствование методов расчета динамики пневмоаппаратов и пневматического тормозного привода автотранспортных средств: дис. ...канд. техн. наук: 05.22.02 / Александр Владимирович Крамской. – Х.: 2006. – 253 с.

References (transliterated):

1. Jedyni tehnicni prypysy shhodo oficijnogo zatverdzhennja dorozhnyh transportnyh zasobiv kategorii' M, N, i O stosovno gal'muvannya [Uniform technical prescriptions concerning the approval of road vehicles category M, N, and O with regard to braking]: DSTU UN/ECE R 13-07, 08-2002 (Pravyla EJeK OON № 13-07, 08:1996, YDT). [Chynnyj vid 2003-01-01]. Kyiv: Derzhstandart Ukrai'ny, 2002. 258 p.

2. Mihalevich N.G. Sovershenstvovanie elektropnevmaticheskikh apparatov tormoznogo privoda avtotransportnyh sredstv [Improved brake electro-pneumatic actuator of vehicles]: dis. ... kand. tehn. nauk: 05.22.02. Kharkiv. 2009. 219 p.

3. Krasjuk A.N. Sovershenstvovanie elektropnevmaticheskikh sistem avtotransportnyh sredstv [Improved electro-pneumatic systems of vehicles]: dis. ... kand. tehn. nauk: 05.22.02. Kharkiv. 2011. 188 p.

4. Leontiev D.N. Sistemnyj podhod k sozdaniju avtomatizirovannogo tormoznogo upravlenija transportnyh sredstv kategorij M3 i N3 [A systematic approach to the creation of the automated brake control vehicles M3 and N3]: dis. ... kand. tehn. nauk: 05.22.02. Kharkiv. 2011. 241 p.

5. Popov A.I., Nuzhnyj V.V. Ocenka harakteristik jelektropnevmaticheskogo tormoznogo privoda [Evaluation of the characteristics of the electro-pneumatic brake actuator]. Puti sovershenstvovanija avtomobilja i ego apparatov. Mosk. avtomob.-dor. in-t. Moscow: 1988. PP. 35-40.

6. Cheban A.A. Povyshenie jeffektivnosti antiblokirovочноj sistemy dlja transportnyh sredstv kategorij M3 i N3 [Improving the efficiency of anti-lock braking systems for vehicles of categories M3 and N3]: dis. ... kand. tehn. nauk: 05.05.03. Kharkiv: 2011. 173 p.

7. Realizacija intellektual'nyh funkcij v jelektronno-pnevmaticheskom tormoznom upravlenii transportnyh sredstv: monografija [The implementation of intelligent functions in the electronic-pneumatic brake control vehicles] A.N. Turenko, V.I. Klimenko, L.A. Ryzhiih i dr. Kharkiv: HNADU, 2015. 450 p.

8. Nuzhnyj V.V. Razrabotka jelektropnevmaticheskogo tormoznogo privoda avtotransportnogo sredstva [The development of the electro-pneumatic brake drive vehicle]: dis. ... kand. tehn. nauk: 05.05.03. Doneck: 1996. 220 p.

9. Sarkisjan Je.V., Bogdan N.V., Hiral'do L. Hajro Jeksperimental'nye issledovanija po vyboru parametrov jelektropnevmaticheskoi tormoznoj sistemy traktornogo poezda [Experimental study on the choice of parameters of electro-pneumatic brake system tractor train]. Mehanizacija i jelektrifikacija sel'skogo hozjajstva: (sb. nauch. tr.) Minsk: Urozhaj, 1981. No 24. PP. 168-171.

10. Abramovich B.A. Bezopasnost' cheloveka pri uskorenijah [Human security during acceleration]. Moscow: Kniga, 2007. 208 p.

11. Practice for Design of Amusement Rides and Devices: ASTM F229-06A [inc. with 01.01.06]. USA. 105 p.

12. Savel'ev B.V. Obosnovanie staticheskoi harakteristiki tormoznoj sistemy avtomobilja [Justification of the static characteristics of a brake system of the car]: avtoref. dis. na soiskanie nauchnoj stepeni kand. tehn. nauk: spec. 05.05.03 Avtomobili i traktory. Moscow: 1988. 21 p.

13. Пат. 36321 Ukrai'na, МПК В60Т 8/36. Пропорциональный модулятор электронно-пневматичної гальмівної системи. Заявники Туренко А.Н., Ломака С.І., Клименко В.І., Рижих Л.О., Тишковець С.В., Чебан А.А., Красюк О.М.; патентовласник ХНАДУ. № 200805078; заявл. 21.04.2008; опубл. 27.10.2008. 7 p.

14. Пат. 2385242 Rossijskaja Federacija, МПК В60Т 8/36. Пропорциональный модулятор электронно-пневматической тормозной системы. Заявители Туренко А.Н., Ломака С.І., Клименко В.І., Богомолов В.А., Рижих Л.А., Тишковец С.В., Леонтьев Д.Н., Чебан А.А., Красюк А.Н. (Украине); патен-

toobladatael' HNADU. No 2008116957/11; zajavl. 28.04.2008; opubl. 27.03.2010; bjul. No 9. 7 p.

15. Pat. 2314217 Rossijskaja federacija, MPK V60T 8/36. Moduljator jelektronnoj tormoznoj sistemy. Turenko A.N., Lomaka S.J., Klimenko V.I., Bogomolov V.A., Ryzhih L.A., Cheban A.A., Mel'nik S.P., Kirchatyj Ju.V., Nazarenko I.N., Krasjuk A.N. (Ukraine). No 200511679/11; zajavl. 19.04.2005; opubl. 27.10.2006. 7 p.

16. Pat. 84437 Ukraine, MPK V60T 8/36. Moduljator elektronno-pnevmatichnoї gal'mivnoї sistemi. Turenko A.M., Lomaka S.J., Klimenko V.I., Rizhih L.O., Leont'ev D.M., Cheban A.A., Krasjuk O.M., Tishkovec' S.V. (Ukraine). No 200602536. zajavl. 09.03.2006; opubl. 27.10.2008. 7 p.

17. Pat. 6325468 SShA, MPK B60T 8/64 NKI 303/18. EBS modulator with direct exhaust capability / zajavitel' i patentoobladatael' Thanh ho, Robert J. Herbst (SShA). No 09/165,470; zajavl. 02.10.1998; opubl. 4.12.2001.

18. Pat. 2007/0236080 USA, MPK B60T 8/32 NKI 303/119.2. Brake-pressure modulator pilot unit / zajavitel' i patentoobladatael' Dieter Frank, Juan Rovira-Rifattera, Armin Sieker, Andreas Taichmann (Germany). No 11/658,066; opubl. 11.10.2007.

19. Pat. 6588856 USA, MPK B60T 8/34 NKI 303/119.2. Modulator relay valve assembly and method. Robert J. Herbst, Gregory R. Ashley, George S. Wagner (USA); zajavitel' i patentoobladatael' Benbix Commercial Vehicle Systems LLC (USA).

No 09/924,187; opubl. 08.07.2003.

20. Electronic braking system for Trailers with roll over protection. KNORR-BREMSE System for commercial Vehicles (Jelektronnyj resurs) Product information. Rezhim dostupa k sajtu: <http://en.knorr-bremsesfn.com/systems/>.

21. Salaani M., Rao S., Every J., Mikesell D. et al., Hardware-in-the-Loop Pneumatic Braking System for Heavy Truck Testing of Advanced Electronic Safety Interventions, SAE Int. J. Passeng. Cars-Mech. Syst. 9(2):912-923, 2016.

22. Selvaraj M., Gaikwad S., Suresh A. Modeling and Simulation of Dynamic Behavior of Pneumatic Brake System at Vehicle Level. SAE Technical Paper 2014-01-2494, 2014.

23. Palanivelu S., Patil J., Jindal A. Modeling and Optimization of Pneumatic Brake System for Commercial Vehicles by Model Based Design Approach. SAE Technical Paper 2017-01-2493, 2017.

24. Kompanii WABCO Vehicle Control Systems (NYSE: WBC). Oficial'nyj sajt. 2010. Rezhim dostupa k sajtu.: http://www.wabco-auto.com/nc/ru/domashnjaja_stranica_wabco.

25. Kramskoj A.V. Sovershenstvovanie metodov rascheta dinamiki pnevmoapparatov i pnevmaticheskogo tormoznogo privoda avtotransportnyh sredstv [Perfection of methods of calculation of the dynamics Pneumodevices and pneumatic brake drive vehicles]: dis. ... kand. tehn. nauk: 05.22.02. Kharkiv: 2006. 253 p.

Надійшла (received) 11.09.2017

Бібліографічні описи / Библиографические описания / Bibliographic descriptions

Теоретичні дослідження впливу зміни тиску в електропневматичному гальмівному приводі на динаміку руху коліс КТЗ / Є.Ю. Дон // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Динаміка і міцність машин. – Х.: НТУ «ХПІ», 2017. – № 39 (1261). – С. 14-18. – Бібліогр.: 25 назв. – ISSN 2078-9130.

Теоретические исследования влияния изменения давления в электропневматическом тормозном приводе на динамику качения колес КТС / Е.Ю. Дон // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Динаміка і міцність машин. – Х.: НТУ «ХПІ», 2017. – № 39 (1261). – С. 14-18. – Бібліогр.: 25 назв. – ISSN 2078-9130.

Theoretical studies of the effect of the rate of change of pressure in the brake actuator elektropneumatische on the dynamics of the wheels of the wheeled vehicle / E. Don // Bulletin of NTU "KhPI". Series: Dynamics and strength of machines. – Kharkiv: NTU "KhPI", 2017. – № 39 (1261). – С. 14-18. – Bibliogr.: 25. – ISSN 2078-9130.

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

Дон Євген Юрійович – пошукувач, кафедра автомобілів ім. А.Б. Гредескула, Харківський національний автомобільно-дорожнього університету, тел.: +38 (067) 72–99–820, e-mail: Evgeny82@gmail.com.

Дон Евгений Юрьевич – соискатель, кафедра автомобилей им. А.Б. Гредескула, Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет, тел.: +38 (067) 72–99–820, e-mail: Evgeny82@gmail.com.

Evgeny Don – graduate, Kharkiv National automobile and highway University, tel.: +38(067) 72–99–820; e-mail: Evgeny82@gmail.com.