

# АВТОМОБІЛІ ТА ТРАКТОРИ

УДК 629.113-592.5

*А. І. БОНДАРЕНКО*, канд. техн. наук, доц. НТУ «ХП»;  
*Д. М. ХАЛІН*, магістрант НТУ «ХП»

## **ВИБІР МЕТОДУ ДЛЯ ОПИСУ ПЕРЕХІДНИХ ПРОЦЕСІВ В ПНЕВМАТИЧНОМУ ГАЛЬМІВНОМУ ПРИВОДІ ПРИ РОБОЧОМУ ГАЛЬМУВАННІ**

В роботі проведено порівняльний аналіз результатів, одержаних унаслідок математичного моделювання робочого гальмування автомобіля КрАЗ-6510, які відтворюють зміну тиску, часу наповнення / спорожнення ємкостей пневматичного гальмівного приводу (математичні моделі склалися методами Метлюка М. Ф. та Герц О. В.). Сформульовані рекомендації відносно вибору методу для опису перехідних процесів в пневматичному гальмівному приводі при робочому гальмуванні.

**Ключові слова:** пневматичний гальмівний привід, процес гальмування, Метлюка М. Ф., Герц О. В., наповнення, спорожнення.

**Вступ.** На теперішній час існує велика кількість методів для опису перехідних процесів в пневматичному гальмівному приводі (ПГП). Нажаль, результати, що отримані в процесі моделювання за різними методиками при одних і тих же початкових даних, інколи відрізняються між собою в декілька разів. Вибір методу в значній мірі впливає на обґрунтування доцільності застосування тих чи інших конструктивних змін в ПГП.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Найпоширенішим методом для опису перехідних процесів в ПГП при робочому гальмуванні є метод Метлюка М. Ф. [1]. За методом Метлюка М. Ф. математична модель ПГП складається на основі балансу миттєвих масових витрат у вузлах пневмоланцюгів з використанням гіперболічної функції миттєвої масової витрати через дросель [1]. Хоча метод Метлюка М. Ф. не має на увазі опис роботи ПГП в циклічному режимі, в деяких роботах саме при циклічному режимі роботи його застосовують [2, 3], при цьому результати теоретичного та експериментального дослідження мають непогану збіжність між собою.

Більш універсальним є метод Герц О. В. [4 – 9], який можна застосовувати до всіх режимів роботи пневмоприводу.

В роботі [10] запропоновано нові методи опису перехідних процесів в ПГП, різноманітні модифікації функції витрати, проте методи Метлюка М. Ф. та Герц О. В. на теперішній час користуються найбільшим попитом, що обумовлено найбільшою їх достовірністю, поширеністю та популярністю серед інженерів, які займаються динамікою ПГП. Основна відмінність диференціальних рівнянь, складених за двома методами, полягає в різних функціях витрати.

**Мета дослідження, постановка задачі.** Метою даної роботи є вибір методу для опису перехідних процесів в ПГП який би достовірно відтворював зміну тиску в ємкостях ПГП при робочому гальмуванні. Для

цього буде проведений порівняльний аналіз результатів, що отримані в процесі моделювання (математичні моделі склалися за методами Метлюка М. Ф. та Герц О. В. для ПГП автомобіля КрАЗ-6510) та запропоновані відповідні рекомендації з урахуванням побажань, що наведені в роботах [1 – 10].

**Вибір методу для опису перехідних процесів в пневматичному гальмівному приводі при робочому гальмуванні.**

Розглянемо три варіанти схеми ПГП:

– пневматичний гальмівний кран (ПГК) – модулятор тиску (МТ) – клапан прискореної дії (КПД) – гальмівна камера (ГК) (схема 1);

– ПГК – МТ [11] – ГК (схема 2);

– ПГК – КПД – МТ – ГК (схема 3) .

В результаті розрахунків для кожної схеми двома методами одержані криві зміни тиску у виконавчих апаратах ПГП як при загальмуванні, так і розгальмуванні. Результати розрахунків часу наповнення та спорожнення ГК для різноманітних схем розташування МТ наведено в табл. 1.

Виконані розрахунки показали добру збіжність за двома методами. Найменший час наповнення та спорожнення (табл. 1) – при розташуванні МТ за першою схемою: ПГК – МТ – КПД – ГК, максимальний – при розташуванні за другою схемою: ПГК – МТ – ГК.

Таблиця 1 – Результати розрахунків часу наповнення та спорожнення ГК

Схема розташування МТ	Час наповнення, с (підвищення тиску до 75% від максимального в гальмівній камері)		Час спорожнення, с (зниження тиску до 10% від максимального в гальмівній камері)	
	метод Метлюка М. Ф.	метод Герц О. В.	метод Метлюка М. Ф.	метод Герц О. В.
1	0,132	0,137	0,212	0,235
2	0,3724	0,324	0,675	0,652
3	0,1866	0,1733	0,2904	0,28

Не зважаючи на добру збіжність отриманих результатів за двома методами, необхідно перевірити доцільність застосування метода Метлюка М. Ф. для опису перехідних процесів в ПГП при робочому гальмуванні. З літератури [1] відомо, що метод Метлюка М. Ф. має похибку до 30% в порівнянні з експериментальними дослідженнями, якщо виконується наступна вимога:

$$\frac{t_c}{t_n} = 1,5 \div 1,7 \quad (1)$$

де  $t_c$  – час спорожнення ємкості ГК до значення тиску, що відповідає 10% від максимального в гальмівній камері;

$t_n$  – час наповнення ємкості ГК до значення тиску, що відповідає 90% від максимального в гальмівній камері.

Результати розрахунку, що наведені в табл. 2, показали невідповідність отриманих співвідношень часу спорожнення до часу наповнення ємкості ГК з рекомендованими [1], тобто в даному випадку для опису перехідних процесів в ПГП при робочому гальмуванні доцільніше використовувати метод Герц О. В. (теоретичні результати, отримані за методом Метлюка М. Ф, можуть відрізнятися від експериментальних більш ніж на 30%).

Таблиця 2 – Результати розрахунку співвідношень часу спорожнення до часу наповнення ГК

Схема розташування МТ	Час наповнення ( $t_n$ ) ГК, с (підвищення тиску до 90% від максимального в гальмівній камері)	Час спорожнення ( $t_c$ ) ГК, с (зниження тиску до 10% від максимального в гальмівній камері)	$t_c / t_n$
1	0,17	0,212	1,247059
2	0,502	0,675	1,344622
3	0,2372	0,2904	1,224283

### Висновки.

1. Розміщення МТ за першою схемою: ПГК – МТ – КПД – ГК є оптимальним з погляду зниження часу наповнення та спорожнення виконавчих апаратів ПГП.

2. Для опису перехідних процесів в ПГП як при робочому гальмуванні, так і роботі привода в циклічному режимі доцільніше використовувати метод Герц О. В.

**Список літератури:** 1. Метлюк Н. Ф., Автушко В. П. Динамика пневматических и гидравлических приводов автомобиля / Н. Ф. Метлюк, В. П. Автушко. – М. : Машиностроение, 1980. – 231 с. – (Библиотека конструктора). 2. Северин А. А. Совершенствование исполнительной части антиблокировочной системы автомобилей с пневматическим тормозным приводом : дис. на соискание уч. степени канд. техн. наук : спец. 05.05.03 “Автомобили и тракторы” / Северин Александр Александрович. – Харьков, 1985. – 217с. 3. Кравець Ф. К. Обоснование параметров питающей части при работе пневматического тормозного привода большегрузных автомобилей и автопоездов в циклическом режиме : автореф. дис. на соискание уч. степени канд. техн. наук : спец. 05.05.03 “Автомобили и тракторы” / Ф. К. Кравець. – Харьков, 1985. – 23 с. 4. Герц Е. В. Пневматические приводы. Теория и расчет / Елена Васильевна Герц. – М. : Машиностроение, 1969.– 359 с. 5. Бондаренко А. І. Удосконалення процесів модуляції тиску в пневматичному гальмівному приводі автомобілів : дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : спец. 05.22.02 “Автомобілі та трактори” / Бондаренко Анатолій Ігорович. – Харьков, 2010. – 203с. 6. Бондаренко А. І. Математическая модель пневматического тормозного привода, результаты моделирования / А. И. Бондаренко // Вісник національного технічного університету “Харківський політехнічний інститут” : зб. наук. праць. Тематичний випуск : Транспортне машинобудування. – 2008. – № 46. – С. 46 – 57. 7. Гецович Е. М. Влияние схемы установки и проходных сечений модулятора давления на расход запасов сжатого воздуха в пневматическом тормозном приводе / Е. М. Гецович, А. И. Бондаренко //

Вісник національного технічного університету “Харківський політехнічний інститут” : зб. наук. праць. Тематичний випуск : Транспортне машинобудування. – 2006. – № 26. – С. 81 – 86. **8.** Повышение эффективности торможения автотранспортных средств с пневматическим тормозным приводом / Туренко А. Н., Богомолов В. А., Клименко В. И., Курчатый В. И. – Харьков : ХГАДТУ, 2000. – 472 с. **9.** Туренко А. Н. Повышение эффективности торможения грузовых и пассажирских автотранспортных средств с пневматическим тормозным приводом. Монография. / Анатолий Николаевич Туренко. – Харьков : ХГАДТУ, 1997. – 353 с. **10.** Крамской А. В. Совершенствование методов расчета динамики пневмоаппаратов и пневматического тормозного привода автотранспортных средств : дис. на соискание уч. степени канд. техн. наук : спец. 05.22.02 “Автомобили и тракторы” / Крамской Александр Владимирович. – Харьков, 2006. – 270 с. **11.** Пат. на кор. модель 35140 Україна, МПК В 60 Т 8/00. Модулятор тиску для пневматичного гальмівного приводу / Є. М. Гецович, А. І. Бондаренко; заявитель та патентообладач Є. М. Гецович, А. І. Бондаренко (Україна). – № а 2007 14047; заявл. 14.12.07; опубл. 10.09.08, Бюл. № 17.

**Bibliography (transliterated):** **1.** Metljuk N. F., Avtushko V. P. Dinamika pnevmaticeskikh i gidravliceskikh privodov avtomobilja / N. F. Metljuk, V. P. Avtushko. – M. : Mashinostroenie, 1980. – 231 s. – (Biblioteka konstruktora). **2.** Severin A. A. Sovershenstvovanie ispolnitelnoj chasti antiblokirovochnoj sistemy avtomobilej s pnevmaticeskim tormoznym privodom : dis. na soiskanie uch. stepeni kand. tehn. nauk : spec. 05.05.03 “Avtomobili i traktory” / Severin Aleksandr Aleksandrovich. – Harkov, 1985. – 217s. **3.** Kravec F. K. Obosnovanie parametrov pitajushhej chasti pri rabote pnevmaticeskogo tormoznogo privoda bolshegruzyh avtomobilej i avtopoezdov v ciklicheskom rezhime : avtoref. dis. na soiskanie uch. stepeni kand. tehn. nauk : spec. 05.05.03 “Avtomobili i traktory” / F. K. Kravec. – Harkov, 1985. – 23 s. **4.** Gerc E. V. Pnevmaticheskie privody. Teorija i raschet / Elena Vasilevna Gerc. – M. : Mashinostroenie, 1969.– 359 s. **5.** Bondarenko A. I. Udoskonalennja procesiv moduljaciji tisku v pnevmaticnomu galmivnomu privodi avtomobiliv : dis. na zdobuttja nauk. stupenja kand. tehn. nauk : spec. 05.22.02 “Avtomobili ta traktori” / Bondarenko Anatolij Igorovich. – Harkov, 2010. – 203s. **6.** Bondarenko A. I. Matematicheskaja model pnevmaticeskogo tormoznogo privoda, rezultaty modelirovanija / A. I. Bondarenko // Visnik nacionalnogo tehničnogo universitetu “Harkivskij politehničnij institut” : zб. nauk. prac. Tematičnij vipusk : Transportne mashinobuduvannja. – 2008. – № 46. – S. 46 – 57. **7.** Gecovich E. M. Vlijanie shemy ustanovki i prohodnyh sečenij moduljatora davlenija na rashod zasposov szhatogo vozduha v pnevmaticeskom tormoznom privode / E. M. Gecovich, A. I. Bondarenko // Visnik nacionalnogo tehničnogo universitetu “Harkivskij politehničnij institut” : zб. nauk. prac. Tematičnij vipusk : Transportne mashinobuduvannja. – 2006. – № 26. – S. 81 – 86. **8.** Povyshenie jeffektivnosti tormozhenija avtotransportnyh sredstv s pnevmaticeskim tormoznym privodom / Turenko A. N., Bogomolov V. A., Klimenko V. I., Kirchatyj V. I. – Harkov : HGADTU, 2000. – 472 s. **9.** Turenko A. N. Povyshenie jeffektivnosti tormozhenija gruzovyh i passazhirskih avtotransportnyh sredstv s pnevmaticeskim tormoznym privodom. Monografija. / Anatolij Nikolaevich Turenko. – Harkov : HGADTU, 1997. – 353 s. **10.** Kramskoj A. V. Sovershenstvovanie metodov rascheta dinamiki pnevmoapparatov i pnevmaticeskogo tormoznogo privoda avtotransportnyh sredstv : dis. na soiskanie uch. stepeni kand. tehn. nauk : spec. 05.22.02 “Avtomobili i traktory” / Kramskoj Aleksandr Vladimirovich. – Harkov, 2006. – 270 s. **11.** Pat. na kor. model 35140 Ukraina, МПК V 60 T 8/00. Модулятор тиску длја пневматичного гальмівного приводу / E. M. Gecovich, A. I. Bondarenko; zajavitel ta patentoobladač E. M. Gecovich, A. I. Bondarenko (Ukraina). – № а 2007 14047; zajavl. 14.12.07; opubl. 10.09.08, Bjul. № 17.

Надійшла (received) 01.04.2014