

УДК 62-59:629.113.001.2

Л. О. Рижих, канд. техн. наук, проф.;
 С. Й. Ломака, канд. техн. наук, проф.;
 Д. М. Леонтьєв, асп.;
 О. М. Красюк, асп.;
 А. А. Чебан, асп.

МОДЕЛЮВАННЯ ДИНАМІЧНОЇ ЗМІНИ ТИСКУ НА ВИХОДІ З РГС НА ОСНОВІ ЙОГО СТАТИЧНОЇ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРИ ЗМІНІ ВЕРТИКАЛЬНИХ НАВАНТАЖЕНЬ НА ОСЯХ ТРАНСПОРТНОГО ЗАСОБУ

Розглянуто особливості впливу зміни динамічного перерозподілу навантажень на осях транспортного засобу на статичну характеристику регуляторів гальмових сил з механічним керуванням і виведено рівняння, що дозволяють моделювати в динаміці роботу апаратів зі слідкувальною дією.

Вступ

В сучасному автомобілебудуванні є розбіжності стосовно доцільності застосування регуляторів гальмових сил з механічним керуванням у порівнянні з антиблокувальною системою, що зайняла активну позицію на світовому ринку щодо безпеки руху в різних дорожніх умовах. Регулятори гальмових сил не витримують натисків антиблокувальних систем (АБС) і втрачають свої позиції на ринку автомобільних компонентів і систем, хоча ніяких експериментальних даних у науково-технічній літературі, які підтверджують або спростовують здатність АБС виконувати функції РГС, найвідоміші виробники гальмових систем WABCO та Knorr-Bremse, не публікують. На користь АБС говорить тільки той факт, що вона не блокує колеса під час гальмування, що позитивно позначається на керуваності, і неодноразово підтверджувалося експериментальними дослідженнями, проведеними різними авторами в усьому світі.

Відносно використання регуляторів гальмових сил з механічним керуванням теж є аргументи, що не дозволяють з упевненістю говорити про їхню ефективність у експлуатації транспортних засобів, оскільки в широкій пресі відсутні експериментальні дані щодо динамічної зміни тиску у гальмових камерах апаратами РГС. Є лише статичні характеристики, що дозволяють оцінити зміну тиску в гальмових камерах зі зміною керувального сигналу від педалі водія через гальмовий кран і різні навантаження, що передаються в статичному стані, на осі транспортного засобу.

Ідея регулювання гальмових сил сама по собі не нова, в її основу покладено оптимальний розподіл гальмових сил між задньою та передньою осями залежно від завантаження транспортного засобу й коефіцієнта зчеплення шини з опорною поверхнею. Механічні регулятори гальмових сил виробників різних країн як вхідну інформацію використовують тільки зміну вертикального навантаження, що діє на осі транспортного засобу [1—3], однак цього не досить для регулювання гальмових сил в широкому діапазоні коефіцієнтів зчеплення. Але вже сьогодні існують розробки апаратів, на базі регуляторів гальмових сил з механічним керуванням [4]. Особливістю таких апаратів є використання як вхідної інформації, крім навантаження, що прикладене до осі транспортного засобу, так і інформації про стан гальмових коліс з датчиків частоти обертання коліс.

Мета досліджень — визначити вплив регуляторів гальмових сил на динаміку зміни тиску у виконавчому органі «гальмовій камері» залежно від переміщення рухомого штока й слідку вального поршня, який має змінну активну площу.

Матеріали й результати моделювання

Принципово регулятори гальмових сил зі змінною активною площею можуть бути розділені на два типи за принципом розміщення діафрагми [5]:

— над слідкувальним поршнем (рис. 1а);

— під слідкувальним поршнем, (рис. 1б).

Умовами рівноваги слідкувального поршня, для першого типу РГС без урахування сил тертя є вираз:

$$P_{вх} S_{эф} = P_{ввых} S_n \tag{1}$$

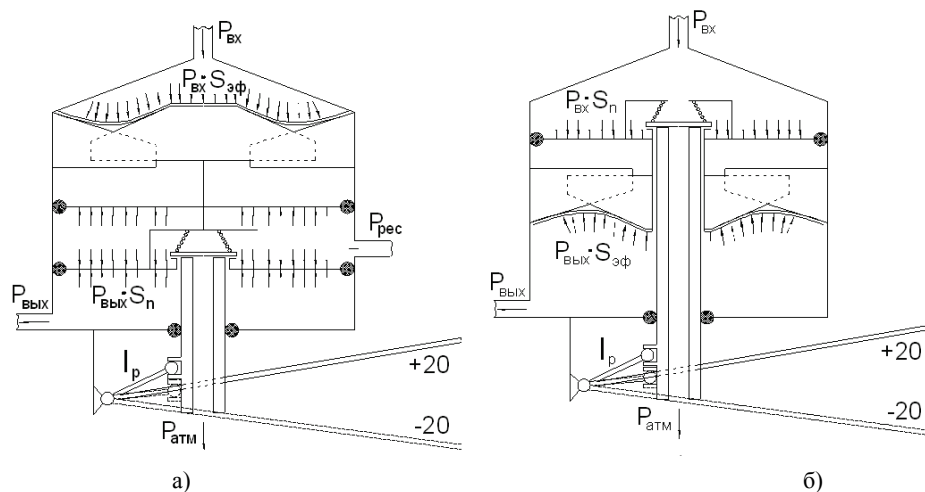


Рис. 1. Схеми регуляторів гальмових сил з керуванням від підвіски:
 а) розташування мембрани над слідкувальним поршнем;
 б) розташування мембрани під слідкувальним поршнем

Умовами рівноваги слідкувального поршня, для другого типу РГС також без урахування сил тертя рівняння (1) набуде вигляду:

$$P_{вх} S_n = P_{ввых} S_{эф}, \tag{2}$$

де $P_{вх}$ й $P_{ввых}$ — відповідно тиск на вході в РГС та на виході з нього; S_n і $S_{эф}$ — площі слідкувального поршня, відповідно, площа поршня, що визначає початкову нечутливість РГС і змінна ефективна площа діафрагми, на яку впливає тиск стисненого повітря.

Досліджуючи динамічні процеси зміни тиску на виході із РГС, необхідно знати закон зміни ефективної площі діафрагми залежно від тиску стисненого повітря на цю площу. На практиці ця зміна може бути лінійна й нелінійна, тому відсутня пряма залежність, що визначає характер зміни цієї площі. Цей факт приводить до спрощень математичних моделей під час проектування й конструювання апаратів РГС з механічним керуванням і не дозволяє моделювати динамічну зміну тиску в приводі на виході із РГС зі зміною динамічних навантажень, що прикладені до осей транспортного засобу.

У результаті пошукових досліджень для опису зміни динамічних процесів, що відбуваються у приводі на виході із РГС, було запропоновано використовувати метод додавання ефективної площі залежно від переміщення рухливого штока з відомою вихідною статичною характеристикою РГС. У результаті були отримані залежності зміни тиску на виході із РГС:

— з мембраною над слідкувальним поршнем:

$$P_{ввых} = P_{ввых}^{ст} + \frac{\pi h P_{вх}}{S_n \sin \alpha} \left(2 \sqrt{\frac{P_{ввых}^{ст} S_n}{P_{вх} \pi}} + 0,5 h c t g \alpha \right); \tag{3}$$

— з мембраною під слідкувальним поршнем:

$$P_{ввых} = \frac{P_{вх} S_n}{\frac{P_{вх} S_n}{P_{ввых}^{ст}} + \frac{\pi h}{\sin \alpha} \left(2 \sqrt{\frac{P_{вх} S_n}{P_{ввых}^{ст} \pi}} + 0,5 h c t g \alpha \right)}, \tag{4}$$

де $P_{ввых}^{ст}$ — вихідний тиск із РГС у статичному стані; h — величина переміщення рухомого штока РГС; α — кут нахилу ребер слідкувального поршня РГС.

У разі установки РГС у задньому контурі автобуса МА3-256 моделювання динамічних процесів наповнення й спорожнювання гальмових камер показало, що за інших рівних геометричних параметрів

регуляторів гальмових сил розташування мембрани відіграє важливу роль. Так, наприклад, регулятори з верхнім розташуванням мембрани мають більшу чутливість до переміщень підвіски, ніж апарати РГС із нижнім розташуванням мембрани (рис. 2), що в цілому позитивно впливає на гальмовні колеса задньої осі (рис. 3а).

Як впливає з рис. 3б, РГС із мембраною під слідкувальним поршнем, за тих самих початкових умов, приводить до блокування коліс через надлишковий динамічний перерозподіл нормальних навантажень на осях автобуса, які викликані перерегулюванням РГС в 0,5 атм (рис. 2).

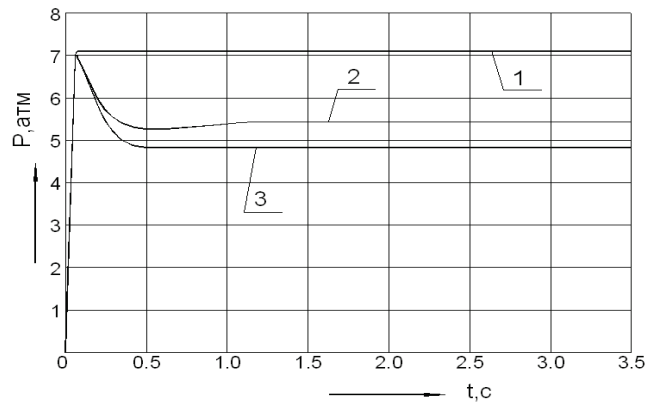


Рис. 2. Моделювання зміни вихідної характеристики РГС із верхнім і нижнім розташуванням мембрани під час гальмування автобуса МАЗ—256 на поверхні з коефіцієнтом зчеплення $\phi_{x\max} = 0,857$, $\phi_{\text{БЛ}} = 0,63$; $S_{\text{кр}} = 20\% : 1$ — тиск на вході в РГС; 2 — тиск на виході із РГС із нижньою мембраною; 3 — тиск на виході з РГС із верхньою мембраною

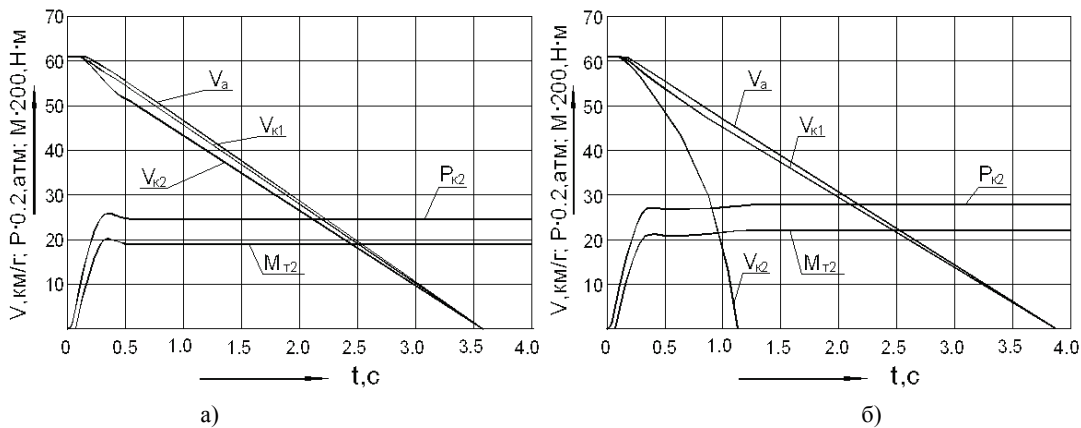


Рис. 3. Моделювання процесу гальмування автобуса МАЗ-256 з установкою РГС у задньому контурі: а) — з мембраною над слідкувальним поршнем; б) — з мембраною під слідкувальним поршнем; V_a — лінійна швидкість руху автобуса; $V_{k1} = \omega_{k1}r_d$ і $V_{k2} = \omega_{k2}r_d$ — відповідно лінійна швидкість обертання коліс передньої й задньої осі; r_d — динамічний радіус коліс ($r_d = 0,39\text{ м}$); P_{k2} — тиск у задніх гальмових камерах; M_{T2} — момент, що розвивається задніми гальмовими механізмами;

Дослідження показали, що своєчасна реакція регулятора гальмових сил на зміни як дорожніх умов, так і вертикального навантаження значно розширює діапазон реалізованих коефіцієнтів зчеплення, чого не скажеш про регулятори гальмових сил, які використовують в якості вхідної інформації тільки зміну вертикального навантаження, що прикладене до осі транспортного засобу. Регулятори гальмових сил з механічним керуванням не здатні регулювати гальмові сили зі зменшенням коефіцієнта зчеплення, оскільки зі зменшенням зчіпних властивостей зменшується частка сили інерції, що негативно позначається на зміні керуального сигналу РГС.

Слід також зазначити, що на процес гальмування транспортного засобу з регулятором гальмових сил, впливає принцип керування регулятором. Так, наприклад, регулятори гальмових сил з електронним керуванням здатні змінювати положення рухливого штока не тільки залежно від переміщення підвіски, але й залежно від стану дорожньої поверхні на якій відбувається гальмування.

Порівнюючи регулятори гальмових сил з механічним й електронним керуванням, можна однозначно говорити про те, що якість процесу гальмування з електронними регуляторами гальмових сил на порядок вища, оскільки вони мають адаптивні властивості й здатні змінювати статичну вихідну характеристику апаратів РГС залежно від дорожніх умов експлуатації. Цей факт позитивно позначається на економії стисненого повітря та підвищує надійність експлуатації транспортних засобів у гірських умовах і на затяжних спусках.

Висновки

Аналіз результатів математичного моделювання показав, що регулятори гальмових сил з механічним керуванням не здатні регулювати гальмові сили в широкому діапазоні коефіцієнтів зчеплення шини з опорною поверхнею.

Розташування мембрани слідку вального поршня відіграє важливу роль, так РГС із мембраною над слідкувальним поршнем має більшу чутливість до переміщення рухливого штока.

Для реалізації ідеї регулювання гальмових сил необхідна установка в гальмовому приводі електронних модуляторів [4] на базі регуляторів гальмових сил з механічним керуванням, здатних виконувати функцію регулювання в будь-яких зчіпних властивостях. Такі модулятори повинні використовувати в якості вхідної інформації як зміну вертикального навантаження, так і зміну кутової швидкості обертання коліс передньої та задньої осей. Такі апарати повинні мати пропорційну дію та управлятися електронним блоком, здатним виконувати завдання регулювання, а у випадку перерегулювання — забезпечити кочення колеса в режимі АБС, що на цьому етапі розвитку гальмових систем може бути реалізоване в електронно-пневматичній гальмовій системі [9].

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Компоненти пневматичних гальмових систем для причепів відповідно до 71/320/EWG : каталог продукції WABCO. — 2-е вид. : Copyright WABCO, 2007. — 168 с.
2. Системи й компоненти транспортних засобів : каталог продукції WABCO. — 2-е вид. : Copyright WABCO, 2003. — 164 с.
3. Information for commercial vehicle products : каталог продукції KNORR-BREMSE : Copyright KNORR-BREMSE, 2004 — 350 с.
4. Пат. 36321 Україна, МПК В60Т 8/36 Пропорційний модулятор електронно-пневматичної гальмівної системи: Пат. 36321 Україна, МПК В60Т 8/36 ; Туренко А. М., Ломака С. Й., Клименко В. І., Рижих Л. О., Тишковець С. В., Чебан А. А., Красюк О. М., Леонтьев Д. М. — № 200805078; Заявл. 21.04.2008; Опубл. 27.10.2008. — 7 с.
5. Удосконалення способів регулювання вихідних параметрів гальмівної системи автотранспортних засобів / [А. М. Туренко, В. А. Богомолов, В. І. Клименко, В. І. Кірчатий, С. Я. Ходирев] — Х. : Видавництво ХНАДУ (ХАДИ), 2002. — 400 с.
6. Дебни Дж. Simulink секреты мастерства / Дж. Дебни, Т. Харман; пер. с англ. М. Л. Симонова. — Москва, 2003 — 397 с.
7. Метлюк Н. Ф. Динамика пневматических и гидравлических приводов автомобилей / Н. Ф. Метлюк, В. П. Автушко. — М. : Машиностроение, 1980. — 231 с.
8. Математическое моделирование динамического процесса наполнения типовых звеньев пневматического привода автотранспортных средств / А. Н. Туренко, В. А. Богомолов, В. И. Клименко, А. В. Крамской // Автошляховик України. — Київ. — 2004. — № 5. — С. 22—25.
9. Сучасні електронно-пневматичні робочі гальмівні системи та їх особливості / Д. М. Леонтьев, Л. О. Рижих, С. Й. Ломака, А. М. Красюк // Автомобильная промышленность. — Росія. — 2009. — № 5. — С. 43—47.

Рекомендована кафедрою автомобілів та транспортного менеджменту

Надійшла до редакції 10.09.09
Рекомендована до друку 20.10.09

Рижих Леонід Олександрович — професор, **Ломака Степан Йосипович** — професор, **Леонтьєв Дмитро Миколайович** — аспірант, **Красюк Олександр Миколайович** — аспірант, **Чебан Андрій Анатолійович** — аспірант.

Кафедра автомобілів, Харківський національний автомобільно-дорожній університет