

**ХАРКІВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АВТОМОБІЛЬНО-ДОРОЖНІЙ
ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

Кирчатий Володимир Іванович

УДК 629.113-59

**ВДОСКОНАЛЕННЯ ПРОЦЕСУ РЕГУлювання
ГАЛЬМІВНИХ СІЛ НА АВТОТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБАХ
КАТЕГОРІЇ М₃**

(Спеціальність 05.22. 02 – Автомобілі та трактори)

**Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук**

Харків - 2001

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в Харківському державному автомобільно-дорожньому технічному університеті Міністерства освіти і науки України.

Науковий керівник: Лауреат державної премії України, кандидат технічних наук, доцент **Богомолов Віктор Олександрович**, Харківський державний автомобільно-дорожній технічний університет, професор кафедри автомобілів.

Офіційні опоненти: Доктор технічних наук, професор **Крайник Любомир Васильович**, Український інститут автобусо - тролейбусо – будування, голова правління ВАТ Укравтобуспром, м. Львів,

Кандидат технічних наук **Смірнов Володимир Іванович**, АТ "Харківський тракторний завод", заступник головного конструктора.

Провідна установа: Інститут машин та систем НАН України, м. Харків,

Захист відбудеться «21 березня 2001 р. о 12⁰⁰ годині на засіданні спеціалізованої вченової ради Д64. 059.02 при Харківському державному автомобільно-дорожньому технічному університеті за адресою: 61002, м. Харків, вул. Петровського, 25.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Харківського державного автомобільно-дорожнього технічного університету за адресою: 61002, м. Харків, вул. Петровського, 25.

Автореферат розісланий «20 лютого 2001 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченової ради,
доктор технічних наук, професор

Юрченко А. М.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Вступ. Збільшення середніх і максимальних швидкостей руху автотранспортних засобів (АТЗ) визначає дві основні проблеми, що стосуються їхньої активної безпеки:

- підвищення ефективності і якості процесу гальмування;
- зменшення часу, необхідного водію для прийняття найбільш раціонального рішення.

В цих умовах все більшу увагу потрібно приділяти автоматизації процесу гальмування.

Одним з найбільш ефективних приладів, що забезпечують цю автоматизацію, є регулятор гальмівних сил (РГС).

Актуальність теми. Україна є найбільшим виробником і постачальником в СНД міських і приміських автобусів категорії M_3 .

В відповідності з існуючими міжнародними нормативами автобус неможливо експортувати, якщо у нього не виконуються вимоги Додатку 10 Правил № 13 ЄЕК ООН, що стосуються розподілу гальмівних сил по осям АТЗ.

Означені вимоги можуть бути виконані за допомогою РГС.

Настанова РГС з так званою променевою характеристикою, наприклад, західногерманських фірм KNORR BREMSE, Wabco Westinghouse та ін., часто необґрунтовано підвищують ціну міського автобуса.

Тому створення конструкції РГС, що з одного боку буде значно простіше існуючих аналогів, а значить і надійніше, з іншої в декілька разів дешевше, засвоєння цієї конструкції українськими виробниками і впровадження її в гальмівну систему українських автобусів для України є актуальною задачею.

З'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Робота виконувалася в відповідності з Постановою кабінету міністрів України №39 від 26 січня 1994 р. «Про організацію виробництва міських автобусів великої місткості»; Постановою Національної Ради з питань безпечної життєдіяльності населення № 3 від 25 грудня 1997 р. «Про відповідність вимогам охорони праці машин транспортних засобів, обладнання, які виготовляються в Україні», а також з планами НДР кафедри автомобілів ХДАДТУ по проблемі «Безпека дорожнього руху» комплексної теми «Системне проектування та конструювання транспортних засобів, які забезпечують необхідну активну безпеку дорожнього руху».

Мета і задачі дослідження. Метою наукової роботи є підвищення активної безпеки АТЗ категорії M_3 шляхом настанови вдосконалена регулятора гальмівних сил з характеристикою компенсатора тиску.

В відповідності з поставленою метою в роботі необхідно вирішити наступні задачі: для АТЗ категорії M_3 розробити критерії можливості застосування різноманітних засобів регулювання гальмівних сил; розробити критерії

застосовності на АТЗ категорії M_3 РГС з характеристикою компенсатора тиску, розробити методику синтезу найбільш раціональної вихідної характеристики таких РГС; розробити конструкції РГС з характеристикою компенсатора тиску, розробити методику проектування таких РГС; провести експериментальні дослідження, підтверджуючі доцільність застосування РГС з характеристикою компенсатора тиску на АТЗ категорії M_3 .

Об'єктом дослідження є процес гальмування автотранспортного засобу категорії M_3 з регулятором гальмівних сил, проблема підвищення його ефективності і діездатності.

Предметом дослідження є раціональна характеристика регулятора гальмівних сил автотранспортного засобу категорії M_3 .

Методи дослідження. В процесі аналізу робіт попередніх авторів використовувався історичний засіб; при створенні схеми і конструкції РГС засіб абстрагування; при математичному моделюванні – аналітичні засоби, в процесі експериментальних досліджень – експериментальні засоби.

Наукова новизна одержаних результатів полягає в тому, що вперше розроблені теоретичні основи застосування на транспортних засобах категорії M_3 регуляторів гальмівних сил з характеристикою компенсатора тиску; розроблені теоретичні основи застосовності нових засобів регулювання гальмівних сил на АТЗ категорії M_3 ; розроблена теорія синтезу найбільш раціональної вихідний характеристики РГС для АТЗ категорії M_3 ; вдосконалені теоретичні основи розрахунку величини гальмівного шляху АТЗ.

Практичне значення одержаних результатів. Основні наукові положення, розробки і рекомендації використані: в навчальному процесі підготовки інженерів-механіків і інженерів-конструкторів за спеціальностями 7.090215 «Автомобілі і автомобільне господарство», 7.090211 «Колесні і гусеничні транспортні засоби». Конструкція РГС з характеристикою компенсатора тиску прийнята до впровадження в серійне виробництво на Вовчанському агрегатному заводі (м. Вовчанськ, Харківська обл.); в конструкцію гальмівної системи міського автобуса виробництва авторемонтного заводу № 126 (м. Харків).

Особистий внесок здобувача. Автору належать: методика проектування РГС для пневматичного гальмівного приводу (ППП), з характеристикою компенсатора тиску; методика синтезу вихідних характеристик РГС для двовісного АТЗ категорії M_3 ; результати експериментальних досліджень гальмівної системи міського автобуса з РГС, що має характеристику компенсатора тиску.

Апробація результатів дисертації. Основні положення дисертації і робота в цілому доповідалися і отримали позитивну оцінку на: XXX міжнародній науково-технічній конференції «Безпека конструкції автотранспортних засобів» (м. Дмитров, Московська обл., 2000 р.); 7-й міжнародній конференції «Технологія ремонту машин, механізмів і обладнання» (м. Алушта, 1999 р.); 64 науково-технічній та

науково-методичній сесії ХДАДТУ (м. Харків, 2000 р.); засіданні наукової ради Українського інституту автобусо-тролейбусобудування (м. Львів, 2000 р.).

Публікації. Основні положення дисертаційної роботи опубліковані в 2 монографіях, 3 друкованих роботах в спеціалізованих журналах ВАК України.

Структура та обсяг роботи. Дисертація складається з вступу, чотирьох розділів та трьох додатків. В роботі 216 сторінок, в тому числі: 72 малюнка на 46,5 сторінках, 5 таблиць на 3,5 сторінках, додатків на 27 сторінках, список використаних джерел з 147 найменувань на 14 сторінках.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ

У вступі обґрунтована актуальність теми дисертаційної роботи, визначена наукова новизна, практичне значення, викладені основні положення, що виносяться на захист.

В першому розділі «Стан питання і задачі дослідження» проведено аналіз робіт, присвячених регулюванню гальмівних сил АТЗ. Цим питанням займалися такі дослідники, як: Автушко В. П., Акопян Р. А., Білецький Ю. Б., Бендас І. М., Богдан Н. В., Борисов Л. Л., Бриков А. С., Бухарін Н. А., Великанов А. А., Высоцький М. С., Гаспарянц Г. А., Генбом Б. Б., Годун І. І., Гредескул А. Б., Григорян В. Г., Гуревич Л. В., Дем'янюк В. А., Дронін М. Й., Жестков В. А., Ілларіонов В. А., Кожевников В. І., Косолапов Г. Н., Литвинов А. С., Ломака С. Й., Мащенко А. Ф., Метлюк Н. Ф., Меламуд Р. А., Мордашов А. Ф., Нагорняк С. Г., Осепчугов Є. В., Подригало М. А., Розанов В. Г., Русаковський А. Е., Сидоров Е. Н., Скутнев В. М., Старинський А. Д., Туренко А. М., Фалькевич Б. С., Фаробін Я. Е., Федосов А. С., Феофанов Ю. А., Фрумкін А. К., Хітін В. А., Чудаков Е. А., Blase H. Gatt M., Gory G., Granel I., Hähnach A., Heiko M., Johnsson C. E. та ін.

Як правило, в дослідженнях приймається так звана плоска модель розподілу гальмівних сил по осям АТЗ.

Практика проектування гальмівних систем автомобіля показує, що ідеальний закон розподілу гальмівних сил в реальних гальмівних системах вдається реалізувати далеко не завжди.

Крім того, для вантаженого і порожнього АТЗ ідеальні криві значно розминаються, що в свою чергу ще більше ускладнює задачу їх апроксимації. Саме цими обставинами викликана поява в сучасних конструкціях гальмівних систем АТЗ РГС.

Існують різні критерії необхідності застосування РГС. В теперішній час найбільш перспективним необхідно вважати критерій – виконання АТЗ міжнародних вимог Додатку 10 Правил № 13 ЄСК ООН.

Найбільший розвиток такий підхід отримав в роботах проф. Туренко А. М. Ним запропонована комплексна методика, що вперше дозволяє водночас відповісти

на такі питання, як: 1) потрібний або не потрібний РГС конкретному АТЗ для виконання вимог означеніх Правил; 2) в яких випадках можна обйтися без РГС; 3) яким повинен бути найбільш раціональний розподіл гальмівних сил з точки зору виконання Правил № 13.

Разом з цим запропонована методика не дає відповіді на інші дуже важливі питання, зокрема: 1) якщо РГС потрібний, то скільки їх потрібно застосовувати на АТЗ. Особливо це стосується з'єднаних трьохвісних АТЗ категорії M_3 ; 2) яка вихідна характеристика РГС найбільш доцільна для АТЗ, що проектується. Синтез цієї характеристики.

Як бачимо, дослідження в цьому напрямленні вимагають подальшого розвитку.

Можливі засоби регулювання гальмівних сил в роботі отримані з аналізу формул для визначення величини гальмівного моменту на осі АТЗ:

$$M_{Ti} = n_i \cdot (P_d - \Delta P_d) \cdot \eta \cdot i \cdot A \cdot \sum F_a, \quad (1)$$

де n_i – кількість гальмівних механізмів на i -тій осі; P_d – приводний тиск в пневмокамері; ΔP_d – початкова невідчутність гальма до приводного тиску; η - к. к. д. механізму розтиску; i - передавальне відношення механізму розтиску; A - трибогеометричний коефіцієнт; $\sum F_a$ - сумарна активна площа пневмокамер.

В результаті аналізу (1) робляться наступні висновки.

З точки зору ефективності процесу регулювання гальмівних сил найбільш перспективними засобами здійснення цього процесу, окрім зміни величини приводного тиску, є: 1) зміна кількості гальмівних механізмів, що найбільш доцільно на вантажних АТЗ, в конструкції яких є підйомний задній міст, при русі в порожньому стані; 2) зміна активної площині робітничого гальмівного циліндра. Принципова схема такого регулювання показана на рис. 1; 3) зміна схеми виконання гальмівного механізму.

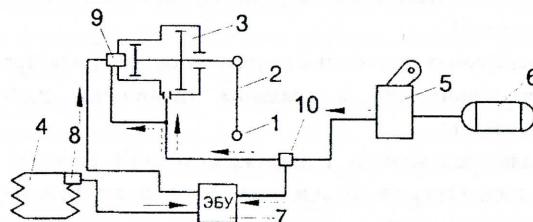


Рис. 1 Принципова схема гальмівної системи з диференціальним приводним пневмопоршнем

Для аналізу останнього в роботі розглядаються існуючі статичні моделі барабанних гальмівних механізмів.

Цими питаннями займалися такі учені, як: Білецький Ю. Б., Богомолов В. А., Генбом Б. Б., Гольд Б. В., Гинцбург Л. Л., Грідескул А. Б., Лепешко І. І., Маміті Г. І., Машатин В.І., Машченко А. Ф., Пижевич Л. М., Туренко А. М., Фаробін Я. Е., Федосов А. С., Чудаков Е. А., Яницький Л. Г., Bochman I., Goran G., Kourik I., Millner N. та ін.

З аналізу робіт цих досліджень можна зробити висновок про те, що для плаваючої колодки трибогеометричний коефіцієнт в (1) найбільш доцільно визначати по формулі:

$$A_{1,2} = \frac{\mu r_y (a+c)}{\cos \alpha_{1,2} (a \pm \mu W) \mp \sin \alpha_{1,2} (\mu a - W) \mp \mu r_y} \quad (2)$$

де a, c, W – геометричні параметри, визначені на рис. 2; 1, 2 - індекси відповідно для притискої та відтискої колодок; α - кут між результуючою від нормальній реакції барабана на накладки $N_{1,2}$ і віссю Y рис. 2;

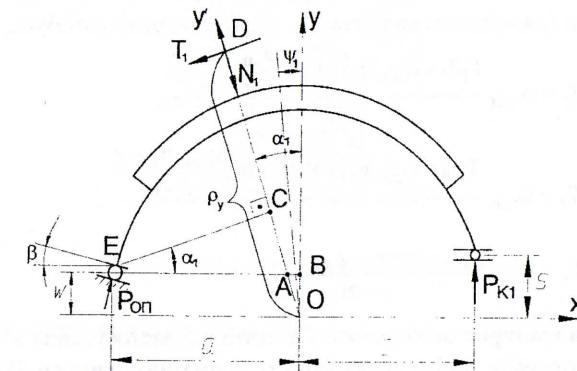


Рис. 2 Статична модель плаваючої притискої колодки

З аналізу ідеальних кривих розподілу гальмівних сил у АТЗ категорії M_3 робиться висновок про те, що на таких АТЗ з пневмоприводом можливо застосування РГС з характеристикою компенсатора тиску.

Запропоновано методику розрахунку передавального відношення і ККД механізму розтиску з "Z"-подібним кулаком.

На підставі даних виконаного аналізу сформульовано мету і задачі дисертаційної роботи.

В другому розділі «Синтез закону розподілу гальмівних сил по осям автотранспортного засобу» відзначається, що найбільш розповсюдженими схемами компоновки АТЗ категорії M_3 є двовісний і трьохвісний з'єднаний автобуси.

Питаннями розподілу гальмівних сил у таких транспортних засобах займалися дослідники: Бендас І. М., Богдан Н. В., Борисов Л. Л., Бриков А. С., Высоцький М.

С., Генбом Б. Б., Годун І. І., Гредескул А. Б., Дем'янюк В. А., Ілларионов В. А., Кожевников В. І., Литвинов А. С., Машенко А. Ф., Осепчугов Є. В., Подригало М. А., Розанов В. Г., Скутнев В. М., Туренко А. М., Фалькевич Б. С., Фаробін Я. Е., Федосов А. С., Чудаков Е. А. та ін.

На підставі аналізу цих досліджень в роботі прийнята так звана «плоска» модель розподілу гальмівних сил.

Для двовісного АТЗ відомо, що:

$$T_1 = \varphi_1 P \frac{b + h \frac{j}{g}}{E}, \quad T_2 = \varphi_2 P \frac{a - h \frac{j}{g}}{E}. \quad (3)$$

де T_1, T_2 – гальмівні сили для передньої і задньої осей AT3; a, b – відстань від центру мас до передньої і задньої осей; P – вага AT3; h – висота центру мас; E – база; j – уповільнення; $g=9.8 \text{ m/s}^2$.

Для трьохвісного з'єднаного АТЗ в роботі запропонована модель розподілу нормальних реакцій і гальмівних сил (див. (4), (5), (6)) по осям автобуса.

$$T_1 = \varphi_{\max} \frac{P_1(b + \varphi_{\max} h_1) - P_2 m \frac{\varphi_{\max} h_2 - d}{c - m}}{L}, \quad (4)$$

$$T_2 = \varphi_{\max} \frac{P_1(a - \varphi_{\max} h_1) + P_2(L + m) \frac{\varphi_{\max} h_2 - d}{c - m}}{I}, \quad (5)$$

$$T_3 = \varPhi_{\max} P_2 \frac{c - m + d - \varPhi_{\max} h_2}{c - m}. \quad (6)$$

Для розробки критеріїв необхідності і достатності застосування РГС з тієї або іншою характеристикою в роботі пропонується нормативні вимоги Правил № 13 перестроювати в координатах: $M_{T2} = f(M_{T1})$.

Для двовісного АТЗ це буде мати вигляд системи рівнянь:

$$\left\{ \begin{array}{l} M_{T2} < \left(P_2 - z \frac{h}{E} P \right) \cdot z \cdot r_d \Big|_{z=0,15}^{0,3}; \\ M_{T2} > \left[P \cdot z - \left(P_1 + z \frac{h}{E} P \right) \cdot (z + 0,08) \right] \cdot r_d \Big|_{0,15}^{0,3}; \\ M_{T2} > \left(P_2 - z \frac{h}{E} P \right) \cdot (z - 0,08) \cdot r_d \Big|_{0,15}^{0,3}; \\ M_{T2} < \left(P_2 - z \frac{h}{E} P \right) \cdot (z - 0,02) \cdot 1,35 \cdot r_d \Big|_{0,3}^{0,61}. \end{array} \right. \quad (7)$$

I додаткового рівняння:

$$M_{T1} = P \cdot z \cdot r_3 - M_{T2}, \quad (8)$$

Графічно ці вирази показані на рис. 3.

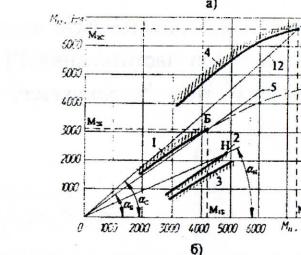
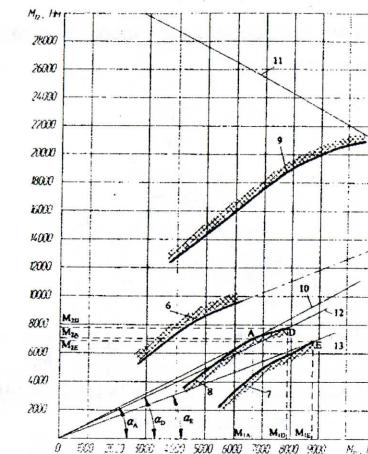


Рис. 3 Границні криві для АТЗ категорії М₃

З аналізу рис. 3 отримано наступні критерії:

Якщо:

$$\operatorname{tg} \alpha_B > \operatorname{tg} \alpha_A, \quad (9)$$

тоді АТЗ може задовольняти вимогам Додатку 10 Правил № 13 ЄСК ООН без РГС.

Якщо граничні криві розташуються подібно тому, як це показано на рис. 4.

Тобто:

$$\operatorname{tg} \alpha_B < \operatorname{tg} \alpha_A \quad \text{и} \quad M_{2B} > M_{2A}, \quad (10)$$

тоді в цьому випадку вистачить застосування РГС програмної дії, характеристика якого показана вигляді прямих 14, рис. 4.

Якщо у АТЗ виконується умова

$$\frac{a_r}{2h_r} \leq 0,9z_{\text{yest}}, \quad (11)$$

де «Г» – індекс, відповідний вантаженому АТЗ; $z_{\text{уст}} = \frac{j_{\text{уст}}}{g}$; $j_{\text{уст}}$ – нормативне

увовільнення АТЗ, то на такому транспортному засобі доцільно застосовувати РГС з характеристикою обмежувального типу.

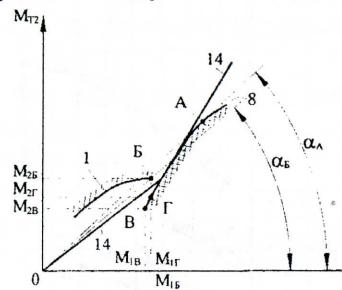


Рис. 4 Статична характеристика регулятора гальмівних сил програмної дії

І нарешті, якщо проектований транспортний засіб не задоволяє жодному з розглянутих вище критеріїв, питання про застосування РГС з характеристикою компенсатора тиску або променевого типу вирішується, виходячи з графіків, наведених на рис. 5.

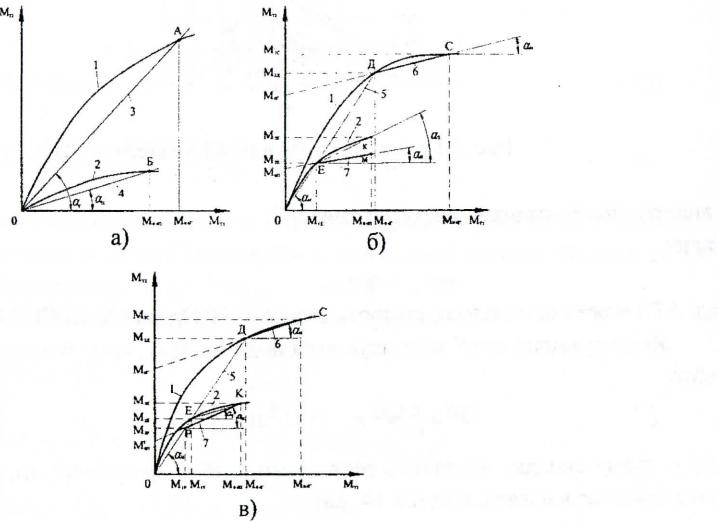


Рис. 5 Апроксимація кривих ідеального розподілу гальмівних моментів по осям АТЗ

З цією метою вводиться поняття узагальненого показника якості апроксимації ідеальних кривих:

- для РГС променевого типу

$$\Pi_{\text{КЛ}} = \Pi_{\text{КГЛ}} + 0,5\Pi_{\text{КПЛ}}, \quad (12)$$

$$\Pi_{\text{КГЛ}} = \frac{\int_{0}^{M_{0,6\Gamma}} \operatorname{tg}\alpha_{\Gamma} M_{T1} dM_{T1}}{\int_{0}^{M_{0,6\Gamma}} f(M_{1\Gamma}) dM_{T1}}, \quad (13)$$

$$\Pi_{\text{КПЛ}} = \frac{\int_{0}^{M_{0,6\Pi}} \operatorname{tg}\alpha_{\Pi} M_{T1} dM_{T1}}{\int_{0}^{M_{0,6\Pi}} f(M_{1\Pi}) dM_{T1}}, \quad (14)$$

де Γ, Π – індекси, відповідні вантаженому і порожньому станам АТЗ; $f(M_{1\Gamma})$, $f(M_{1\Pi})$ – функції ідеального розподілу гальмівних моментів по осі АТЗ;

- для РГС з характеристикою компенсатора тиску

$$\Pi_{\text{КИ}} = \Pi_{\text{КГИ}} + 0,5\Pi_{\text{КПИ}}, \quad (15)$$

$$\Pi_{\text{КГИ}} = \frac{\int_{0}^{M_{0,4\Gamma}} \operatorname{tg}\alpha_H M_{T1} dM_{T1} + \int_{0}^{M_{0,6\Gamma}} (M_{0,\Gamma} + \operatorname{tg}\alpha_H \cdot M_{T1}) dM_{T1}}{\int_{0}^{M_{0,6\Gamma}} f(M_{1\Gamma}) dM_{T1}}, \quad (16)$$

$$\Pi_{\text{КПИ}} = \frac{\int_{0}^{M_{1E}} \operatorname{tg}\alpha_H M_{T1} dM_{T1} + \int_{0}^{M_{0,6\Pi}} (M_{0,\Pi} + \operatorname{tg}\alpha_H \cdot M_{T1}) dM_{T1}}{\int_{0}^{M_{0,6\Pi}} f(M_{1\Pi}) dM_{T1}}. \quad (17)$$

Таким чином, якщо виконується нерівність: $\Pi_{\text{КЛ}} > \Pi_{\text{КИ}}$, то доцільно застосовувати РГС з характеристикою променевого типу. Якщо: $\Pi_{\text{КИ}} \geq \Pi_{\text{КЛ}}$, тоді РГС з характеристикою компенсатора тиску.

Відповідності з запропонованою методикою в роботі проаналізовані 12 моделей транспортних засобів категорії M_3 , які виробляються в країнах СНД. З розрахунків слідує, що з 12 автобусів на 10-ти доцільно застосовувати РГС з характеристикою компенсатора тиску. Лише тільки на одному ЛіАЗ-677М краще використати РГС променевого типу. На автобусі ЛіАЗ-5256 регулятор з характеристикою компенсатора тиску застосовуватися може, оскільки величина $\Pi_{\text{КЛ}}$ лише на 6% більше $\Pi_{\text{КИ}}$. Простота конструкції такого РГС робить його застосування більш прийнятним і в цьому випадку.

Діаграму відповідності з'єднаним автобусом вимог Додатку 10, як виявилося, зручніше всього будувати в координатах $K_i = f(P_d)$, де K_i – коефіцієнт ефективності гальмівної сили і-тої осі АТЗ; P_d – приводний тиск.

Для трьохвісного з'єднаного АТЗ категорії M_3 запропоновано систему відповідних нерівностей. По цим рівнянням також будеться діаграма, з якої можна

визначити, на який осі (осях) АТЗ необхідно встановлювати РГС, а де можна обйтися і без нього. При цьому вимоги Правил № 13 СЕК ООН будуть гарантовано виконуватися.

Вибір необхідної ефективності гальмівних механізмів АТЗ пропонується здійснювати з діаграмами рис. 3а, з використанням виразу:

$$T_i = n_i K_i \left(P_{di} - \Delta P_{di} - \frac{\Delta P_{d2i}}{\eta_i} \right), \quad (18)$$

Синтез статичної характеристики РГС найбільш зручно здійснювати в координатах:

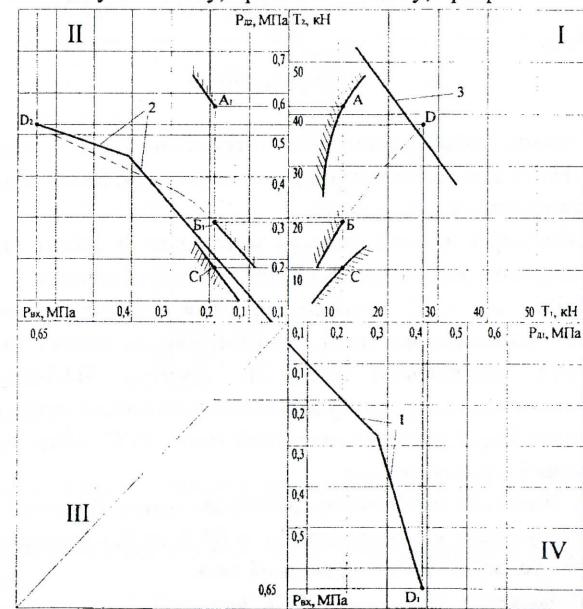
$$(P_{di} - \Delta P_{di} - \frac{\Delta P_{d2i}}{\eta_i}) = f(z). \quad (19)$$

В роботі приводиться методика здійснення такого синтезу.

На рис. 6 представлена діаграма синтезу вихідної характеристики переднього і заднього РГС з характеристикою компенсатора тиску у двовісного автобуса категорії M₃.

В результаті проведеного аналізу по розділу робляться основні висновки:

- на транспортних засобах категорії M₃ найбільш прийнятним є застосування РГС з характеристикою компенсатора тиску;
- розроблені критерії, що визначають можливість застосування РГС з характеристиками обмежувача тиску, променевого типу, програмної чинності.



В роботах школи Білоруської політехнічної академії пропонується диференціальне рівняння перехідного процесу ДС-ланки з постійною ємністю при її наповненні записувати виглядом:

$$\frac{dP_1}{dt} = \frac{k \cdot \mu \cdot f \cdot V_{kp} \cdot P_0}{V} A \frac{P_0 - P_1}{BP_0 - P_1}, \quad (20)$$

де P_1 – тиск, що змінюється в ємності, яка заповнюється; P_0 – тиск перед дроселем; $k=1.4$ – показник адіабати; μ – коефіцієнт витрати; f – площа поперечного перетину каналу дроселя; $V=\text{const}$ – обсяг ємності; $A=0.654$, $B=1.13$ – коефіцієнти, визначені експериментально; V_{kp} – критична швидкість струмини.

Рішення рівняння (20) для випадку стрибкоподібної зміни тиску на вході ланки до величини $P_0 = \text{const}$, при миттевому відкритті каналу, має вигляд:

$$t = \frac{V}{k \cdot \mu \cdot f \cdot V_{kp} \cdot A} \left[\left(\frac{P_1}{P_0} - \frac{P_{1\text{нач}}}{P_0} \right) + (B-1) \ln \left(\frac{P_0 - P_1}{P_0 - P_{1\text{нач}}} \right) \right]. \quad (21)$$

З (21) легко отримати критерій:

$$t = 0,003 \frac{V_{np}}{(\mu f)_3} \leq [t_n], \quad (22)$$

де V_{np} – наведений обсяг, що заповнюється; $(\mu f)_3$ – наведений коефіцієнт витрати; $[t_n]$ – нормований час наповнення пневмопривода АТЗ.

Розроблені статичні моделі РГС (див., наприклад мал. 8, 9) дозволяють вибирати їхні геометричні параметри з урахуванням гистерезису.

На мал. 9 показана розрахункова вихідна характеристика РГС, що виконує функцію прискорюючого клапана, як під час загальмовування, так і при розгальмовуванні.

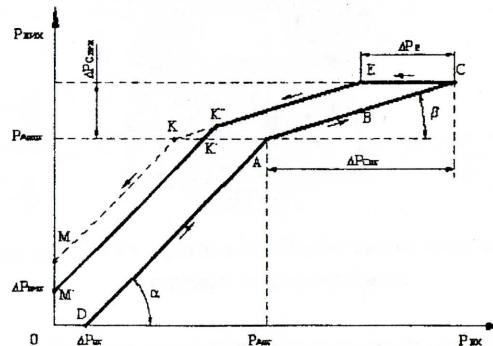


Рис. 9 Статична характеристика РГС, що виконує функцію прискорюючого клапана.

Виявилось, що у РГС по рис. 9 при розгальмовуванні може мати місце остаточний тиск:

$$\Delta P_{\text{вых}} = \frac{4 \cdot F'_{\text{tp2}}}{\pi(D_2^2 - D_1^2)}, \quad (23)$$

де F'_{tp2} – тертя в ущільненні поршня 2 рис. 8, неприпустиме з точки зору дієздатності гальмівної системи.

Для усунення цього недоліку можна рекомендувати наступні заходи: знижувати силу тертя F'_{tp2} ; збільшувати діаметр D_2 і зменшувати діаметр D_1 (рис. 8); під поршень 2 рис. 8 встановлювати пружину, попередній тиск якої задовільняє нерівності: $P_{\text{пр доп}} \geq F'_{\text{tp2}}$.

Вдосконалена методика розрахунку гальмівного шляху АТЗ, графічне подання якої показане на рис. 10.

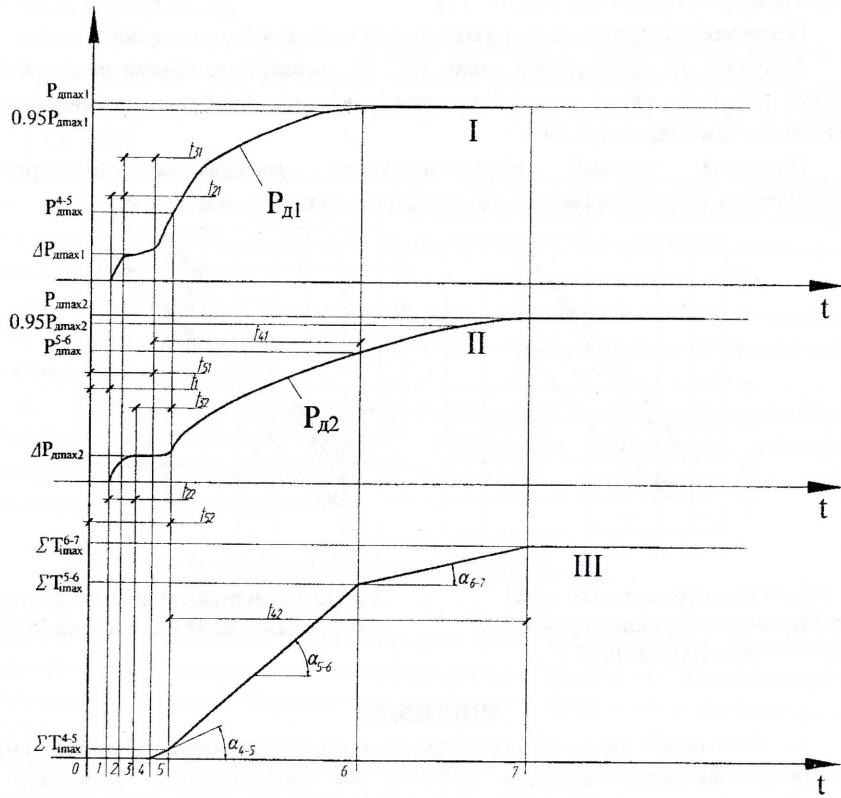


Рис. 10 Діаграма розрахунку гальмівного шляху АТЗ

Запропонована методика полягає в наступному:

- будується графіки зростання тиску в пневмокамерах контурів АТЗ;

Криві зростання тиску в пневмокамерах контурів АТЗ розбиваються на характерні частки, наприклад, як це зроблено на мал. 10;

- припускаємо, що на кожній з цих часток гальмівна сила, як функція часу, підкоряється лінійному закону;

- розраховуємо гальмівний шлях, пройдений АТЗ на кожній з цих часток;

- визначаємо сумарний гальмівний шлях:

$$S_T = \sum_{i=1}^7 S_i \quad (24)$$

В четвертому розділі «Експериментальні дослідження», розроблено конструкції РГС з характеристиками компенсаторів тиску. Проведено їх лабораторні і дорожні випробування (див. рис. 11, 12)

Підтверджена справедливість розробленої методики їхнього проектування.

Доведено, що застосування таких РГС на двовісних автобусах категорії M₃ помітно покращує якість розподілу гальмівних сил. Особливо це помітно з зменшенням завантаженості АТЗ.

Проведені дорожні експериментальні дослідження підтвердили справедливість розробленої методики розрахунку гальмівного шляху АТЗ.

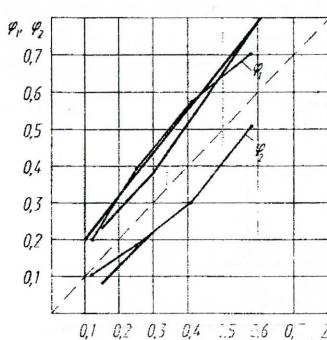


Рис.11 Експериментальні криві реалізувемого зчеплення порожнього автобуса без РГС

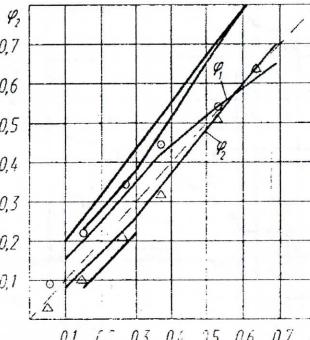


Рис.12 Криві реалізуемого зчеплення порожнього автобуса с двома РГС

ВИСНОВКИ

1. В нинішній час на АТЗ категорії M₃ в якості регулятора гальмівних сил в переважній більшості випадків (80...90 %) застосовується регулятор з характеристикою променевого типу.

2. На автобусах категорії M₃ з пневмоприводом найбільш доцільно (80...85% якісного складу АТЗ) застосовувати РГС з характеристикою компенсатора

тиску, який дозволяє підвищити точність апроксимації кривих ідеального розподілу гальмівних сил на 5...10%.

3. З точки зору ефективності процесу регулювання гальмівних сил (можливість зміни їхнього співвідношення по осях АТЗ не менше, ніж на 40...50 %) найбільш перспективними засобами здійснення цього процесу, окрім зміни величини приводного тиску, є: зміна кількості гальмівних механізмів; зміна активної площин діючого гальмівного циліндра; зміна схеми виконання гальмівного механізму. Запропоновані критерії застосовності цих засобів.

4. Запропонована методика оцінки необхідності настанови РГС і вибору його найбільш доцільної вихідної характеристики для двовісних АТЗ категорії M₃ дозволяє додатково визначити: в яких випадках достатньо застосування програмного РГС без зв'язку з підвіскою; скільки (1 або 2) РГС потрібно застосовувати на АТЗ; якщо достатньо одного РГС, то в якому контурі його необхідно встановлювати.

5. Запропонована методика вибору необхідної ефективності гальмівних механізмів у АТЗ категорії M₃ вперше дозволяє здійснювати цей процес як з точки зору забезпечення ефективності гальмування, так і відповідності Додатку 10 Правил № 13 ЄЕК ООН.

6. Запропонована методика оцінки нормативної величини гальмівного шляху АТЗ з пневмоприводом дозволяє врахувати реальні газодинамічні процеси, що відбуваються в ньому, що дозволяє збільшити точність розрахунків нормативної ефективності на 5...10%.

7. Встановлення РГС з характеристикою компенсатора тиску в гальмівний контур кожного моста двовісного автобуса категорії M₃ покращує якість розподілу гальмівних сил на 30...35 %.

8. Проведені експериментальні дослідження підтверджують справедливість розроблених математичних моделей. Погрішність розрахунків статичної характеристики РГС складає 8...10 %, гальмівного шляху 6...10 %, кривих реалізувемого зчеплення 8...12 %.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ

1. Туренко А.Н., Богомолов В.А., Клименко В.И., Кирчать В.И. Повышение эффективности торможения автотранспортных средств с пневматическим тормозным приводом. – Харьков: Изд-во ХГАДТУ, 2000. – 472 с. (личный вклад 25 %).
2. Подригало М.А., Волков В.П., Кирчать В.И. Устойчивость колесных машин при торможении. – Харьков: Изд-во ХГАДТУ, 1999. – 93 с. (личный вклад 30 %).
3. Туренко А.Н., Богомолов В.А., Клименко В.И., Кирчать В.И. Синтез закона распределения тормозных сил по осям АТС категории М. // Вестник ХГАДТУ:

- Сб. науч.тр. – Харьков: Изд-во ХГАДТУ, 2000. – Вып. 11. – с. 19...21. (личный вклад 60 %).
4. Туренко А.Н., Богомолов В.А., Кирчать В.И. Регулятор тормозных сил с характеристикой компенсатора давления в пневмоприводе тормозов. // Новые решения в современных технологиях: Вестник ХГПУ, 2000. – вып. № 83. – с. 37...39. (личный вклад 70 %).
 5. Богомолов В.А., Кирчать В.И., Анализ возможных способов регулирования тормозных сил на автотранспортных средствах.//Новые реш-я в совр. технологиях: Вестник ХГПУ, 2000. – вып. № 118. – с.20...22.(личный вклад 40 %).

Анотація

Кирчать В. І. Вдосконалення процесу регулювання гальмівних сил на автотранспортних засобах категорії M_3 . – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук по спеціальності 05.22. 02 – Автомобілі та трактори; Харківський державний автомобільно-дорожній технічний університет Міністерства освіти і науки України, Харків, 2001 р.

Доводиться, що на автобусах категорії M_3 найбільш доцільно в якості регулятора гальмівних сил (РГС), застосовувати РГС з вихідною характеристикою компенсатора тиску.

Запропоновано методику синтезу найбільш раціональної вихідної характеристики РГС у автотранспортного засобу (АТЗ) категорії M_3 .

Розроблено методику вибору необхідної ефективності гальмівних механізмів у АТЗ категорії M_3 , найбільш доцільну як з точки зору забезпечення ефективності гальмування, так і відповідності Правилам № 13 ЄЕК ООН.

Запропоновано конструкції РГС з характеристиками компенсатора тиску. Розроблено методику вибору найбільш раціональних їхніх параметрів.

Проведені експериментальні дослідження підтвердили справедливість розроблених математичних моделей.

Ключові слова: автобус, гальмівна система, гальмівний механізм, регулятор гальмівних сил, синтез вихідної характеристики, ефективність гальмування, засоби регулювання, компенсатор тиску.

Summary

Kirchaty, V.I. Development of braking forces adjustment process at M_3 category vehicles. Manuscript.

Dissertation for the scientific degree of the candidate of engineering sciences in specialty 05.22.02 – Automobiles and tractors; Kharkov State Automobile and Road Technical University, The Ministry of Education and Science of Ukraine.

It is proved that braking forces regulators (BFR) with pressure compensation characteristic provide maximum efficiency as braking forces regulators when installed at M_3 category vehicles.

Method of synthesizing the most rational BFR characteristic for M_3 category vehicles is suggested.

Method of selecting the required braking forces regulator efficiency for M_3 category vehicles, most appropriate both with respect to the braking efficiency and in terms of compliance to the Regulations NO. 13 EEC UNO is worked out.

BFR designs with pressure compensation characteristic are offered. Methods of selecting their most rational parameters have been developed.

Experimental testing proved the feasibility of the mathematical models developed. Key words: bus, braking system, braking mechanism, braking forces regulator, output characteristic synthesis, braking efficiency, adjustment means, pressure compensator.

Аннотация

Кирчать В.И. Совершенствование процесса регулирования тормозных сил на автотранспортных средствах категории M_3 . – Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.22.02 – Автомобили и тракторы; Харьковский государственный автомобильно-дорожный технический университет Министерства образования и науки Украины, Харьков, 2001 г.

В настоящее время в подавляющем большинстве (до 90 % автопарка) на автобусах категории M_3 применяются регуляторы тормозных сил (РТС) с характеристикой лучевого типа. В работе доказывается, что на таких автотранспортных средствах (АТС) наиболее целесообразно применять РТС с выходной характеристикой компенсатора давления.

С точки зрения эффективности процесса регулирования тормозных сил наиболее перспективными способами осуществления этого процесса, кроме изменения величины приводного давления, являются – изменение: количества тормозных механизмов, активной площади рабочего тормозного цилиндра, схемы исполнения тормозного механизма. Предложены критерии применимости этих способов.

Разработана методика расчета передаточного отношения и КПД механизма разжима с «Z» – образным кулаком.

Предложенная методика оценки необходимости установки РТС и синтеза наиболее рациональной его выходной характеристики для двухосных АТС

категории М₃ позволяет дополнительно определить: в каких случаях достаточно применения программного РТС без связи с подвеской; сколько РТС нужно применять на АТС; если достаточно одного РТС, то в каком контуре его необходимо устанавливать.

Впервые предложена методика выбора необходимой эффективности тормозных механизмов у АТС категории М₃ наиболее целесообразной как с точки зрения обеспечения эффективности торможения, так и соответствия Приложению 10 Правил № 13 ЕЭК ООН.

Впервые предложены методики синтеза выходных характеристик РТС у АТС категории М₃, наиболее рационально выполняющие требования Правил № 13 ЕЭК ООН с учетом как количества используемых РТС, так и контура, в котором они установлены. А также максимально приближающиеся к идеальному закону распределения тормозных сил.

Предложены конструктивные схемы РТС для тормозных систем с пневмоприводом, позволяющие наиболее рационально синтезировать характеристику компенсатора давления. Разработана методика выбора конструктивных параметров таких РТС.

Предложена методика оценки нормативной эффективности торможения АТС (величины тормозного пути) с пневмоприводом позволяет учесть реальные газодинамические процессы, происходящие в пневмоприводе.

Проведенные экспериментальные исследования подтвердили справедливость разработанных математических моделей.

Ключевые слова: автобус, тормозная система, тормозной механизм, регулятор тормозных сил, синтез выходной характеристики, эффективность торможения, способы регулирования, компенсатор давления.

Підписано до друку 15.02.2001 р. Формат 60x84 1/16 Папір офсетний
Віддруковано на ризографі Об'єм 0,9 умовн.-друк. арк.
Зам. №76/1332 Тираж 120 прим.

Адреса редакції видавця і поліграфічного підприємства
ХДАДТУ, 61002, Харків-02, вул. Петровського, 25

Віддруковано видавництвом Харківського державного автомобільно-дорожнього
технічного університету