

УДК 629.114-592

І. В. РОГОЗІН, канд. техн. наук ХУПС**ДОСЛІДЖЕННЯ БЕЗВІДМОВНОСТІ ПНЕВМАТИЧНОГО ПРИВОДУ
ГАЛЬМІВНОЇ СИСТЕМИ ЗАСОБУ РУХОМОСТІ**

Запропонована методика визначення імовірності безвідмовної роботи пневматичного приводу гальмівної системи засобу рухомості (ЗР) озброєння та військової техніки (ОВТ) з врахуванням результатів математичного моделювання робочих процесів в ньому. Встановлені залежності між тиском повітря в пневматичному приводі та площею прохідного перерізу пошкодження його ділянки, а також імовірністю безвідмовної роботи гальмівної системи ЗР.

Ключові слова: імовірність безвідмовної роботи, пневматичний привід, гальмівна система, площа прохідного перерізу пошкодження, засіб рухомості.

Вступ. Відомо [1 – 3], що гальмівна система, зокрема її привод, виключно важлива для забезпечення безпеки руху ЗР. Вихід з ладу пневматичного приводу гальмівної системи ЗР (автомобілю типу ЗИЛ-131) засобу наземного забезпечення дій авіації, а саме порушення його герметичності, може привести до відмови гальмівної системи у цілому, втрати управління ЗР та більшої імовірності виникнення ДТП або авіаційного інциденту [2, 3]. Тому дослідження впливу негерметичності у пневматичному приводі на безвідмовність гальмівної системи ЗР є актуальним.

Аналіз останніх досягнень та публікацій. Дослідженню процесів, що відбуваються в пневматичному приводі гальмівної системи ЗР при виникненні його пошкодження, завжди приділялася велика увага [1 – 3]. У роботі [1] проведений аналіз приписів, що стосуються джерел і резервуарів енергії автотранспортних засобів з пневматичною гальмівною системою та виконані розрахунки живлячої частини приводу з антиблокувальної системи. У роботах [2, 3], на основі математичного моделювання, досліджується пневматичний привід гальмівної системи ЗР у випадку порушення герметичності його ділянки. Наведено порядок визначення основних діагностичних параметрів пневматичного приводу гальмівної системи ЗР у різних випадках негерметичності. Проте, проблема визначення залежності безвідмовності гальмівної системи ЗР від витрати (витоку) стислого повітря з пошкодженої ділянки пневматичного приводу залишається не вирішеною.

Мета та постановка завдання. Метою роботи є дослідження впливу негерметичності у пневматичному приводі на безвідмовність гальмівної системи засобу рухомості. Для досягнення мети необхідно визначити: діагностичні параметри (t_r , p_p , $p_{ГКр}$, $p_{ГК}$, $p_{пер}$) пневматичного приводу та їх залежності від площі прохідного перерізу пошкодження; встановити залежності тисків в ділянках пневматичного приводу гальмівної системи ЗР від площі перерізу пошкодження; встановити граничні діагностичні параметри (f'_n , p'_p , $p'_{ГКр}$, $p'_{ГК}$, $p'_{пер}$) при досягненні яких відбувається відмова пневматичного приводу гальмівної системи.

Алгоритм рішення завдання. Розрахунок діагностичних параметрів пневматичного приводу потребує визначення часу гальмування ЗР гальмівною системою. Користуючись отриманим в [4] виразом для розрахунку максимально допустимого значення гальмівного шляху справного ЗР й прийнявши, що гальмування

© І. В. Рогозін, 2012

здійснюється на сухому рівному асфальтобетоні максимально можливий час гальмування ЗР визначимо як

$$t_r = 3,6 \cdot (0,15 + V_{ЗР0}/130), \quad (1)$$

де $V_{ЗР0}$ – початкова швидкість гальмування ЗР.

За умовою $V_{ЗР0} = 35 \div 45$ км/год час гальмування ЗР справною гальмівною системою знаходитиметься в межах 1,51 – 1,79 с (режим екстреного повного гальмування за умови одноразового впливу на орган керування) [4]. Тому для аналізу роботи ділянки пневматичного приводу гальмівної системи приймаємо час 2 с, як максимально можливий час екстреного одноразового гальмування справного ЗР на сухій рівній асфальтобетонній дорозі. З урахуванням отриманих в [3] результатів (табл. та рис. 1) по точках перетину лінії 9 будуються залежності тиску повітря в ділянці пневматичного приводу гальмівної системи ЗР від площі прохідного перерізу пошкодження (рис. 2).

Таблиця – Результати моделювання роботи пневматичного приводу гальмівної системи ЗР для випадку виникнення негерметичності

№ з/п	Параметри				
	$f_n, \times 10^{-5} \text{ м}^2$	$p_{\text{пер}}, \text{ МПа}$	$p_{\text{ГК}}, \text{ МПа}$	$p_{\text{ГКр}}, \text{ МПа}$	$p_p, \text{ МПа}$
1.	0	0	0,7573	0,7561	0,7503
2.	1,5904	0,888	0,643	0,6519	0,6852
3.	1,9635	0,134	0,6116	0,6250	0,6729
4.	2,3758	0,1936	0,5748	0,5942	0,6607
5.	2,8274	0,2704	0,532	0,5591	0,6489
6.	3,3183	0,3675	0,4826	0,5193	0,638
7.	3,8485	0,4884	0,4258	0,4746	0,6284
8.	5,0265	0,8164	0,2868	0,3684	0,6154

На рисунку 2 по осі абсцис розташовані значення площі прохідного перерізу пошкодження f_n , а на осі ординат – значення тисків p : в ресивері 1, на виході з гальмівного крану 2, в гальмівній камері 3, а також різниці (перепаду) тисків на виході з гальмівного крану і в гальмівній камері 4 при відповідних пошкодженнях.

По отриманим значенням (рис. 2, а та табл. 1), з урахуванням досліджень [1 – 3] отримуємо аналітичні залежності (2) – (5)

$$p_p(f_n) = 411,23 \cdot f_n^2 - 4749,8 \cdot f_n + 75030 ; \quad (2)$$

$$p_{\text{ГКр}}(f_n) = -338,13 \cdot f_n^2 - 6013,3 \cdot f_n + 75612 ; \quad (3)$$

$$p_{\text{ГК}}(f_n) = -633,5 \cdot f_n^2 - 6176,3 \cdot f_n + 75731 ; \quad (4)$$

$$p_{\text{пер}}(f_n) = 295,37 \cdot f_n^2 + 163,23 \cdot f_n - 118,74 . \quad (5)$$

За отриманими залежностями будуються графіки, які наведені на рисунку 2, б.

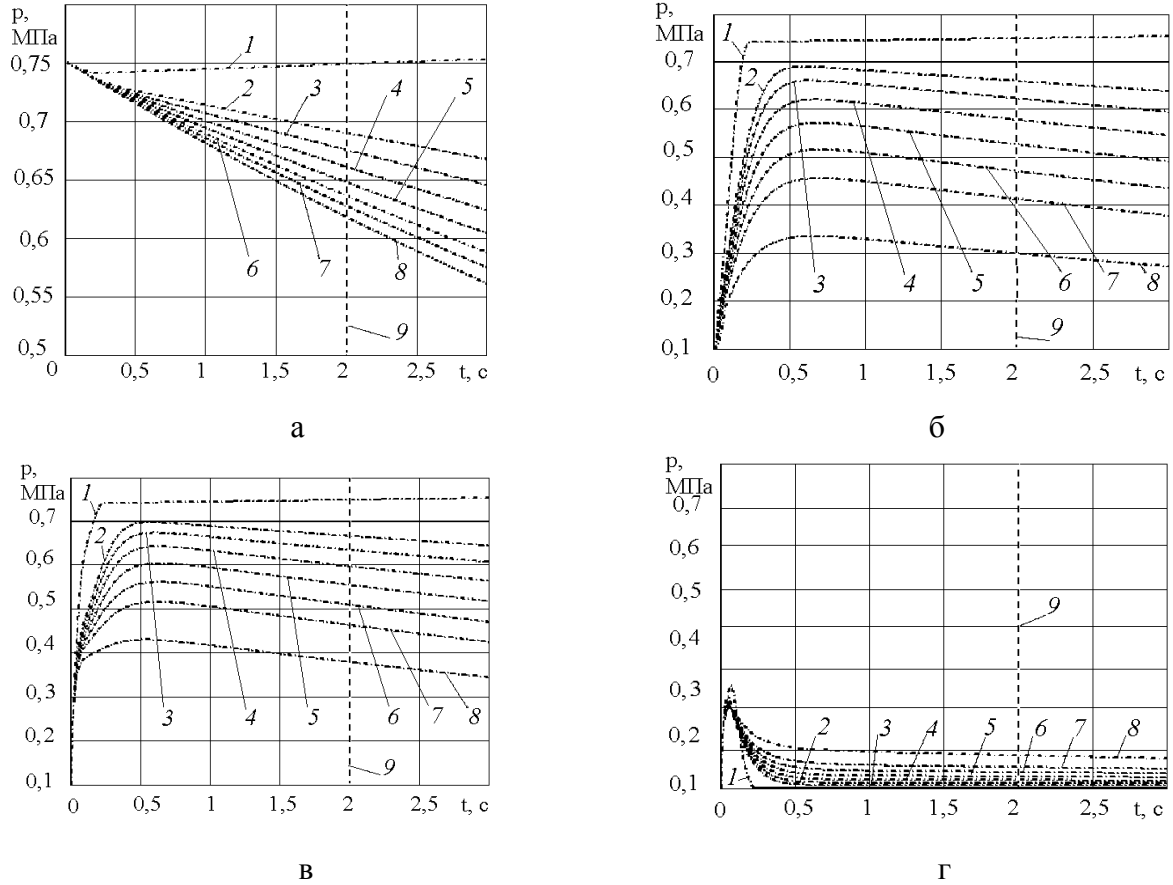


Рисунок 1 – Залежності тиску повітря в ділянці пневматичного приводу гальмівної системи ЗР від часу: а – в ресивері; б – на виході з гальмівного крану; в – в гальмівній камері; г – перепаду тиску на виході з гальмівного крану та в гальмівній камері; 1 – при справному пневматичному приводі; 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 – при несправному пневматичному приводі (площа прохідного перерізу пошкодження трубопроводу $1,59 \times 10^{-5} \text{ м}^2$, $1,96 \times 10^{-5} \text{ м}^2$, $2,38 \times 10^{-5} \text{ м}^2$, $2,83 \times 10^{-5} \text{ м}^2$, $3,32 \times 10^{-5} \text{ м}^2$, $3,85 \times 10^{-5} \text{ м}^2$, $5,03 \times 10^{-5} \text{ м}^2$); 9 – час 2 с

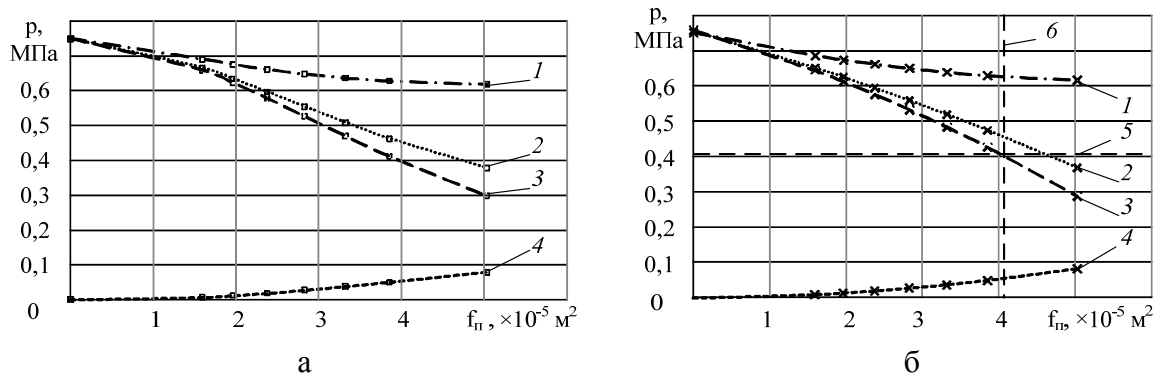


Рисунок 2 – Залежності тисків в ділянці пневматичного приводу гальмівної системи ЗР від площі пошкодження f_n ($t_r=2$ с): а – за даними рис. 1; б – апроксимовані поліноміальні залежності другого ступеня; 1 – в ресивері; 2 – на виході з гальмівного крану; 3 – в гальмівній камері; 4 – перепад тиску; 5 – нормований тиск аварійного гальмування (0,4 МПа); 6 – лінія площі прохідного перерізу пошкодження $f_n = 4,09 \times 10^{-5} \text{ м}^2$

Для встановлення граничних значень діагностичних параметрів (критичних значень $p'_{ГК}$, f'_n , p'_p , $p'_{ГКр}$, $p'_{пер}$) при досягненні яких відбувається відмова пневматичного привода гальмівної системи ЗР необхідно визначити залишковий тиск в повітряному ресивері під час гальмування. Розглянемо можливі способи їх встановлення.

Графічний спосіб. Накреслимо на рисунку 2, б лінію 5, яка відповідає тиску повітря, що забезпечує ефективність гальмування ЗР встановлену для аварійного гальмування. Згідно вимог ДСТУ UN/ECE R 13-09: 2002, ОСТ 37.001.067-86 та досліджень [1] для автомобілів з пневматичним приводом гальмівної системи залишковий тиск в повітряному ресивері має бути не менше тиску, встановленого для аварійного гальмування (0,4 МПа). По місцю перетинання лінії 5 з кривою 3 визначимо площу перерізу пошкодження (лінія 6). Надалі, по перетинанню кривої 1 з лінією 6 визначається критичний тиск стиснутого повітря в ресивері при визначеному розмірі пошкодження, а по кривій 4 – критичне значення динамічного перепаду тиску.

Аналітичний спосіб отримання діагностичних параметрів. Перетворивши вираз (4) отримаємо

$$f'_n = \left(\sqrt{\frac{p'_{ГК}}{-635,5} + 143,31} \right) - 4,875 \quad (6)$$

та задав тиску повітря у гальмівної камері $p'_{ГК} = 0,4$ МПа визначимо площу перерізу пошкодження ($f'_n = 4,09 \times 10^{-5}$ м²) при перевищенні якої відбувається відмова пневматичного привода гальмівної системи ЗР.

У подальшому за виразом (2) визначається тиск повітря у ресивері ($p'_p = 0,625$ МПа), а за виразом (4) – перепад тиску між виходом з гальмівного крану та в гальмівній камері – $p'_{пер} = 0,055$ МПа.

Вплив тиску повітря в пневматичному приводі гальмівної системи ЗР на вірогідність її безвідмовної роботи можливо визначити з урахуванням рівнянь (2) – (5) та таблиці 1 за виразом

$$P(f_n) = 1,225 \cdot f_n^{-0,355}, \quad (7)$$

який отриманий в [3].

Будемо вважати, що несправність виникає лише у одному з елементів пневматичного привода гальмівної системи ЗР. Тоді імовірність безвідмовної роботи гальмівної системи буде визначатися імовірністю безвідмовної роботи ділянки пневматичного привода. Залежності імовірності безвідмовної роботи ділянок

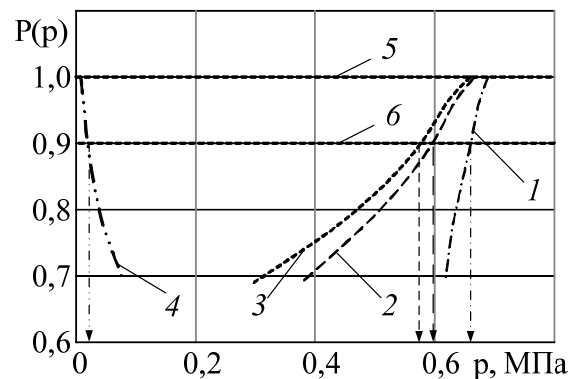


Рисунок 3 – Залежності вірогідності безвідмовної роботи від тиску повітря: 1 – в ресивері; 2 – на виході з гальмівного крану; 3 – в гальмівній камері; 4 – між виходом з гальмівного крану та в гальмівній камері; 5 – лінія $P(p) = 1$; 6 – лінія $P(p) = 0,9$

пневматичного приводу гальмівної системи ЗР (ресивер, гальмівний кран, гальмівна камера) від тиску повітря у них надані на рисунку 3. З рисунку 3 бачимо, що для забезпечення імовірності безвідмовної роботи пневматичного приводу гальмівної системи ЗР, наприклад $P_c = 0,9$ (лінія б) тиск повітря в ресивері повинен бути не нижче $p_p = 0,67$ МПа, в гальмівному крані $p_{ГКр} = 0,6$ МПа, в гальмівній камері $p_{ГК} = 0,57$ МПа, перепад тиску між виходом з гальмівного крану та в гальмівній камері $p_{пер} = 0,045$ МПа.

Висновки

1. Встановлені залежності тисків в ділянках пневматичного приводу гальмівної системи ЗР від площі перерізу пошкодження.
2. Визначені діагностичні параметри пневматичного приводу ($p'_{ГК}$, $f'_п$, p'_p , $p'_{ГКр}$, $p'_{пер}$) при досягненні яких відбувається відмова гальмівної системи ЗР та потрібне відключення негерметичної ділянки.
3. Встановлена залежності між впливом тиску повітря в ділянках пневматичного приводу та вірогідністю безвідмовної роботи гальмівної системи ЗР.

Список літератури: 1. Расчет питающей части пневматического тормозного привода автотранспортного средства с антиблокировочной системой / А.Н. Туренко, В.И. Клименко, Л.А. Рыжих и др. // Вестник ХНАДУ: сб. научн. трудов. – 2008. – № 41. – С. 51 – 54. 2. Гецович Є.М. Математична модель пневматичного приводу робочої гальмівної системи з захисним пристроєм / Є.М. Гецович, І.В. Рогозін // Системи озброєння та військова техніка. – 2009. – № 2 (18). – С. 59 – 64. 3. Рогозін І.В. Моделювання впливу негерметичності в пневматичному приводі гальмівної системи засобу рухомості/ І.В. Рогозін // Наука техніка ПС ЗС України – 2012. – № 3(9). – С. 58 – 60. 4. Засоби транспортні дорожні. Експлуатаційні вимоги безпеки до технічного стану та методи контролю. ДСТУ 3649-97. – [Чинний від 1999-01-01]. – К. : Держстандарт України. – 1998. – 20 с.

Поступила в редколегію 27.11.2012

УДК 629.114-592

Исследование безотказности пневматического привода тормозной системы средства подвижности / И. В. Рогозин // Вісник НТУ «ХПІ» Серія: Автомобіле- та тракторобудування, 2012. – № 60 (966). – С. 110–114. – Бібліогр.: 4 назв.

Предложена методика определения вероятности безотказной работы пневматического привода тормозной системы средства подвижности вооружения и военной техники с учетом результатов математического моделирования рабочих процессов в нем. Установлены зависимости между давлением воздуха в пневматическом приводе и площадью проходного сечения повреждения его участка, а также вероятностью безотказной работы тормозной системы средства подвижности.

Ключевые слова: вероятность безотказной работы, пневматический привод, тормозная система, площадь проходного сечения повреждения, средство подвижности.

The research of pneumatic drive no-failure operation of braking system of vehicle. The determination methodic of probability of failure-free operation of the pneumatic drive of braking system of vehicle in the armament and military equipment with regard to some results of mathematical simulation of working processes in it was proposed in this article. The dependences between air pressure in pneumatic drive and passage area of damage of its segment, and also probability of failure-free operation of braking system of vehicle, were defined.

Key words: probability of failure-free operation, pneumatic drive, braking system, passage area of damage, vehicle.