

Вінницький національний технічний університет
Факультет машинобудування та транспорту
Кафедра автомобілів та транспортного менеджменту

Графічний матеріал до
магістерської кваліфікаційної роботи
на тему:

Удосконалення методики діагностування гальмівної системи легкового автомобіля

Розробив: ст. гр. 1АТ-14м з/н
Ткачук Б.В.

Керівник: к.т.н., доц.
Кашканов В. А.

Вінниця – 2015 р.

Мета роботи – вдосконалення методики діагностування гальмівних систем легкових автомобілів на роликкових гальмівних стендах силового типу за рахунок підвищення ступеню адекватності одержуваних результатів до результатів дорожніх випробувань

Об’єкт дослідження – процеси діагностування гальмівних систем автомобілів методами дорожніх і стендових випробувань

Предмет дослідження – методи і засоби вдосконалення процесу діагностування, спрямовані на підвищення адекватності результатів діагностування автомобілів на стендах з результатами його випробувань на дорозі

Методи дослідження: за результатами системного аналізу сучасних методів і засобів діагностування гальмівних систем визначені шляхи вдосконалення методики діагностування на роликкових гальмівних стендах. Дослідження процесів гальмування автомобіля на стенді та на дорозі виконані за результатами аналізу експериментальних даних з застосуванням методів математичної статистики для подальшого прогнозування процесів гальмування в інших умовах випробувань

Завдання дослідження:

1. Розробити методику прогнозування гальмівних властивостей автомобілів повної маси за результатами випробувань автомобілів спорядженої маси;
2. Розробити математичну модель гальмування легкового автомобіля на дорожньому покритті за характеристиками, що визначені на стенді, з врахуванням його завантаження, параметрів режиму гальмування та зчпних властивостей дорожньої поверхні;
3. Провести визначення адекватності результатів діагностування, одержуваних за допомогою стендових випробувань, до результатів дорожніх випробувань;
4. Розробити практичні рекомендації для застосування запропонованої методики діагностування гальмівної системи і вимог до засобів для її реалізації.

Наукова новизна одержаних результатів

- за результатами експериментальних і статистичних досліджень процесу гальмування на роликівих гальмівних стендах силового типу удосконалені наукові основи та методики визначення характеристик приведення в дію гальмівної педалі в режимі екстреного гальмування, гальмівного механізму кожного колеса ДТЗ з гідроприводом як в режимі екстреного, так і повільного гальмування, системи "колесо - опорна поверхня";
- удосконалено наукові основи емпіричного визначення характеристик гальмівної системи за результатами стендових випробувань ДТЗ і прогнозування цих характеристик для умов стендових і дорожніх випробувань

Практичне значення одержаних результатів

Розроблені і експериментально перевірені методики для емпіричного визначення характеристик привода і гальмівних механізмів у процесі випробувань легкового автомобіля, за якими можна прогнозувати показники ефективності гальмування цього ж автомобіля як на стенді, так і на дорожньому покритті з заданими значеннями коефіцієнта зчеплення.

Розроблені рекомендації щодо впровадження зазначених методик на виробництві для діагностування гальмівних систем, науково обґрунтовані і сформульовані вимоги до діагностичного обладнання для можливості реалізації запропонованої методики.

Переваги дорожнього методу: відповідає режиму роботи гальмівної системи в умовах експлуатації

Недоліки дорожнього методу:

- постійний контроль стану ділянки дороги;
- високі метрологічні вимоги до засобів вимірювань;
- проблеми нормування;
- не вказують на несправність, а вказують на відповідність або невідповідність показників ефективності гальмування вимогам безпеки дорожнього руху

Переваги стендових методів:

- опорна поверхня не потребує спеціального обслуговування і підтримування;
- дозволяють локалізувати відкази або відшукати несправності;
- дозволяють кількісно оцінювати нерівномірність гальмівних сил коліс осі

Недоліки стендових методів:

- труднощі у вирішенні проблеми нормування двох і більше взаємопов'язаних і взаємодоповнюючих параметрів;
- результати випробувань ДТЗ у двох станах завантаження не завжди адекватні між собою і часто неадекватні результатам дорожніх випробувань;
- вплив на результат діагностування невідповідності режимів діагностування і експлуатації автомобілів
- опорні поверхні мають характеристики, відмінні від характеристик дорожнього покриття

Параметри, які необхідно контролювати під час періодичних випробувань робочих гальмівних систем

Узагальнюючі параметри, які характеризують гальмівну систему:

- гальмівний шлях автомобіля, який характеризує ефективність гальмування;**
- відхилення від коридору руху встановленої ширини, яке характеризує стійкість автомобіля в процесі гальмування;**
- витрата енергії або робочого тіла в процесі гальмування, а також за відсутності гальмування, що характеризує конструктивні характеристики привода і його герметичність в експлуатації;**
- тривалість досягнення в приводі встановленого тиску робочого тіла і його максимальне значення, що характеризує продуктивність привода та його технічний стан.**

Необхідні вимірювані параметри діагностування гальмівних систем автомобілів на роликкових стендах

У процесі діагностування гальмівних систем автомобілів на роликкових стендах у відповідності до ДСТУ 3649-97 вимірюють:

- **максимальні значення гальмівних сил**, які досягаються на кожному з коліс автомобіля, за умови відсутності їх блокування або за умови не перевершування приводного зусилля на органі керування p_n нормативного значення;
- **тривалість спрацьовування** для кожного колеса, а для ДТЗ береться значення для того з коліс, виконавчий механізм якого знаходиться у найгірших умовах – тобто береться найбільше з визначених значення;
- **максимальне значення приводного зусилля** (екстреного режиму гальмування темп приведення не повинен перевершувати 0,2 с; для режиму плавного приведення темп приведення знаходиться в межах від 2 до 10 с);
- **величину відносного ковзання коліс** (застосовується для запобігання блокуванню коліс на роликах стенда або сигналізації про його виникнення для того, щоб уникнути небажаного місцевого зношування протектора шини в процесі випробувань)

Для того, щоб оцінити ефективність гальмування автомобіля в процесі гальмування за результатами стендових випробувань необхідно, виходячи з виміряних на стенді параметрів і характеристик, визначити розрахунковим шляхом такі параметри, як гальмівний шлях автомобіля або його сповільнення в функції часу, або сумарну гальмівну силу в функції часу, приведену до умов гальмування на дорожньому покритті з заданими характеристиками

Реалізація удосконаленої методики діагностування гальмівних систем

Вимірюється на роликовому стенді:

1. Приводне зусилля у функції часу.
2. Визначення на стенді поточних значень гальмівних сил в залежності від приводного зусилля.
3. Навантаження на кожне колесо.
4. Час спрацьовування для кожного колеса

Розраховується:

1. Апроксимується зареєстроване приводне зусилля.
2. Визначається зусилля прокручування незагальмованого колеса.
3. Реалізуєма гальмівна сила, в залежності від значень коефіцієнта зчеплення, нормальних реакцій та відносного ковзання коліс при гальмуванні.
4. Гальмівні моменти на колесах автомобіля
5. Прогнозована величина гальмівного шляху автомобіля

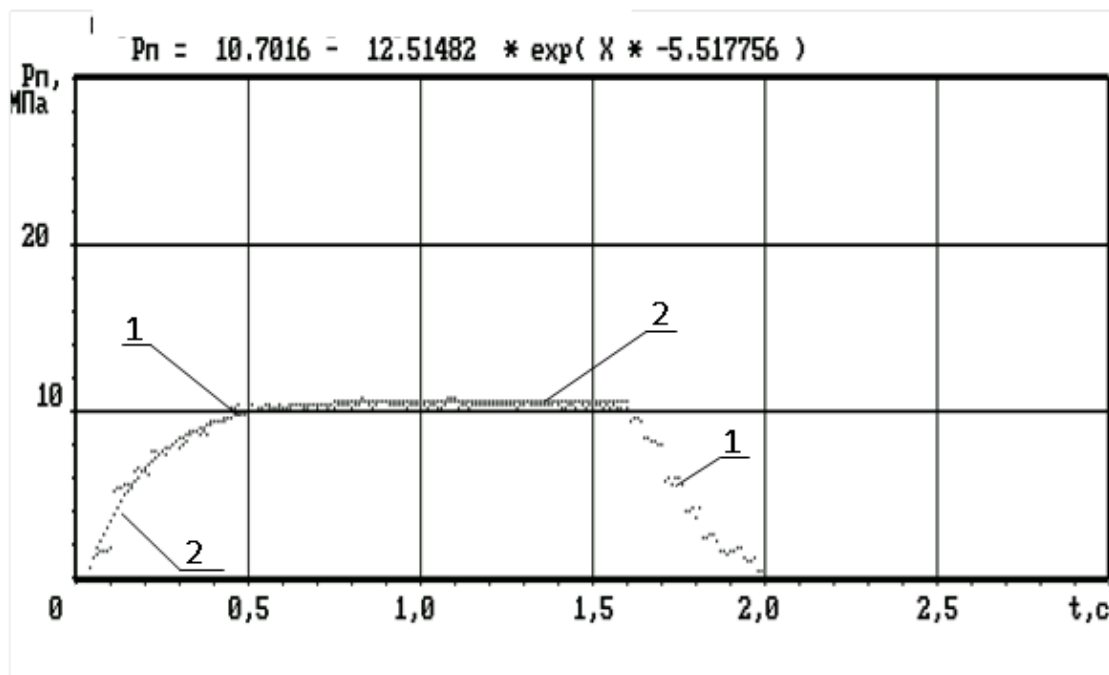
Визначення тиску в гідроприводі гальмівної системи автомобіля

Тиск в приводі можна описати експоненціальною залежністю в функції часу:

$$p = p_{\max} (1 - a \cdot \exp(-bt))$$

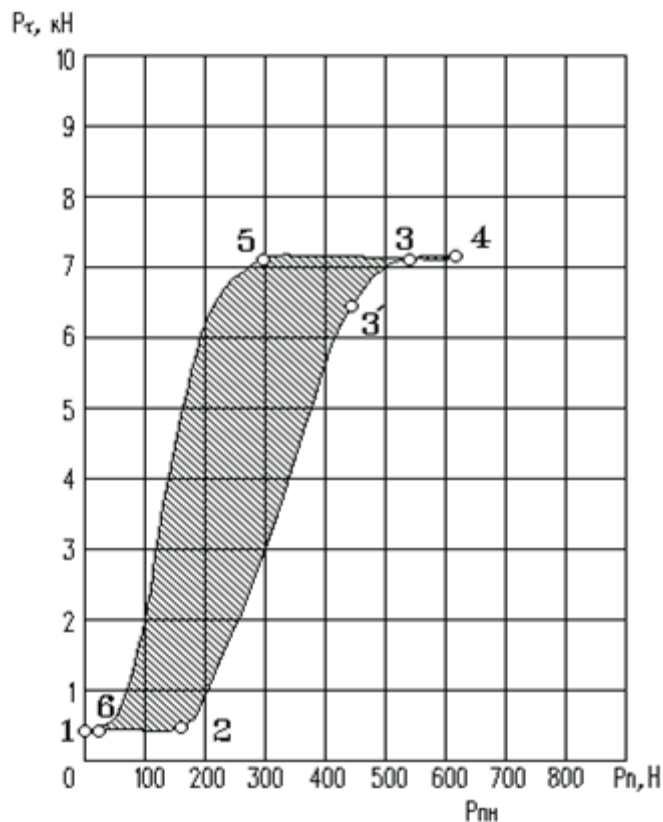
де p_{\max} - максимальне значення приводного зусилля на органі керування або тиску в приводі;

a, b – емпіричні коефіцієнти, визначаються із умов додержування заданого максимального зусилля, темпу його наростання в часі

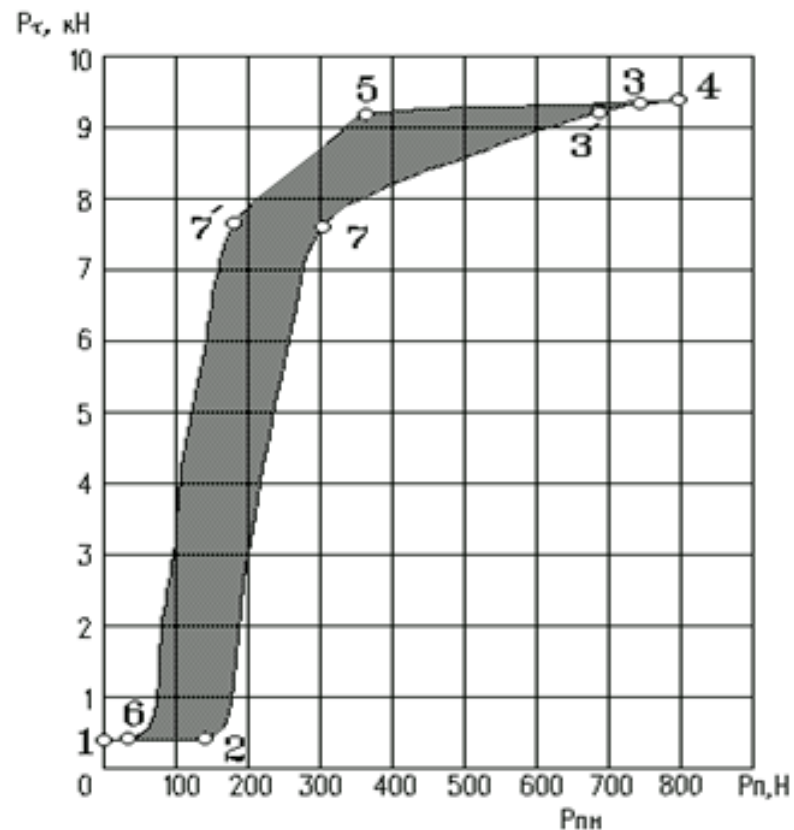


1 – тиск у приводі гальм коліс другої осі за результатами вимірювань. 2 – результат апроксимації залежності тиску у приводі гальм коліс другої осі у функції часу

Характерні точки типових гальмівних діаграм автомобілів з гідравлічним приводом

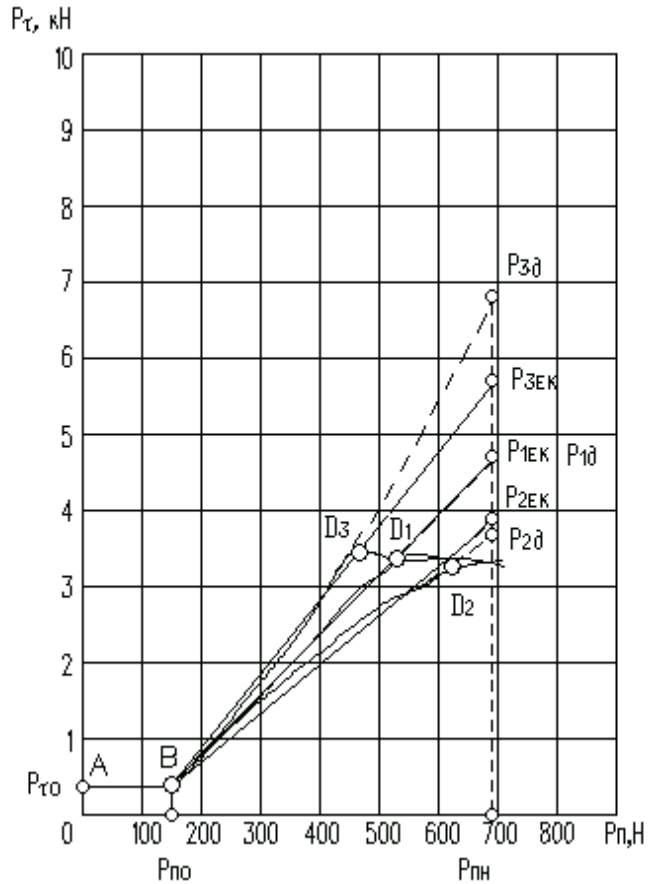


Характеристика без апаратів трансформації тиску в приводі (вакуумних підсилювачів, обмежувачів тиску, автоматичних регуляторів гальмівних сил

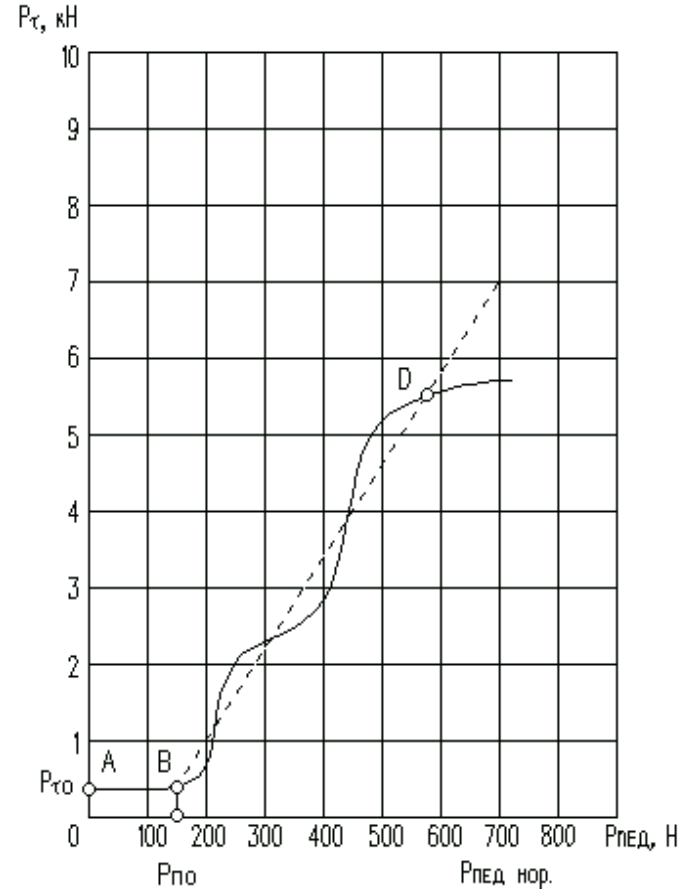


Характеристика з вакуумним підсилювачем

Основні характерні види нелінійності характеристик гальмівних механізмів, обумовлені їх технічним станом

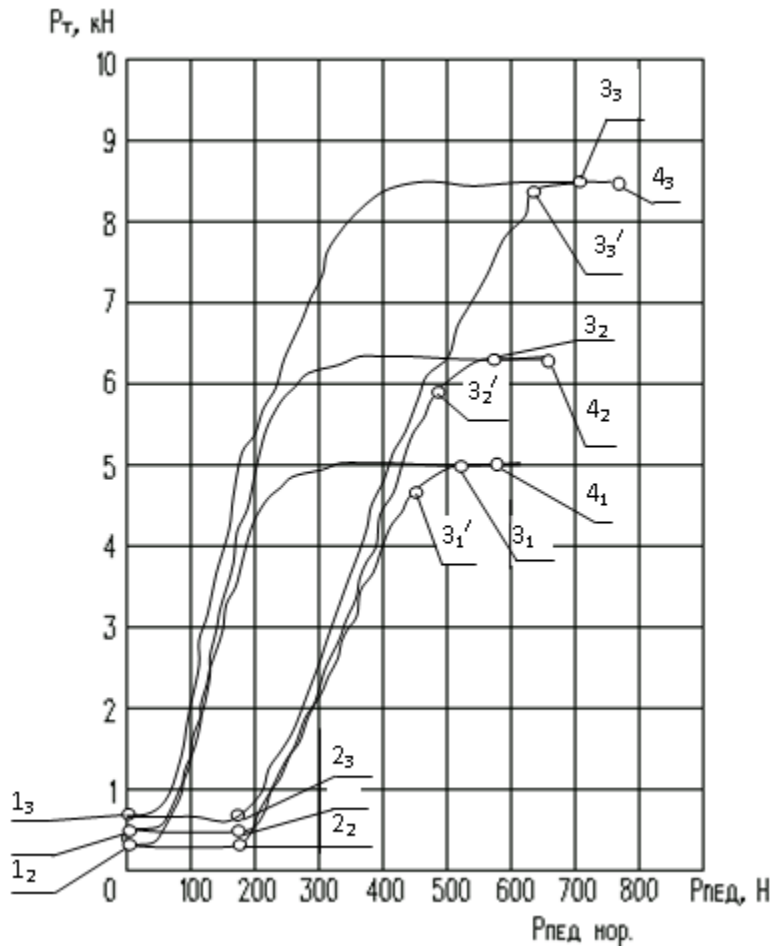


Нелінійність характеристик, обумовлена змінюванням характеру розподілу питомого тиску в контакті накладки-гальмовий барабан в процесі загальмовування



Нелінійність характеристики, обумовлена нерівномірним зношуванням поверхні гальмового барабана (овальність) чи порушенням технології розточування

Можливості реалізації характеристик гальмівних механізмів, виходячи з умов зчеплення колеса з опорною поверхнею



Вплив на гальмівну характеристику нормальної складової навантаження на колесо

Визначення реалізуємої гальмівної сили в залежності від значень $\varphi_{уст}$, R_Z та поточних значень відносного ковзання S_0 :

$$P\tau = P\tau_0 + (R_Z\varphi_{уст} - P\tau_0) \cdot (1 - \exp(-K\tau S_0)) + m\tau \cdot S_0^{n\tau} \exp(-n\tau S_0)$$

де $\varphi_{уст}$ - усталене значення коефіцієнта зчеплення;

$K\tau$, $m\tau$, $n\tau$ - коефіцієнти, отримані емпіричним шляхом;

S_0 - відносне значення ковзання колеса: $S_0 = S_k / S_m$,

S_k - поточне значення ковзання (в межах від 0 до 1);

S_m - ковзання за максимального значення коефіцієнта зчеплення

Визначення зусилля прокручування незагальмованого колеса

$$P\tau_0 = \frac{R_{Zi}}{p_i^{0.64}} \cdot \left(0,2 + \frac{V_{ki}^{3.7}}{p_i^{1.44} \cdot 1.42 \cdot 10^7} \right)$$

де R_{Zi} - вертикальна складова навантаження на i -те колесо;

V_{ki} - швидкість кочення i -го колеса по роликах стенда;

p_i - емпіричний коефіцієнт для i -го колеса, який визначається на стенді.

Визначення гальмівного шляху автомобіля

$$S_z = v_a \cdot (\tau_{cn} + 0,5\tau_n) + \frac{\delta \cdot G_a \cdot (v_a - 0,5\tau_n \cdot j_{ycm})^2}{2g \left(\sum_{i=1}^n \frac{M_{zi} \cdot (1-s_i)}{r_\partial} + \sum_{i=1}^n G_{ki} \cdot f_i \cdot (1-s_i) + \frac{1}{3} k_n \cdot F \cdot v_{w0}^2 + \dots \right)} \rightarrow$$

$$\rightarrow \left(\dots + \frac{M_r}{r_\partial} \cdot (1-s_{cp}) + \sum_{i=1}^n R_{zi} \cdot \varphi_{xi} \cdot s_i \pm G_a \cdot i \right)$$

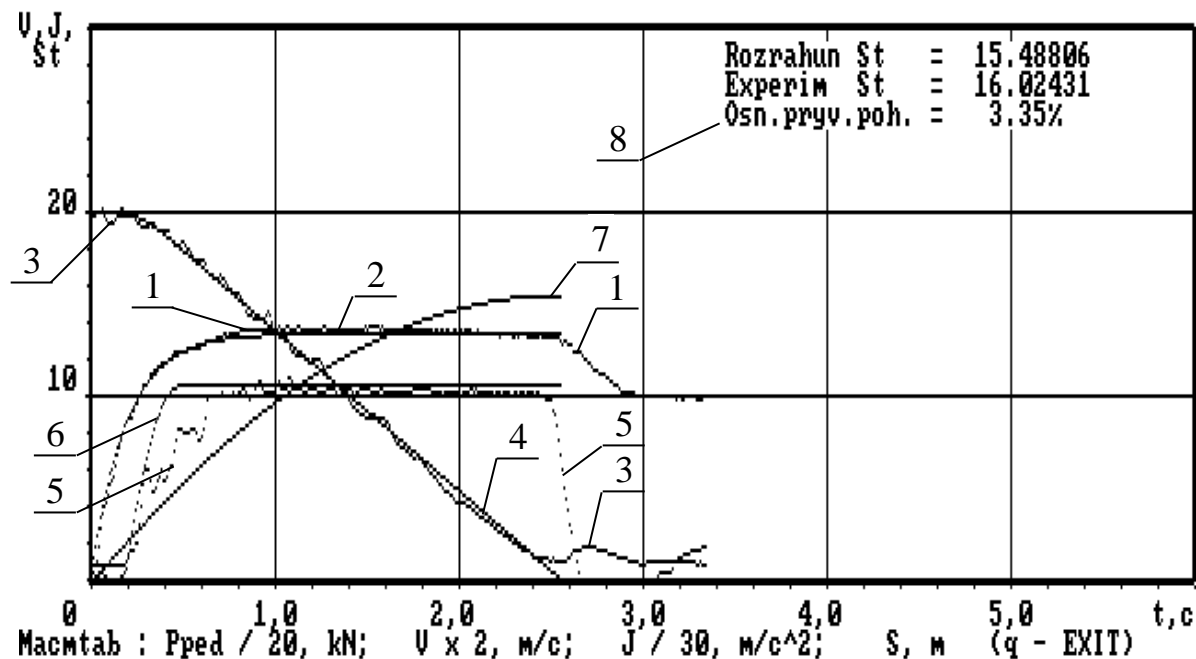
гальмівний момент

$$M_z = R_z \cdot \varphi_x \cdot r_\partial - \frac{I_k (1-s)}{r_\partial} \cdot j$$

момент інерції колеса описується наступним апроксимуючим поліномом

$$I_k = 92 - 0.473 \cdot r_{cm} + 0.636 \cdot 10^{-3} \cdot r_{cm}^2$$

Порівняння результату приведення даних стендових випробувань автомобіля Daewoo Lanos до умов дорожніх випробувань



1 – поточні значення приводного зусилля на педалі, одержані під час дорожніх випробувань;
 2 – характеристика приводного зусилля на педалі, отримана за результатами апроксимації експериментальних даних;
 3 – поточні значення швидкості автомобіля, визначені експериментально;
 4 – поточні значення швидкості автомобіля;
 5 – поточні значення сповільнення автомобіля, одержані експериментально;
 6 – поточні значення сповільнення автомобіля, розраховані за допомогою математичної моделі;
 7 – результати розрахунку гальмівного шляху у графічній формі;
 8 – порівняння результатів експериментальних та теоретичних досліджень з основною приведеною похибкою по відношенні до результату дорожніх випробувань

Основні висновки по роботі

1. За результатами експериментальних і статистичних досліджень процесу гальмування на роликівих гальмівних стендах силового типу розроблені наукові основи та методику автоматизованого визначення характеристик: приведення в дію гальмівної педалі в режимі екстреного гальмування; гальмівного механізму кожного колеса автомобіля з гідроприводом як в режимі екстреного, так і повільного гальмування; системи "колесо - опорна поверхня". Характеристики дозволяють прогнозувати показники ефективності гальмування такого автомобіля у стані завантаження до повної маси як на стенді, так і на дорожньому покритті з заданими значеннями коефіцієнта зчеплення.
2. Розроблено математичну модель гальмування легкового автомобіля на дорожньому покритті за характеристиками, що визначені на стенді, з врахуванням його завантаження, параметрів режиму гальмування та зчіпних властивостей дорожньої поверхні.
3. З використанням визначених на стенді характеристик та математичної моделі процесу гальмування автомобіля розроблено методику, яка дозволяє на підставі випробувань конкретного автомобіля на роликівому гальмівному стенді силового типу в спорядженому стані прогнозувати його гальмівні властивості для умов гальмування з повною масою як на стенді, так і на дорозі, що забезпечує можливість випробовувати автомобілі з гідроприводом у спорядженому стані, при цьому похибка прогнозу не перевищує 5%, що менше від нормативних вимог (не більше 10%), встановлених в ДСТУ 3333-96 та ДСТУ 3649-97.
4. Розроблені рекомендації щодо використання методики діагностування гальмівних систем на виробництві. Науково обґрунтовані і сформульовані вимоги до діагностичного обладнання, необхідного для реалізації запропонованої методики.