

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА №1

“Дослідження гальмових властивостей автомобіля”

Мета роботи: Оцінка гальмових властивостей автомобіля і визначення впливу на гальмові якості конструктивних і експлуатаційних показників.

Обладнання: автомобіль, рулетка 20 м, акселерометр, показчик початку гальмування, ділянка дороги з сухим асфальтобетонним покриттям; ділянка дороги з сухим ґрунтовим покриттям, манометр шинний.

Параметри, що змінюються:

- початкова швидкість автомобіля (30, 40, 50 км/год);
- тиск повітря в шинах (номінальний – $P_{ном}$; підвищений – $P_n=1,1 P_{ном}$; знижений – $P_3=0,8 P_{ном}$).
- дорожнє покриття (сухе і вологе асфальтобетонне; сухе і вологе ґрунтове).
-

Теоретичні відомості.

1. Основні визначення і терміни

Постійне збільшення кількості транспортних засобів разом зі зростанням інтенсивності і швидкості руху вимагають необхідного рівня безпеки руху, яка значним чином залежить від гальмівних властивостей автомобіля. Високий рівень гальмівних властивостей автомобіля дозволяє підвищити його середню швидкість і разом з нею продуктивність автомобільного транспорту. Враховуючи те, що процес гальмування відбувається за рахунок перетворення кінетичної енергії мас автомобіля в інші види енергії, частіше в теплову при використанні фрикційних гальмівних механізмів, розглянемо процес гальмування з точки зору енергетики. При цьому, якщо під час руху кінетична енергія мас автомобіля дорівнює сумі енергій мас, що рухаються поступально ($E_{кп} = \frac{M_a \cdot v_a^2}{2}$) і мас, що здійснюють обертотий рух ($E_{ко} = \frac{1}{2} \sum I_i \cdot \omega_i^2$)

$$E_k = E_{кп} + E_{ко} = \frac{M_a \cdot v_a^2}{2} + \frac{1}{2} \sum I_i \cdot \omega_i^2$$

де: M_a – повна маса автомобіля;

v_a – поступальна швидкість автомобіля;

J_i – відповідно момент інерції деталі, що перебуває в обертотому русі та

ω_i – її кутова швидкість,

то при зупиненому автомобілі ($v_a = 0$; $\omega_i = 0$) $E_k = 0$. Враховуючі високі лінійні швидкості автомобіля та обертоті його частин, а також значні маси автомобілів можна зробити висновок про рівень потужності тепловиділення при гальмуванні, який може сягати десятків кВт.

Гальмування – процес створення і зміни штучного опору руху автомобіля з метою зменшення його швидкості, зупинки або утримання нерухомим відносно опорної поверхні.

Гальмові властивості - це сукупність властивостей, які визначають максимальне сповільнення руху автомобіля під час його руху на різних дорогах в гальмівному режимі, граничні значення зовнішніх сил, під дією яких

загальмований автомобіль надійно утримується на місці або має необхідні мінімальні сталі швидкості під час руху на схилі.

Гальмовий режим – режим при якому до всіх або кількох коліс автомобіля підводиться гальмівні моменти.

Гальмові властивості відносяться до найважливіших експлуатаційних параметрів автомобіля, котрі визначають активну безпеку автомобіля і спрямовані на зменшення вірогідності ДТП, тому вони регламентовані рядом міжнародних документів, в тому числі правилами № 13 Європейської Економічної Комісії ООН. На основі цих правил повинні встановлюватися національні стандарти.

Оціночними показниками ефективності робочої та запасної гальмівної системи є стале сповільнення – $j_{ст}$, яке відповідає руху автомобіля при постійному зусиллі на гальмівній педалі в умовах, передбачених стандартом, і мінімальний гальмівний шлях – S_{τ} , відстань, котру проходить автомобіль з моменту натискання на педаль до зупинки.

Для автопоїздів додатково оціночний показник – час спрацювання – $\tau_{спр}$ – час з моменту натискання на гальмівну педаль до досягнення $j_{ст}$.

При стендових випробуваннях оціночними показниками є сумарна гальмівна сила ΣP_{τ} , і час спрацювання $\tau_{спр}$ або спільна питома гальмівна сила $\delta = \frac{\Sigma P_{\tau}}{G_a}$, час спрацювання і коефіцієнт осьової нерівності гальмівних сил.

$$k_H = \frac{P_{\tau л} - P_{\tau п}}{P_{\tau л} + P_{\tau п}} \quad (1)$$

де: $P_{\tau л}$ – сумарна гальмівна сила коліс лівого борту автомобіля;

$P_{\tau п}$ – сумарна гальмівна сила коліс правого борту автомобіля.

2. Сили що діють на автомобіль при гальмуванні

Гальмівними силами, які зберігають сповільнення автомобіля, є гальмівні сили P_{τ_1} і P_{τ_2} , які діють в площині контакту коліс з дорогою та спрямовані протилежному напрямку руху автомобіля. При достатньому зчепленню сили P_{τ_1} і P_{τ_2} визначаються гальмівними моментами гальмівних механізмів коліс:

$$P_{\tau_i} = \frac{M_{\tau_i}}{r_d} \quad (2)$$

При цьому їх максимальні значення обмежено умовами зчеплення коліс з полотном дороги:

$$P_{\tau_i} = \varphi \cdot R_{z_i} \quad (3)$$

Крім гальмівних сил при гальмуванні автомобіля на нього діють сили: опору кочення P_{f_1} ; опору підйому P_h ; опору повітря P_w (рис.1):

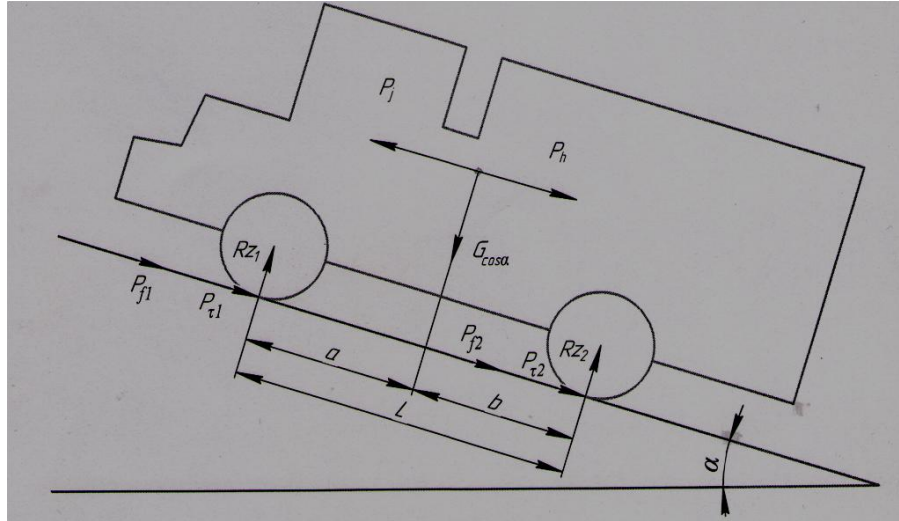


Рис.1.Схема сил, що діють на автомобіль при гальмуванні в загальному випадку руху

Сума проекцій всіх сил на площину, паралельну опроній поверхні дорівнює сили інерції автомобіля:

$$\delta_{\tau} \cdot M_a \cdot j_{\Gamma} = P_{\tau_1} + P_{\tau_2} + P_{f_1} + P_{f_2} + P_h + P_w \quad (4)$$

де δ_{τ} – коефіцієнт, котрий враховує інерцію оберткових мас автомобіля при гальмуванні, $\delta_{\tau} = 1,03 \dots 1,05$.

Позначимо

$$P_{\tau_1} + P_{\tau_2} = P_{\tau} = \gamma_{\tau} \cdot M_a \cdot g = \gamma_{\tau} \cdot G_a \quad (5)$$

де: γ_{τ} – питома гальмівна сила

$$\gamma_{\tau} + \frac{k_w \cdot F \cdot U_a^2}{G_a} = D_{\tau} \quad (6)$$

де: D_{τ} – гальмівний фактор.

Підставивши значення (6) в рівняння (3) отримуємо:

$$j_{\tau} = \frac{g}{\delta_{\tau}} (D_{\tau} + \psi) \quad (7)$$

Гальмівна сила досягає максимального значення при певному значенні проковзуванні в зоні контакту колеса з дорогою. При однакових значеннях коефіцієнта проковзування всіх коліс можливо запобігти їх блокуванню і повністю реалізувати силу тяжіння.

Для забезпечення однакового ковзання всіх необхідно щоб питомі гальмівні сили γ_{τ_i} на всіх колесах були однакові.

$$\gamma_{\tau_i} = \frac{P_{\tau_i}}{P_{z_i}} \quad (8)$$

Тобто, необхідно, щоб гальмівні сили розподілялися пропорційно навантаженням на вісь, або нормальним реакціям опорою поверхні R_z .

Враховуючи схему сил, які діють на автомобіль під час гальмування на горизонтальній поверхні:

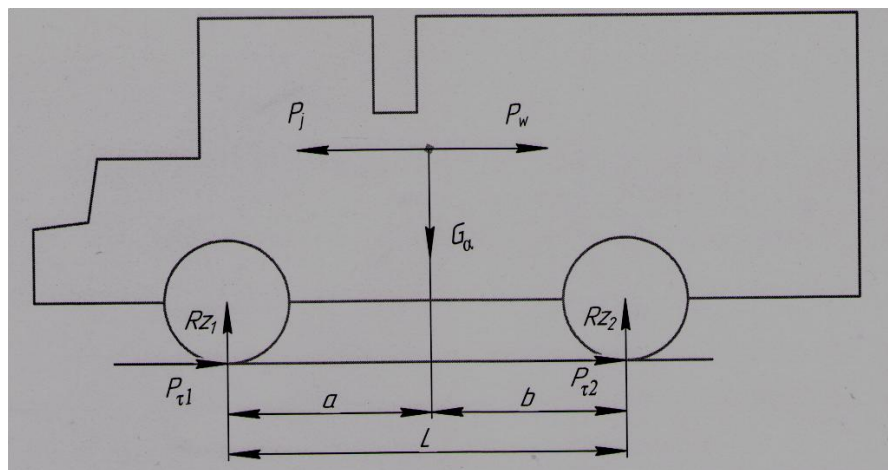


Рис.2.Схема сил, що діють на автомобіль при гальмуванні на горизонтальній ділянці дороги

$$R_{z_1} = \frac{1}{L} (G_a \cdot b + P_j \cdot h_g) = \frac{G_a}{L} (b + \gamma_{\tau} \cdot h_g) \quad (9)$$

$$R_{z_2} = \frac{1}{L} (G_a \cdot a + P_j \cdot h_g) = \frac{G_a}{L} (b + \gamma_\tau \cdot h_g) \quad (10)$$

При гальмуванні з максимальною інтенсивністю і повному використанні колесами зчіпних сил:

$$P_\tau = \varphi \cdot R_{z_1} + \varphi \cdot R_{z_2} = \varphi \cdot G_a \quad (11)$$

тобто, при повному використанні зачепних властивостей питома гальмівна сила автомобіля дорівнює коефіцієнту зачеплення:

$$\gamma_\tau = \varphi \quad (12)$$

При цьому досягається максимально можливе сповільнення автомобіля і гальмовий фактор дорівнює:

$$D_\tau = \varphi_{\max} + \frac{K_w \cdot F \cdot v_a^2}{G_a} \quad (13)$$

$$j_{\max} = \frac{g}{\delta_\tau} (\varphi_{\max} + \frac{K_w \cdot F \cdot v_a^2}{G_a} + \psi) \quad (14)$$

якщо ж не враховувати опорів повітря і коченню, то сповільнення дорівнює:

$$j_{\max} = g(\varphi_{\max} \cdot \cos \alpha \pm \sin \alpha) = (\varphi_{\max} \pm i)g \quad (15)$$

3. Сповільнення автомобіля та шлях гальмування

Якщо на початку гальмування швидкість автомобіля v_{a_0} , то через час t вона дорівнюватиме:

$$v_a = v_{a_0} - j_{\text{сп}} \cdot t \quad (16)$$

де: $j_{\text{сп}}$ – сповільнення автомобіля при гальмуванні

В диференціальному вигляді рівняння:

$$\frac{dv_a}{dt} = -j_{\text{сп}} \quad (17)$$

$$\text{звідки:} \quad dS = (v_{a_0} - j_{\text{сп}} \cdot t) \cdot dt \quad (18)$$

Після інтегрування визначимо, що

$$S_{\text{ог}} = v_{a_0} \cdot t - \frac{j_{\text{сп}} \cdot t^2}{2} + c \quad (19)$$

але при $t = 0$, $S_{\text{ог}} = 0$ і $c = 0$, тобто

$$S_{\text{ог}} = v_{a_0} \cdot t - \frac{j_{\text{сп}} \cdot t^2}{2} \quad (20)$$

Час гальмування:

$$t = \frac{v_{a_0} \cdot v_a}{j_{\text{сп}}} \quad (21)$$

з урахуванням цього шлях гальмування:

$$S_{\text{ог}} = \frac{v_{a_0}^2 - v_a^2}{2j_{\text{сп}}} = \frac{v_{a_0}^2 - v_a^2}{2g(\varphi_{\text{max}} \pm i)} \quad (22)$$

Отриманні значення $S_{\text{ог}}$ і $j_{\text{сп}}$ не враховують впливу конструктивних параметрів гальмівної системи зокрема і транспортного засобу в цілому, тому з метою наближення результатів розрахунку до експериментальних даних, в формули визначення $S_{\text{ог}}$ і $j_{\text{сп}}$ потрібно ввести коефіцієнт ефективності гальмування k_c , тобто:

$$S_{\text{г}} = k_c \frac{v_{a_0}^2 - v_a^2}{2j_{\text{сп}}} \quad (23)$$

$$j_{\text{сп}} = \frac{\varphi_{\text{max}} \pm j}{k_c} g \quad (24)$$

де: $k_c = 1,2$ – для легкових автомобілів
 $k_c = 1,3 \dots 1,4$ – для вантажних автомобілів
 $k_c = 1,0$ – для всіх автомобілів при $\varphi < 0,4$

Шлях зупинення автомобіля – шлях, який проходить автотранспортний засіб від моменту виявлення водієм небезпеки до повної зупинки:

$$S_z = v_0 \left(\tau_p + \tau_{\text{зпр}} + 0,5\tau_{\text{зп}} \right) + \frac{v_{a_0}^2}{2j_{\text{сп}}} \quad (25)$$

де: τ_p – час реакції водія;

$\tau_{зпр}$ – час спрацювання гальмівного приводу;

$\tau_{зр}$ – час зростання гальмівного зусилля;

В розрахунках S_3 приймаються:

$$\tau_p = 0,8с;$$

$$\tau_{зпр} = 0,2с \text{ – для гідравлічного приводу};$$

$$\tau_{зпр} = 0,6с \text{ – для пневматичного приводу};$$

$$\tau_{зр} = 0,5с.$$

Графічна залежність $P_\tau = f(t)$ і $v_{a0} = f(t)$ мають вигляд:

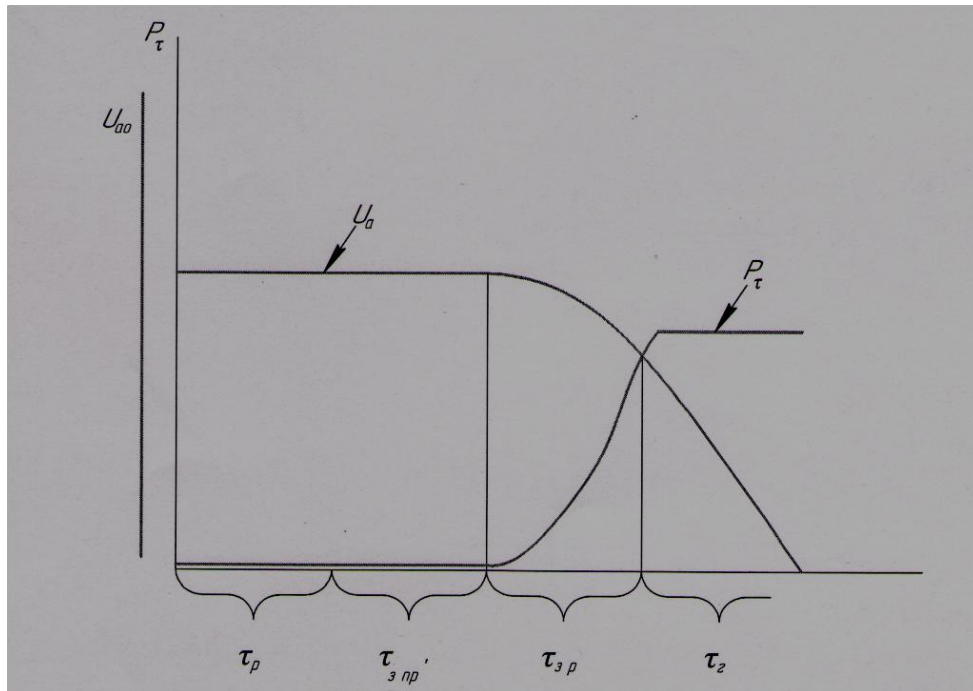


Рис.3. Графіки зміни гальмівної сили і швидкості руху автомобіля від часу гальмування.

Для забезпечення максимальних сповільнень автомобіля при гальмуванні, особливо на слизьких дорогах, з одночасним збереженням стійкості руху і керованості, велечина гальмівних моментів на колесах кожної осі повинні бути пропорційними осьовим навантаженням на дорогу.

При незмінному співвідношенні гальмівних моментів на колесах передньої та задньої осі $M_{\tau1}$ та $M_{\tau2}$, тобто $\frac{M_{\tau1}}{M_{\tau2}} = C_T = const$ максимальна ефективність гальмування може бути досягнута тільки при одному значенні коефіцієнта зчеплення φ_0 , що дорівнює:

$$\varphi_0 = \frac{aC_T - b}{h_g(1 + C_T)} \quad (26)$$

При $\varphi > \varphi_0$ в цьому випадку – ковзання задніх коліс; $\varphi < \varphi_0$ – ковзання передніх коліс

Щоб запобігти цьому явищу, на автомобілях встановлюють регулятори гальмівних сил. Вони поділяються на дві групи:

- регулятори без зворотнього зв'язку (змінюють співвідношення гальмівних сил в залежності від інтенсивності гальмування і навантаженості автомобіля;
- регулятори із зворотнім зв'язком (режим їх роботи залежить від характеру кочення коліс, в них на початку блокування спеціальні автоматичні пристрої зменшують гальмівний момент так, щоб його середнє значення підтримувалося приблизно на рівні максимально можливого з умов зчеплення при певному навантаженні на колеса осі).

Характеристикою регулятора є співвідношення гальмівних сил передніх і задніх коліс $P_1 = f(P_2)$ (рис.4):

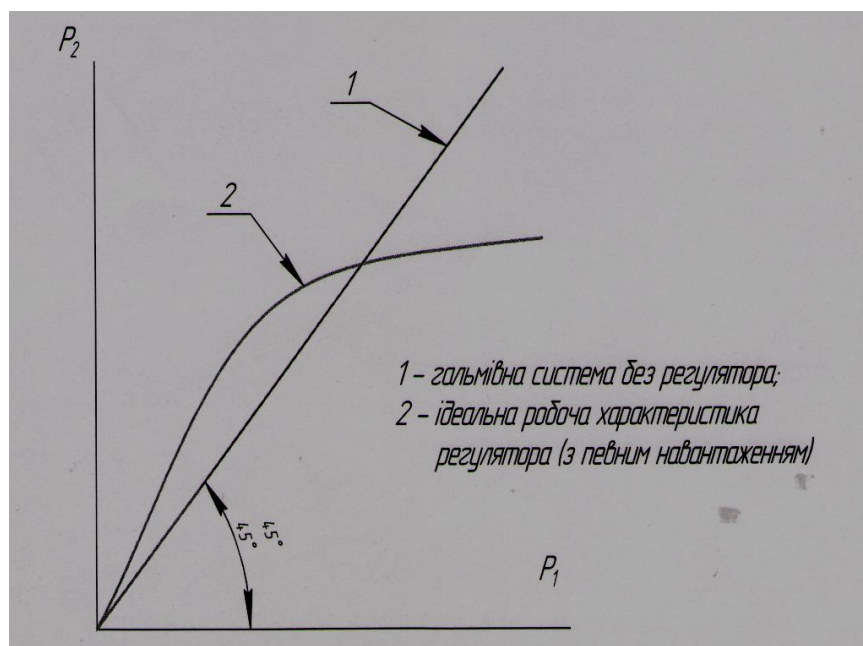


Рис.4. Співвідношення гальмівних сил передніх

і задніх коліс $P_1 = f(P_2)$

Визначення показників гальмових властивостей автомобілів проводиться в умовах і за методиками, передбаченими відповідними стандартами і нормативними документами.

Нормативні значення названих оціночних показників залежить від категорії автотранспортних засобів і визначається при різних типах випробувань:

- випробування типу 0 з холодними гальмами, коли температура поверхні тертя гальмового барабана або диска менша за 100°C ;
- випробування типу I з гарячими гальмами, коли гальмові механізми розігріті передбаченим стандартним способом і температура поверхні тертя гальмового барабана чи диска перевищує 100°C ;

– випробування типу II передбачають гальмування під час руху на довгих спусках. Ці випробування обов'язкові лише для автобусів та вантажівок і автопоїздів великої вантажності.

При випробуваннях типу 0 значення усталеного сповільнення, що повинне забезпечуватися при гальмуванні основною і запасною гальмовими системами відповідно дорівнюють:

- для легкових автомобілів – 7 м/с^2 та $2,9 \text{ м/с}^2$;
- для вантажних автомобілів з повною масою до 3,5 т і для автобусів – 6 м/с^2 та $2,5 \text{ м/с}^2$;
- для вантажних автомобілів з повною масою понад 3,5 т – $5,5 \text{ м/с}^2$ та $2,2 \text{ м/с}^2$.

Нормативні значення усталеного сповільнення при випробуваннях типу I становлять 80%, а при випробуваннях типу II – 75% від наведених вище значень.

Додатковий оціночний показник для автопоїзда – час спрацювання гальмівного приводу – змінюється в межах 0,6 ... 1,2 с залежно від повної ваги, більші значення характерні для пневматичного приводу гальм.

Нормативним показником допоміжної гальмової системи є усталена швидкість під час руху на спуск. Стандартом передбачено, що допоміжна гальмова система повинна без застосування інших гальмових систем забезпечити рух зі швидкістю $30 \pm 2 \text{ км/год}$ на схилі 7% протяжністю 6 км.

Оціночним показником стоянкової гальмової системи є максимальний ухил, на якому автомобіль утримується нерухомим завдяки гальмівній силі, створеній цією системою. Нормованими значеннями цього показника є:

- для легкових автомобілів і автобусів не менше 25%;
- для вантажних автомобілів – не менше 20%;
- для автопоїздів при гальмуванні всіх ланок автопоїзда – не менше 18%;
- для автопоїздів при гальмуванні лише автотягача – не менше 12%.

Порядок виконання роботи:

1. Встановити автомобіль у вихідне положення на початку випробувальної ділянки з сухим асфальтобетонним покриттям; тиск повітря в шинах номінальний; встановити акселерометр.
2. Розігнати автомобіль до швидкості 30 км / год. і різко загальмувати.
3. Виміряти і записати значення гальмового шляху; зафіксувати уповільнення.
4. Виконати пункти 1 - 3 з початковою швидкістю 40 км/год.
5. Виконати пункти 1 - 3 з початковою швидкістю 50 км / год.
6. Виконати пункти 1-3 на ділянці зі зволеним асфальтобетонним покриттям.
7. Виконати пункти 1 - 3 на ділянці ґрунтової дороги.
8. Виконати пункти 1 - 3, 7 з тиском в шинах 1, 1 Рном.
9. Виконати пункти 1 - 3, 7 з тиском в шинах 0, 8 Рном
10. Отримані значення гальмового шляху та уповільнення звести до таблиці.
11. Провести аналіз отриманих результатів.

Контрольні питання

1. Яка фізична природа гальмування автомобіля?
2. Визначте основні показники та критерії гальмування автомобіля.
3. Запишіть рівняння сил, які діють на автомобіль під час гальмування.
4. До яких наслідків приведе різниця у вихідних характеристиках гальмових систем коліс одного або різних бортів колісного рушія?
5. Які фізичні умови можуть викликати розворот и автомобіля під час гальмування?
6. Як впливають значення коефіцієнту зчеплення та коефіцієнту опору кочення на показники гальмових властивостей автомобіля?
7. У чому полягає потреба різних видів гальмових систем автомобіля?