

УДК 629.3.017.5

М. В. Склярів

ВПЛИВ ГІДРОПРИВОДУ ГАЛЬМ НА АВТОМАТИЗАЦІЮ РУХУ АВТОМОБІЛЯ

Наведено аналіз наукоємних систем управління автомобілями. Надано пропозиції для успішного їх використання. Розглянуто побудову математичної моделі робочих процесів вакуумних підсилювачів гідравлічного приводу гальм.

К л ю ч о в і с л о в а: автомобіль, системи управління, теоретичні дослідження.

Постановка проблеми. Для підвищення безпеки руху автомобілів останнім часом інтенсивно використовують наукоємні системи управління автомобілями.

На більшості сучасних автомобілів застосовують автоматичні пристрої для покращення якості гальмового керування при одночасному спрощенні керуючої дії водія. Як правило, базою автоматичних систем є протиблокувальна система ABS (Antilock Braking System). На її основі сформовані допоміжні системи ESP, SBC, BAS та інші.

У процесі використання ABS з'ясувалось, що величина гальмівного шляху збільшується відносно розрахункових значень. Як показує статистика, водії в критичній ситуації, психологічно відчуваючи наявність слизької поверхні, не встигають своєчасно забезпечити достатню величину тиску в гідроприводі для спрацьовування ABS.

Для усунення цього недоліку, за наявності в приводі вакуумного підсилювача гальм (ВПГ), була запропонована автоматична система BAS (Brems Assist) або (Brake Assist System).

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Робота та принцип дії автоматичних систем ABS і сформованих на їх базі допоміжних систем ESP, SBC, BAS найбільш повно представлені в публікаціях [1, 2, 3].

Інтенсивність спрацьовування ВПГ в системі BAS залежить від швидкостей руху педалі і поршня підсилювача. Існують системи BAS з використанням електроніки (рис. 1) і механічні (рис. 2).

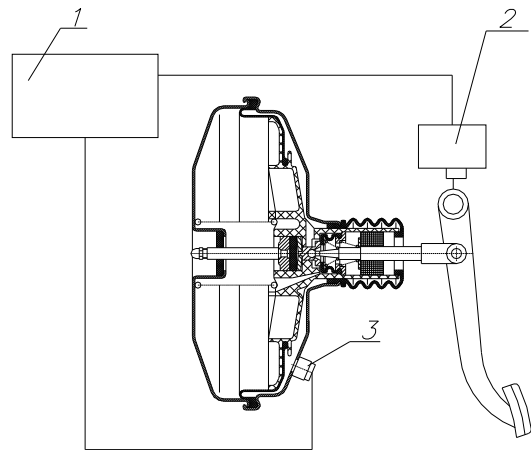


Рис. 1. Схема системи BAS Toyota: 1 – блок управління ABS; 2 – датчик руху педалі; 3 – електромагнітний клапан

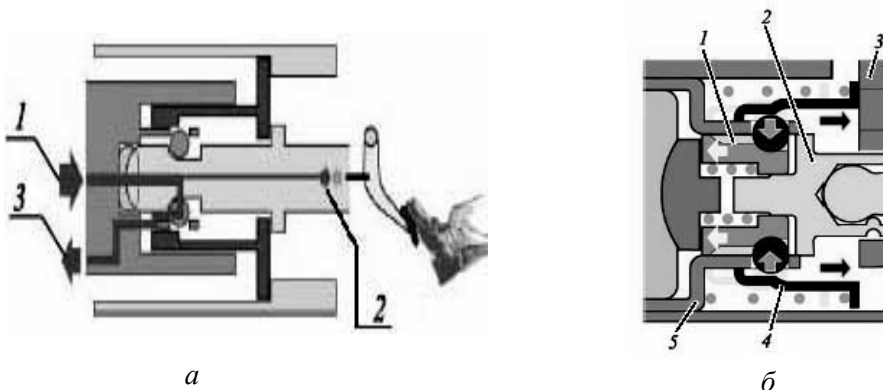


Рис. 2. Механічний варіант BAS ADAM (Advanced Dynamic Air Mechanism):
 а – принцип дії (1 – сила на поршні ВПГ від гідроприводу гальм; 2 – сила на педалі; 3 – керуюча сила на поршні); б – елементи конструкції (1 – втулка; 2 – шток; 3 – обмежувач руху; 4 – обмежувальна підпружинена втулка; 5 – сепаратор)

У разі незначного, але швидкого прикладення зусилля до гальмівної педалі спрацьовує BAS ADAM (рис. 2).

Характеристика спрацьовування BAS залежно від потужності дії гальмівної педалі наведена на рис. 3.

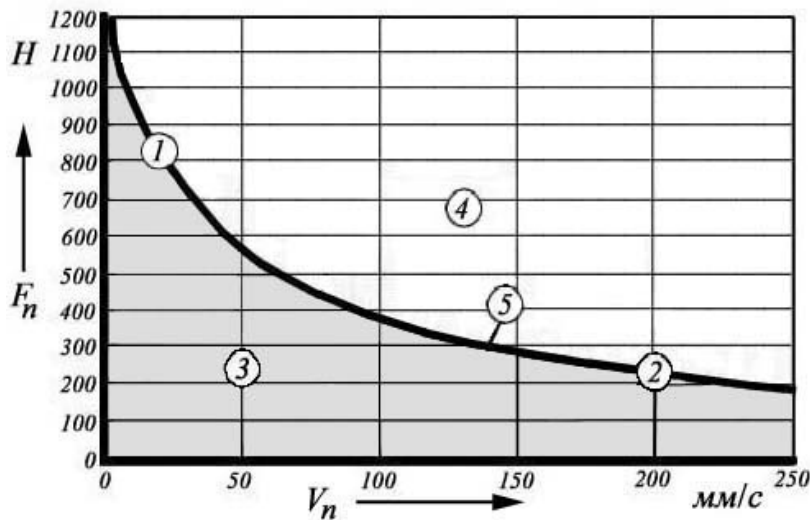


Рис. 3. Характеристика роботи BAS ADAM:

1 – мінімальна швидкість при значному зусиллі; 2 – велика швидкість і мала сила; 3 – зона відсутності роботи BAS; 4 – зона роботи BAS; 5 – межа спрацьовування BAS; F_n – сила на педалі; V_n – швидкість руху педалі

Таким чином, при роботі BAS залежно від швидкості руху гальмівної педалі змінюється величина зусилля ВПГ на його виході, і зростає тиск у гідравлічному гальмовому приводі, відповідно до характеристик, зображених на рис. 4.

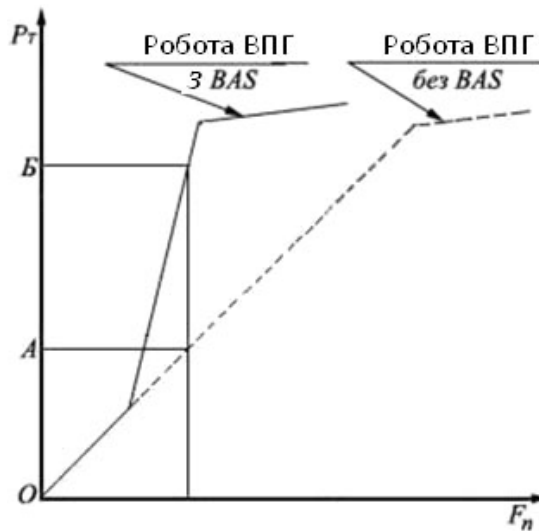


Рис. 4. Характеристика гідравлічного гальмового приводу з BAS:

OA – тиск в приводі при малій швидкості педалі; OB – тиск при збільшеній швидкості; F_n – сила на педалі; P_T – тиск у приводі

Зрозуміло, що при використанні ABS невід'ємною складовою ВПГ є BAS, дозволяюча автоматично підвищувати ефективність ВПГ. Найбільш повно це викладено у праці [4].

Мета статті. Визначити напрямки підвищення безпеки руху автомобілів з використанням наукоємних систем управління.

Виклад основного матеріалу. Для успішного використання BAS необхідно дослідити динамічні характеристики ВПГ.

Робочий процес ВПГ з погляду на газодинамічні процеси являє собою наповнення і спорожнення атмосферної і вакуумної порожнин кризь відповідні клапани (регулюємі дроселі). Газодинамічні процеси, що відбуваються у ВПГ, відображають схеми, наведені на рис. 5.

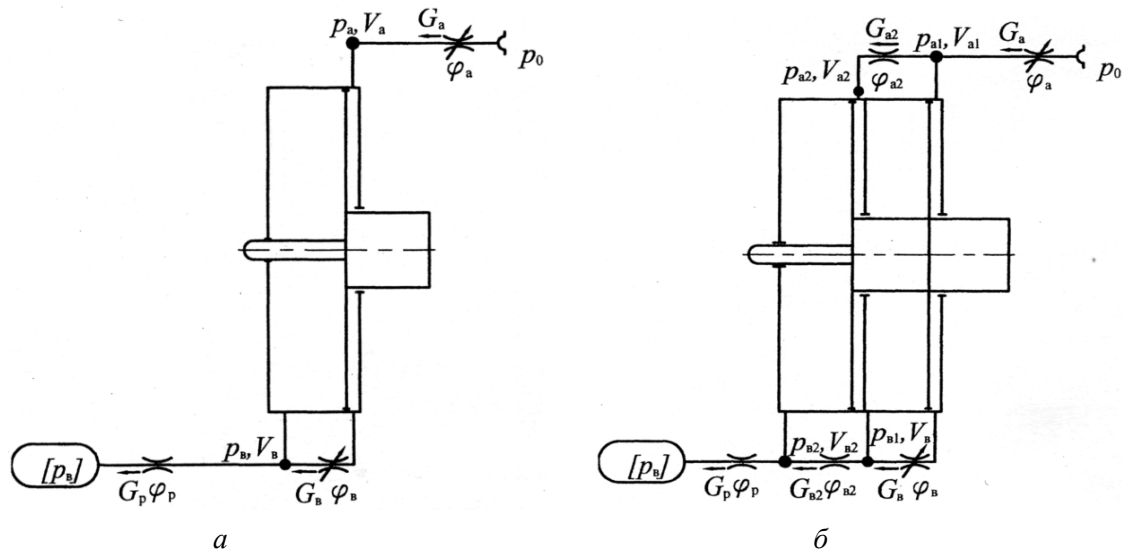


Рис. 5. Газодинамічні схеми ВПГ:
а – з однією атмосферною порожниною; б – з двома порожнинами

Миттєва масова витрата повітря кризь місцевий опір (дросель) має такий вигляд:

$$\left(\frac{dm}{dt}\right)_D = f v_{кр} \frac{p_0}{RT} \varphi(\sigma), \quad (1)$$

де f – площа прохідного перетину дроселя; p_0 – тиск повітря перед дроселем; $v_{кр} = \sqrt{kRT}$ – критична швидкість перетікання повітря (k – показник адиабати); $R = 287,14 \frac{\text{М}^2}{\text{с}^2 \cdot \text{К}}$ – газова стала для повітря; T – абсолютна температура перед дроселем; $\varphi(\sigma)$ – функція витрат кризь дросель.

У цьому випадку має місце рівняння стану повітря в ємності (порожнині) змінного об'єму:

$$kRTdm = kpdV + Vdp, \quad (2)$$

де p – тиск повітря в порожнині; V – змінний об'єм порожнини.

Після перетворень рівняння стану повітря в порожнині змінного об'єму матиме такий вигляд:

$$\frac{V}{kRT} \cdot \frac{dp}{dt} = \left(\frac{dm}{dt}\right)_E - \frac{p}{RT} \cdot \frac{dV}{dt}. \quad (3)$$

Ліва частина рівняння описує стан повітря в порожнині змінного об'єму, тобто його об'єм і тиск. Перший компонент у правій частині рівняння характеризує баланс масових витрат повітря, яке надходить в порожнини та виходить з них. Другий компонент у правій частині рівняння характеризує залежність стану повітря в порожнині від зміни його об'єму.

Баланс масових витрат повітря в порожнині можливо записати у вигляді суми миттєвих масових витрат кризь дроселі:

$$\left(\frac{dm}{dt}\right)_E = \sum_{i=1}^n \left(\frac{dm}{dt}\right)_{Di}, \quad (4)$$

де $\left(\frac{dm}{dt}\right)_{Di}$ – миттєва масова витрата повітря кризь i -й дросель, яке надходить у порожнину або виходить з неї.

Порожнину змінного об'єму у випадку вакуумного підсилювача можливо представити у вигляді циліндричної порожнини із поршнем, що зміщується. В цьому разі швидкість зміни об'єму порожнини відображає залежність:

$$\frac{dV}{dt} = S_n \cdot \dot{X}_n, \quad (5)$$

де S_n – активна площа поршня вакуумного підсилювача; \dot{X}_n – швидкість переміщення поршня вакуумного підсилювача.

Змінний об'єм робочих порожнин вакуумного підсилювача формує їх об'єм у первинному положенні та приріст об'єму для атмосферних порожнин або зменшення об'єму для вакуумних порожнин при переміщенні поршня:

$$V_i = V_{i0} \pm \Delta V_i = V_{i0} \pm S_i \cdot X_n, \quad (6)$$

де V_{i0} – первинний об'єм робочої порожнини i .

У формулі верхній знак слід застосувати для атмосферних порожнин, а нижній – для вакуумних.

З урахуванням залежностей (1) і (2) з рівняння (3) визначимо швидкість зміни тиску в порожнині змінного об'єму:

$$\frac{dp}{dt} = \frac{\left(\frac{dm}{dt}\right)_{D1} - \left(\frac{dm}{dt}\right)_{D2} \mp \frac{p}{RT} S_n \cdot \dot{X}_n}{V_n \pm S_n \cdot X_n} \cdot kRT, \quad (7)$$

де $\left(\frac{dm}{dt}\right)_{D1}$ та $\left(\frac{dm}{dt}\right)_{D2}$ – миттєва масова витрата повітря відповідно на вході і виході порожнини; V_n – первинний об'єм порожнини.

У залежності (7) верхній знак відповідає випадку збільшення об'єму порожнини при позитивній швидкості поршня \dot{X}_n , а нижній знак – випадку зменшення об'єму порожнини.

Відповідно з формули (7) швидкість зміни тиску повітря в атмосферній порожнині p_a однокамерного ВПГ визначає баланс витрати повітря і об'єм атмосферної порожнини:

$$\frac{dp_a}{dt} = \frac{G_a - G_e - \frac{p_a}{RT} S_n \cdot \dot{X}_n}{V_a + S_n \cdot X_n} \cdot kRT, \quad (8)$$

де G_a – миттєві масові витрати повітря в порожнину крізь атмосферний клапан ВПГ; G_e – миттєві масові витрати повітря з атмосферної порожнини крізь вакуумний клапан ВПГ; V_a – первинний об'єм атмосферної порожнини ВПГ.

Висновки

Для успішного використання BAS необхідно дослідити динамічні характеристики ВПГ.

За допомогою запропонованої математичної моделі можливо вибирати параметри ВПГ, а також аналізувати їх вплив на якість спрацьовування ABS при сумісній роботі з BAS.

У подальшому необхідно виконати моделювання динаміки руху робочих елементів ВПГ залежно від газодинамічних процесів запропонованої моделі, а також розробити і виконати імітаційне моделювання роботи ВПГ з оцінюванням впливу на гідравлічний привід гальм з урахуванням автоматизації процесу руху автомобіля при гальмуванні.

Список використаних джерел

1. Автомобиль. Автоматизация управления [Текст] / Н. В. Склярів, В. Н. Склярів, В. П. Волков, Т. В. Волкова. – Донецк : Ландон-XXI, 2015. – 285 с.
2. Coupe Mercedes CLK с новым аварийным тормозом Brems Assistant [Текст] // Автомобилестроение за рубежом. – 1998. – № 1. – С. 8–9.
3. Компактная ABS фирмы ПТТ для малолитражных автомобилей [Текст] // Автомобилестроение за рубежом. – 1999. – № 6. – С. 12–14.
4. Склярів, Н. В. Повышение эффективности вакуумных усилителей тормозных приводов автотранспортных средств [Текст] : дис. ... канд. техн. наук / Н. В. Склярів. – Х., 2006. – 196 с.

Стаття надійшла до редакції 15.06.2015 р.