

Вінницький національний технічний університет
Факультет машинобудування та транспорту

Кафедра АТМ

ІЛЮСТРАТИВНІ МАТЕРІАЛИ ДО МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

зі спеціальності 274 – Автомобільний транспорт

ПІДВИЩЕННЯ ГАЛЬМІВНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ТРАНСПОРТНИХ
ЗАСОБІВ КП «ВІННИЦЬКА ТРАНСПОРТНА КОМПАНІЯ»
ВДОСКОНАЛЕННЯМ РОБОТИ АНТИБЛОКУВАЛЬНОЇ СИСТЕМИ

Керівник роботи к.т.н., ст. викл.

Галущак О.О.

Розробив студент гр. 1АТ-19м

Войтенко О.І.

Вінниця ВНТУ 2020

Мета і завдання дослідження

Мета роботи – підвищення ефективності гальмівного управління при індивідуальному антиблокувальному управлінні колесами.

Для досягнення поставленої мети потрібно вирішити такі завдання:

- виконати аналіз шляхів підвищення гальмівної ефективності транспортних засобів вдосконаленням роботи антиблокувальної системи
- провести теоретичні дослідження гальмівного управління колісних машин;
- провести аналіз впливу зміни вертикальних реакцій на об'єкті «Колесо-дорога» при антиблокувальному регулюванні;
- вдосконалити алгоритм роботи АБС з урахуванням перерозподілу вертикальних реакцій та особливості контуру «пов'язаного управління»;
- визначити вплив алгоритму «пов'язаного управління» на ефективність гальмування з АБС.

Об'єкт дослідження – підвищення ефективності гальмівного управління при індивідуальному антиблокувальному управлінні колесами.

Предмет дослідження – показники антиблокувальної системи автомобіля.

Наукова новизна:

- Отримано подальший розвиток методу розрахунку управління контуру АБС з індивідуальним керуванням.
- Отримано подальший розвиток математичних залежностей моделі об'єкта «автомобіль-колесо-дорога»
- Отримано подальший розвиток методу синтезу системи управління гальмівними силами колісних машин, що відрізняється від відомих методів, тим, що враховано взаємний вплив коліс кожної осі через перерозподіл вертикальних реакцій і взаємодію колеса з опорною поверхнею при індивідуальному антиблокувальному регулюванні.

Практичне значення одержаних результатів

Вдосконалено алгоритм управління тиском робочого тіла в гальмівних механізмах кожного колеса, який враховує взаємний вплив коліс кожної осі через перерозподіл вертикальних реакцій і взаємодію колеса з опорною поверхнею при індивідуальному антиблокувальному управлінні колесами автомобіля.

Загальна характеристика комунального підприємства «Вінницька транспортна компанія»

Основним предметом діяльності підприємства є:

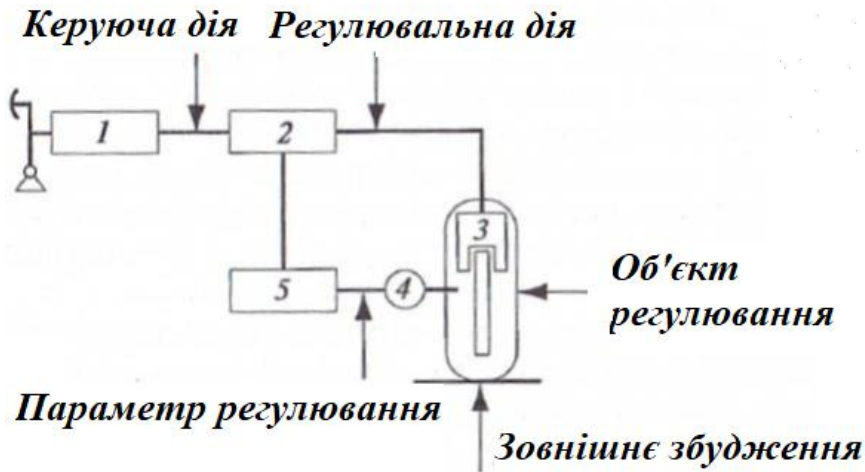
- пасажирський наземний транспорт міського та приміського сполучення, у тому числі:
 - міський електричний транспорт;
 - міський автомобільний транспорт загального користування;
 - вантажний автомобільний транспорт;
- забезпечення експлуатації і функціонування аеродрому, а також засобів механізації і спеціалізованого транспорту;
- технічне обслуговування та ремонт автотранспортних засобів;

В автотранспортному парку КП «ВТК» налічується:

- 59 автобусів великої пасажиромісткості серед яких 1 електробус,
- 8 автобусів середньої місткості
- 37 одиниць транспортних засобів серед яких легкові автомобілі (в тому числі два електромобілі), автофургони, автокрани, вантажні та спеціальні автомобілі для обслуговування електричних мереж для трамваїв та тролейбусів.

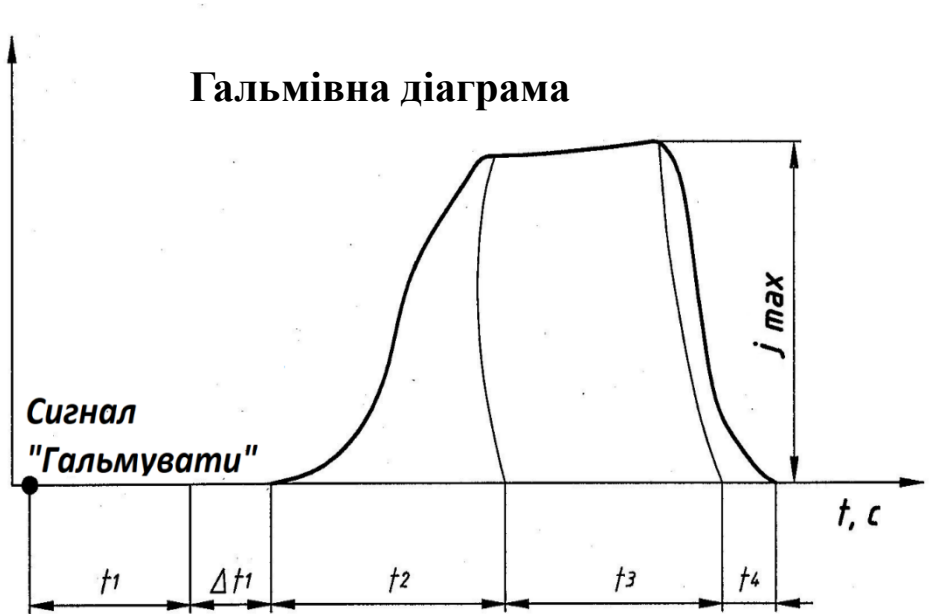


**Структурна схема
антиблокувальної системи**

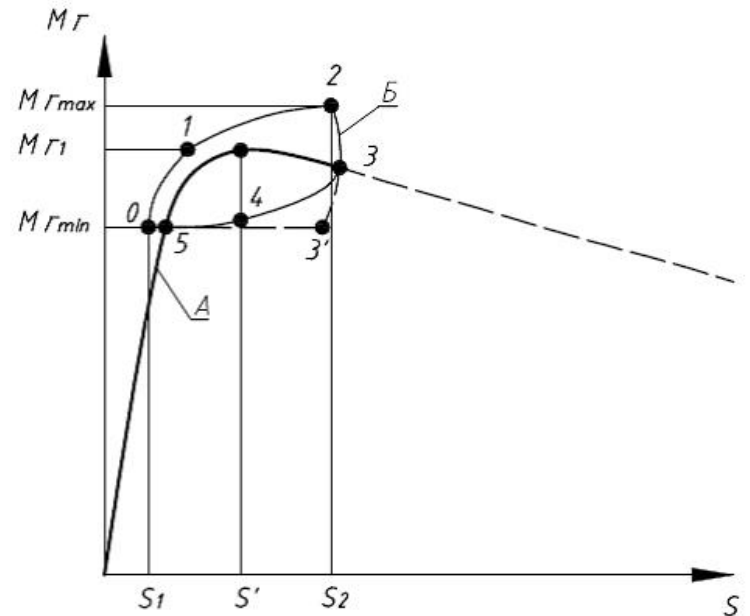


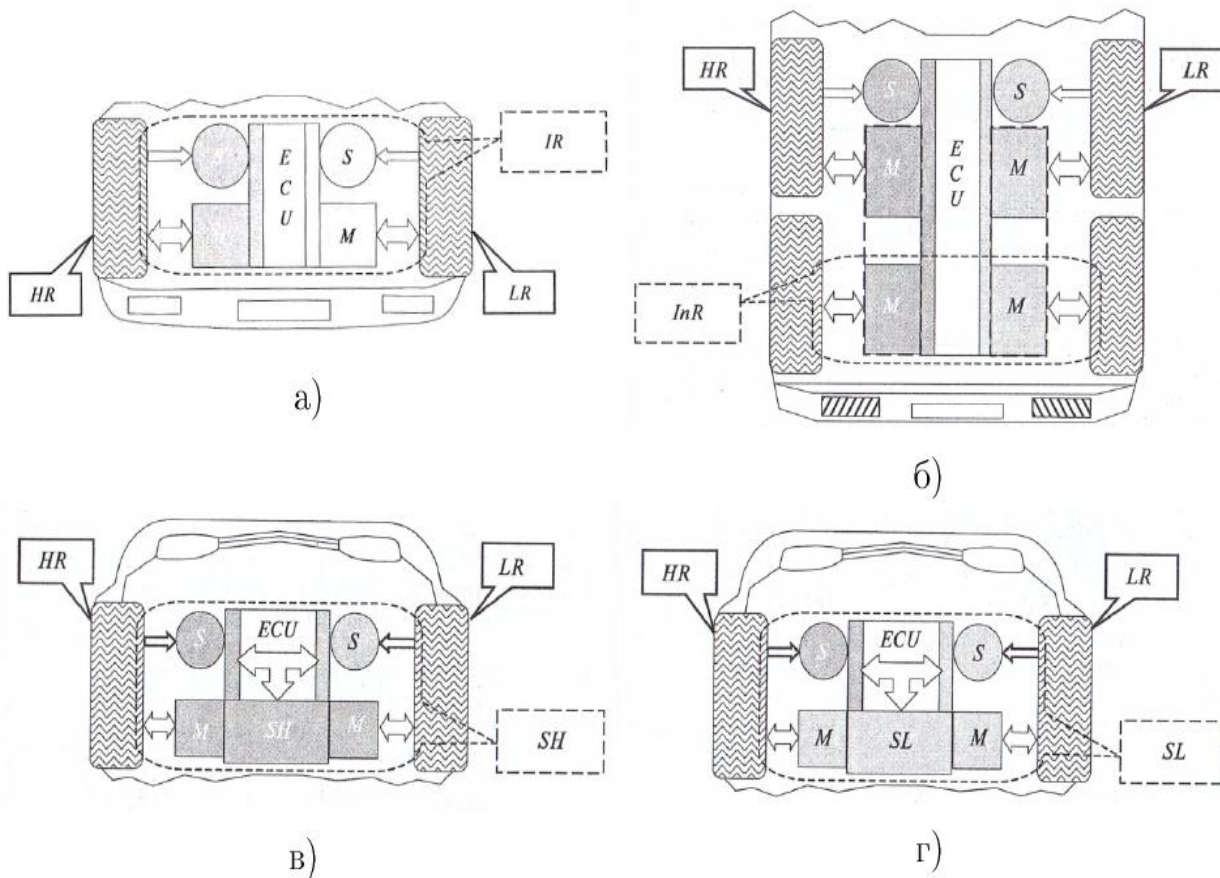
- 1 – головний гальмівний циліндр;
- 2 – регулювальний клапан АБС;
- 3 – колісний гальмівний циліндр;
- 4 – колісний датчик;
- 5 – блок керування.

Гальмівна діаграма



Цикл роботи антиблокувальної системи





а) індивідуальне регулювання;

б) непряме регулювання;

в) регулювання по високому порогу;

г) регулювання по низькому порогу.

Математичне моделювання

Рівняння обертання гальмуючого колеса має вигляд:

$$J_k \frac{d\omega}{dt} = R_z \varphi_x r_d - M_{\Gamma}$$

де J_k – приведений до колеса момент інерції обертючих частин;

ω – кутова швидкість колеса;

R_z - нормальна реакція;

φ_x - коефіцієнт зчеплення в поздовжньому напрямку;

r_d – динамічний радіус колеса;

M_{Γ} – гальмівний момент.

Вертикальна реакція на вісь автомобіля

де G_a – вага автомобіля;

L_a – база автомобіля;

$l_{2(1)}$ – відстань від задньої (передньої) осі до центра мас;

h_g – висота центра мас;

j – продольне сповільнення;

g – прискорення вільного падіння.

$$\begin{cases} R_z^{\text{п}} = \frac{G_a l_2}{L_a} + G_a \frac{h_g j}{L_a g} \\ R_z^{\text{з}} = \frac{G_a l_1}{L_a} - G_a \frac{h_g j}{L_a g} \end{cases}$$

Вертикальна реакція на кожне колесо автомобіля

$$\begin{cases} R_z^{\text{пп}} = \left(\frac{G_a l_2^y}{l^y} + G_a \frac{h_g j^y}{l^y g} \right) \frac{1}{g} \frac{l_2}{L} + \left(\frac{G_a l_2^y}{l^y} + G_a \frac{h_g j^y}{l^y g} \right) \frac{1}{g} \frac{h_g j}{L j} \\ R_z^{\text{пн}} = \left(\frac{G_a l_1^y}{l^y} - G_a \frac{h_g j^y}{l^y g} \right) \frac{1}{g} \frac{l_2}{L} + \left(\frac{G_a l_1^y}{l^y} - G_a \frac{h_g j^y}{l^y g} \right) \frac{1}{g} \frac{h_g j}{L j} \\ R_z^{\text{зп}} = \left(\frac{G_a l_2^y}{l^y} + G_a \frac{h_g j^y}{l^y g} \right) \frac{1}{g} \frac{l_1}{L} + \left(\frac{G_a l_2^y}{l^y} + G_a \frac{h_g j^y}{l^y g} \right) \frac{1}{g} \frac{h_g j}{L j} \\ R_z^{\text{зл}} = \left(\frac{G_a l_1^y}{l^y} - G_a \frac{h_g j^y}{l^y g} \right) \frac{1}{g} \frac{l_1}{L} + \left(\frac{G_a l_1^y}{l^y} - G_a \frac{h_g j^y}{l^y g} \right) \frac{1}{g} \frac{h_g j}{L j} \end{cases}$$

Коефіцієнт гальмування

Де T_z - час, необхідний для зниження швидкості з 40 км/год до 20 км/год

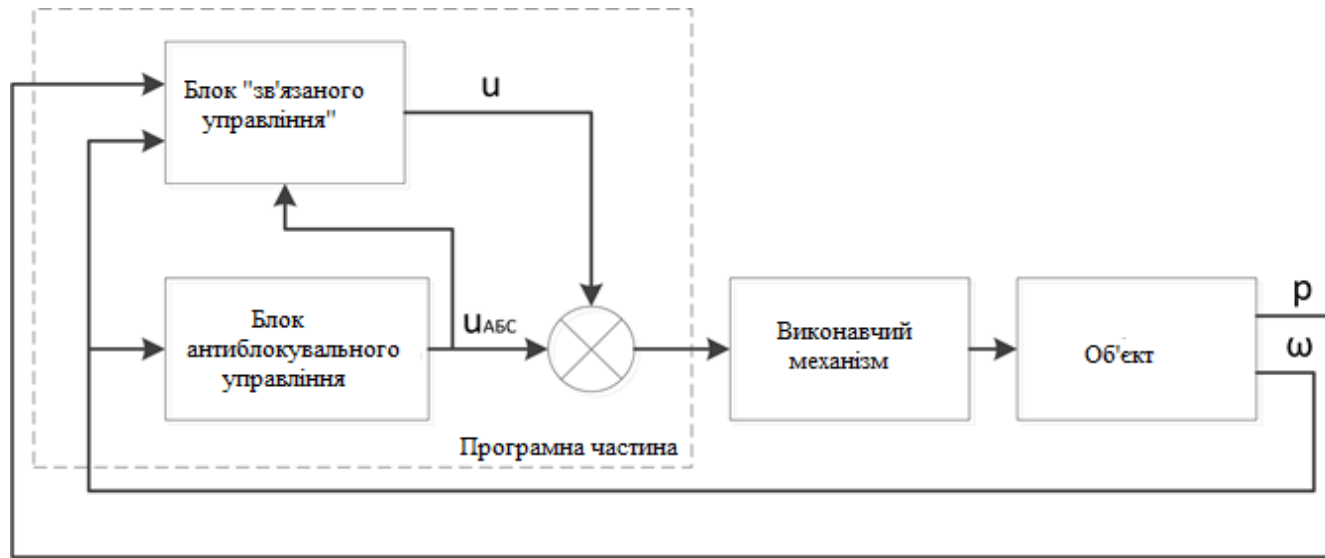
$$z_{AL} = \frac{0.566}{t_z}$$

Коефіцієнт використання сили зчеплення

де z_{AL} – максимальний коефіцієнт гальмування при включеному АБС
 k_M – коефіцієнт зчеплення

$$\varepsilon = \frac{z_{AL}}{k_M}$$

Структурна схема реалізації «пов'язаного управління»



Універсальність розробленого рішення досягається шляхом застосування коригуючого контуру управління до основного алгоритму індивідуального управління.

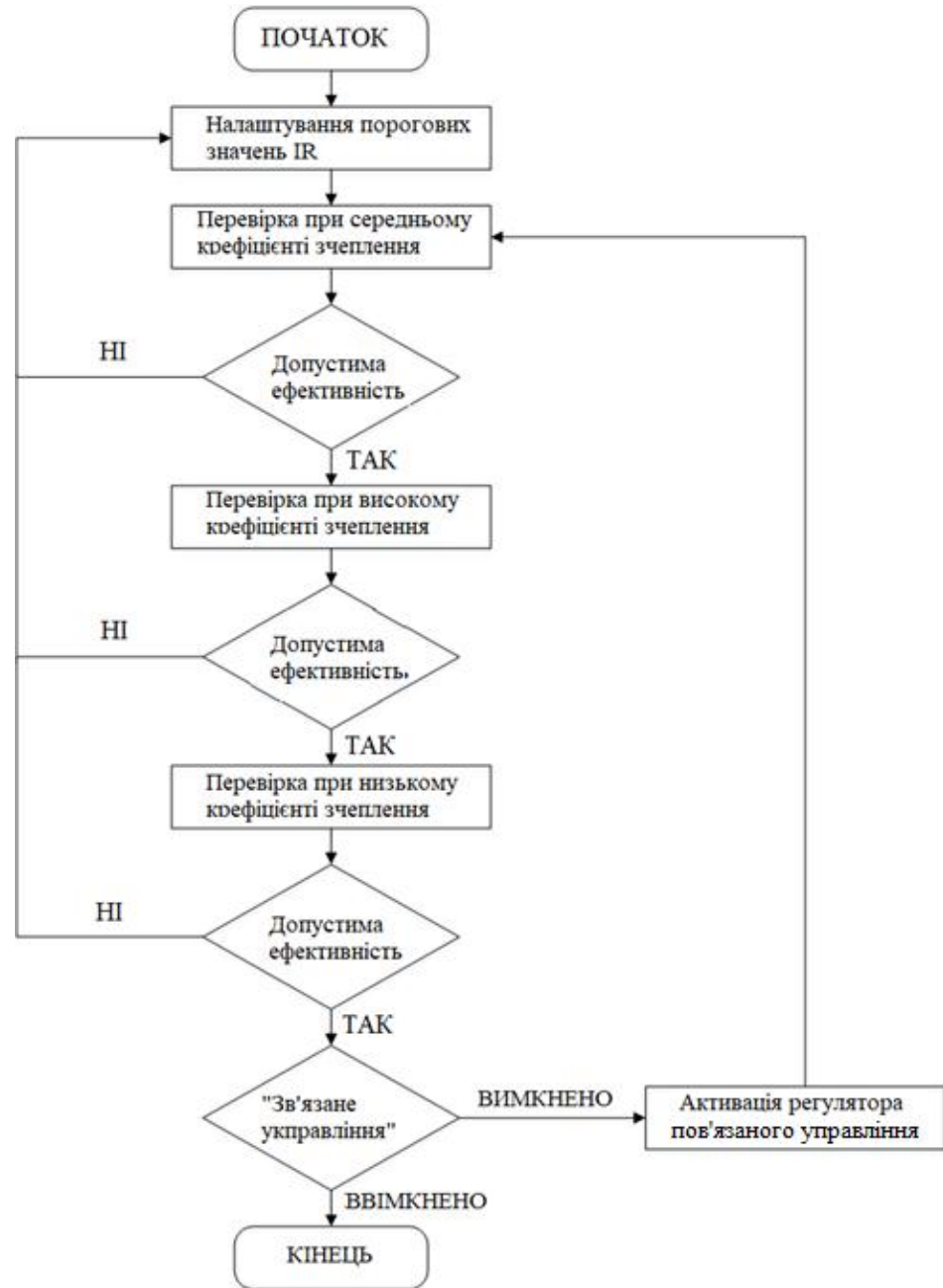
Алгоритм використання «пов'язаного управління»

З точки зору мети «пов'язаного управління», реалізація алгоритму приведена у вигляді завдання синтезу і включає в себе:

- вимір поточних значень кутових швидкостей коліс;
- визначення похідних від кутових швидкостей коліс і порівняння їх з пороговими значеннями від кутової швидкості;
- формування цільової швидкості автомобіля і порівняння її з поточною швидкістю колеса;
- визначення черговості блокування коліс;
- прогнозування зміни стану об'єкта з використанням якісного визначення зміни вертикальних реакцій;

Алгоритм управління повинен відповідати базовим вимогам:

- універсальність: інтеграції незалежно від базового принципу антиблокувального регулювання;
- адаптивність: адаптації до постійно змінюваних дорожніх умов і випадковим зовнішнім збудженням;
- стійкість: в разі зриву управління, максимальна ефективність повинна забезпечуватися базовим контуром АБС.



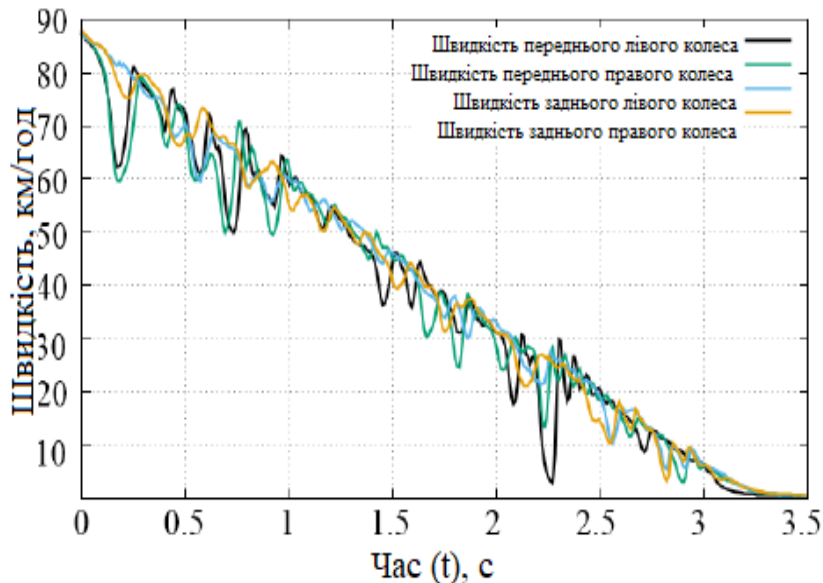
Результати досліджень з визначення ефективності АБС на мокрому асфальті

без «пов'язаного управління»

Заїзд №	час гальмування від 40 до 20 км/год, t, с	Коефіцієнт гальмування	коефіцієнт використовуваного зчеплення
1	2,512	0,225	0,94
2	2,617	0,216	0,9
3	2,572	0,22	0,92

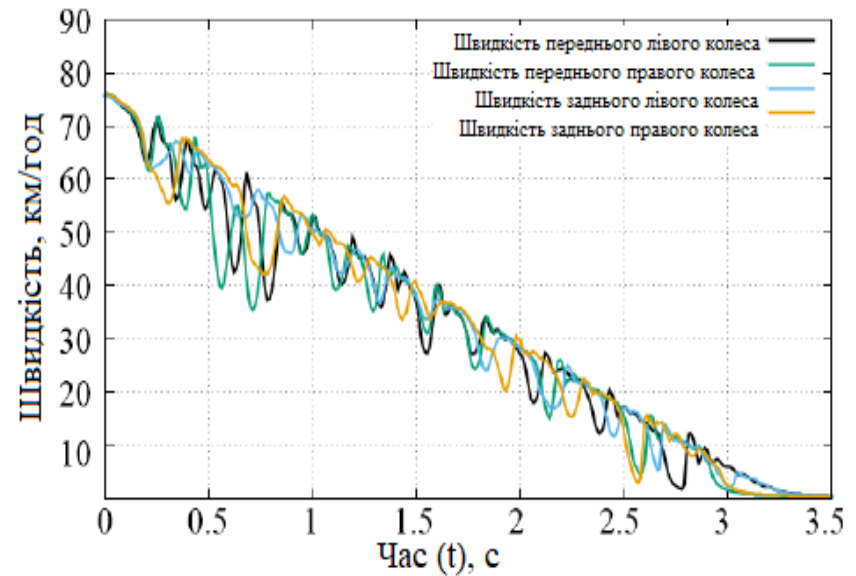
із застосуванням «пов'язаного управління»

Заїзд №	час гальмування від 40 до 20 км/год, t, с	Коефіцієнт гальмування	коефіцієнт використовуваного зчеплення
1	2,465	0,229	0,92
2	2,687	0,211	0,84
3	2,592	0,218	0,87



Кутові швидкостей коліс при роботі АБС

а) з індивідуальним (IR); б) пов'язаних управлінням



Результати досліджень з визначення ефективності АБС

Критерій оцінки ефективності застосування пов'язаного управління

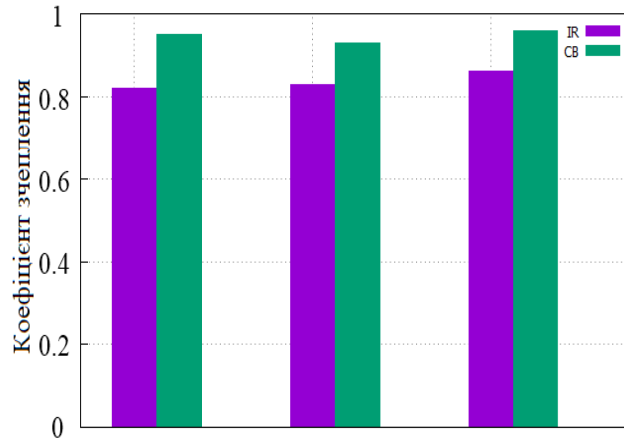
$$\delta k_A = \frac{k_A^{IR} - k_A^{CB}}{k_A^{IR}} 100\%$$

Результати порівняльного аналізу коефіцієнта запасу поперечної сили

Дорожні умови	k_A із застосуванням пов'язаного управління	k_A без пов'язаного управління	$\delta k_A, \%$
сухий асфальт	0,188	0,207	9,2
мокрый асфальт	0,222	0,238	6,7

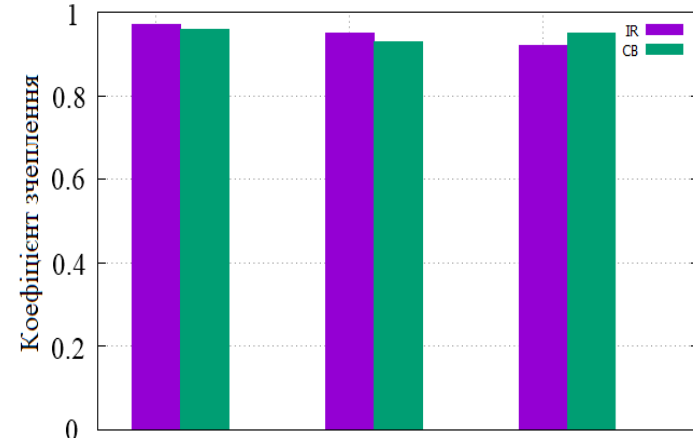
Результати порівняльних дорожніх

випробувань (сухий асфальт)



Результати порівняльних дорожніх

випробувань (мокрый асфальт)



РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ

Втрати на рік, які несе підприємство при виникненні ДТП $B_{\text{підпр.рік}} = 376\,500$ грн/рік.

Витрати на модернізацію АБС всіх автобусів підприємства $B_{\text{модерн}} = 737\,000$ грн

Термін окупності інноваційного проекту $T_o = \frac{737\,000}{376\,500} = 1,96$ року

1. Розроблено метод розрахунку і синтезу управління для контуру гальмівного управління. Метод дає рішення задачі гальмівного управління при екстремому гальмуванні з урахуванням взаємного впливу коліс кожної осі через перерозподіл вертикальних реакцій і взаємодії колеса з опорною поверхнею при індивідуальному антиблокувальному управлінні колесами.

2. Для виконання поставлених завдань було створено розрахунково імітаційний комплекс в програмному середовищі MATLAB Simulink з просторовою моделлю автомобіля. Розрахунково-імітаційний комплекс дозволив застосувати технологію віртуально-фізичного моделювання, що забезпечило можливість використання в розрахунку даних вимірюваних безпосередньо з автомобіля або гідравлічного стенду.

3. Застосування «пов'язаного управління» дозволяє підвищити гальмівну ефективність на дорогах з високим коефіцієнтом зчеплення до 12% при одночасному збільшенні запасу поперечних сил до 1,4%, що призводить до скорочення гальмівного шляху в екстремих ситуаціях. На дорогах з середнім коефіцієнтом зчеплення застосування «пов'язаного управління» дозволяє зберегти ефективність гальмування при одночасному збільшенні запасу поперечних сил до 2,3% в порівнянні з індивідуальним управлінням, тобто забезпечується поліпшення властивостей керованості і стійкості. На дорогах з низьким коефіцієнтом зчеплення «пов'язане управління» забезпечує пропорційне зниження ефективності гальмування і збільшення запасу поперечної сили (5%) в порівнянні з індивідуальним управлінням.

4. Проведено розрахунок економічної ефективності від використання удосконаленої АБС та визначено термін окупності її встановлення на транспортні засоби підприємства, який становить 1,96 року.

5. Розглянуті необхідні заходи щодо забезпечення потрібного рівня безпеки роботи в зоні поточного ремонту комунального підприємства «Вінницька транспортна компанія».