

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЛЬВІВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»

Шелудченко Володимир Віталійович

УДК 629.113-592.5

**АДАПТАЦІЯ АБС АВТОМОБІЛІВ, ЩО
ЕКСПЛУАТУЮТЬСЯ В АГРАРНОМУ СЕКТОРІ**

Спеціальність 05.22.02 – автомобілі та трактори

Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Львів – 2013

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в Сумському національному аграрному університеті Міністерства аграрної політики та продовольства України

Науковий керівник: доктор технічних наук, професор
Гецович Євгеній Мойсейович,
Харківській національний автомобільно-дорожній
університет, професор кафедри організації і безпеки
дорожнього руху.

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор
Подригало Михайло Абовіч,
Харківській національний автомобільно-дорожній
університет, завідувач кафедри технології машинобудування
та ремонту машин.

кандидат технічних наук, доцент
Коляса Остап Леонідович,
Національний університет «Львівська політехніка»,
доцент кафедри автомобілебудування.

Захист відбудеться “20” березня 2013 р. о 15³⁰ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради К 35.052.20 при Національному університеті «Львівська політехніка» за адресою: 79013, м. Львів, вул. Степана Бандери, 12, корп. XIV, ауд. 61.

З дисертацією можна ознайомитися у бібліотеці Національного університету «Львівська політехніка» за адресою: 79013, м. Львів, вул. Степана Бандери, 12

Автореферат розісланий

“20” лютого 2013 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради



О.В. Дубянський

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Застосування в гальмівних системах автомобілів антиблокувальних систем (АБС), які унеможливають блокування коліс автомобіля при гальмуванні, забезпечує збереження керованості та стійкості руху. Але відомі алгоритми функціонування АБС не враховують перерозподіл навантаження на колеса автомобіля при непрямолінійному русі, що не дозволяє у повній мірі використовувати навантажувально-зчіпні можливості коліс, а це негативно впливає на показники ефективності гальмування, керованості та курсової стійкості руху. Тому дослідження, спрямовані на покращення використання навантажувально-зчіпних можливостей коліс, і, як наслідок, підвищення показників ефективності гальмування, керованості та курсової стійкості руху автомобілів, є актуальними.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Тематика дисертаційної роботи є складовою частиною теми “Розробка наукових основ синтезу трансмісій та адаптивних гальмівних систем транспортних машин в агропромисловому комплексі України” (тема ДР №0104U003359) та плану робіт НТСКБ “Полісвіт” ДНВП “Об’єднання Комунар” (технічне завдання № ІЯЄВ 271/42-2006) зі створення АБС для автомобілів сімейства КраЗ. Роль автора у виконанні зазначених науково-дослідних робіт полягає у наступному:

- визначив характеристики доріг, які впливають на процеси керування гальмуванням та обумовлюють необхідність вдосконалення алгоритмів функціонування АБС;
- довів необхідність та запропонував спосіб підвищення керованості та курсової стійкості руху автомобіля з АБС шляхом коригування у процесі гальмування коефіцієнту пробних впливів в залежності від поздовжнього та кутового прискорення автомобіля;
- виконав на математичних моделях порівняльний аналіз показників ефективності гальмування, керованості та курсової стійкості руху автомобіля до та після вдосконалення алгоритму функціонування АБС.

Мета і завдання дослідження. Мета дослідження полягає у підвищенні ефективності гальмування та курсової стійкості руху автомобіля з АБС шляхом удосконалення алгоритмів функціонування АБС.

Для досягнення цієї мети необхідно визначити та вирішити наступні завдання:

- проаналізувати характеристики доріг, які можуть впливати на показники гальмівної ефективності та курсової стійкості руху автомобіля;
- виконати попередню оцінку впливу характеристик доріг на процеси гальмування автомобіля з АБС;
- визначити необхідні та можливі напрямки удосконалення алгоритмів функціонування АБС;
- розробити заходи щодо удосконалення алгоритмів функціонування АБС;
- розробити математичну модель гальмування автомобіля, обладнаного АБС, у тому числі – з удосконаленим алгоритмом функціонування;
- виконати порівняльну оцінку ефективності гальмування та курсової стійкості руху автомобіля при гальмуванні до та після удосконалення алгоритму функціонування АБС.

Об'єкт дослідження – процеси гальмування автомобіля, обладнаного АБС.

Предмет дослідження – закономірності впливу характеристик доріг, коефіцієнтів чутливості та пробних впливів на показники гальмівної ефективності та курсової стійкості руху автомобіля при гальмуванні.

Методи дослідження. Для вирішення поставлених завдань застосовувались наступні методи: обробки статистичних даних, вирішення задач динаміки за допомогою рівнянь кінетостатики, чисельні методи вирішення диференціальних рівнянь, математичного моделювання динамічних процесів, експериментальних досліджень характеристик модулятора тиску як ланки ланцюга автоматичного керування.

Наукова новизна отриманих результатів.

Вперше:

- виявлений вплив підйомів, спусків та кривизни дороги на робочі процеси алгоритму АБС;
- доведена необхідність впливу на робочі процеси АБС при гальмуванні в повороті;
- визначений та досліджений спосіб підвищення гальмівної ефективності та курсової стійкості руху автомобіля з АБС при гальмуванні в повороті;
- винайдені залежності для коригування коефіцієнту пробних впливів залежно від поздовжнього та кутового прискорення автомобіля при гальмуванні в повороті.
- продовжений подальший розвиток методів синтезу алгоритмів функціонування АБС.

Практичне значення отриманих результатів. Розроблені рекомендації щодо удосконалення алгоритмів функціонування АБС можуть бути використані при проектуванні АБС для колісних транспортних засобів.

Запропонований та досліджений спосіб підвищення гальмівної ефективності та стійкості руху автомобіля при гальмуванні в повороті використані НТСКБ «Полісвіт» ДНВП «Об'єднання Комунар» при розробці технічного завдання на розробку АБС для вантажних автомобілів сімейства КрАЗ (документ ІЯЄВ 271/42-2006) та реалізовані у експериментальному зразку контролера АБС.

Результати дослідження використовуються в Сумському національному аграрному університеті в лекційному курсі «Системи автоматичного керування гальмуванням колісних машин» у навчальному процесі підготовки магістрів інженерів-механіків за спеціальністю 8.091902 «Механізація сільського господарства».

Особистий внесок здобувача. За час написання дисертаційної роботи автором особисто опубліковано дві роботи [1,2]. У наукових працях, опублікованих зі співавторами, особистий внесок здобувача полягає у наступному:

– виконав дослідження поздовжніх нахилів доріг та оцінив їх вплив на процес автоматичного керування гальмуванням, показав доцільність та необхідність коригування алгоритму функціонування АБС [3];

– якісно розглянув та виявив негативний вплив перерозподілу навантажувально-зчіпних умов при гальмуванні в повороті на робочі процеси АБС [4];

– дослідив та проаналізував вплив відцентрової сили при гальмуванні на опуклій та увігнутій поверхні, отримав та проаналізував результати математичного моделювання роботи ділянки пневматичного гальмівного приводу (ПГП) з АБС (модулятор тиску зі змінними прохідними перетинами) [5, 9];

– виконав порівняльний аналіз результатів теоретичного та експериментального дослідження модулятора тиску зі змінними прохідними перетинами [6];

– виконав моделювання процесу гальмування вантажного автомобіля з ПГП і АБС та перевірів вплив змінних коефіцієнтів чутливості та пробних дій на ефективність гальмування, керованість та курсову стійкість [7];

– обґрунтував необхідність та отримав залежність для коригування коефіцієнту пробних впливів у дуальних адаптивних алгоритмах;

– винайшов новий процес автоматичного керування гальмуванням колісної машини [8].

Апробація результатів дисертації. Основні положення дисертації доповідалися, обговорювалися та отримали позитивну оцінку на :

- міжнародній науково-практичній конференції «Аграрний форум» (Сумський національний аграрний університет, м. Суми, 2006-2010рр.)
- V-VII міжнародних семінарах «Перспективи розвитку автомобіле- і тракторобудування» (Національний технічний університет Харківський політехнічний інститут, м.Харків, 2006-2008рр.)
- міжнародній науково-практичній конференції «Технічний прогрес в АПК» (Харківський національний технічний університет сільського господарства ім. Петра Василенка, м.Харків, 2008р.)

У повному обсязі дисертаційну роботу обговорено та схвалено на розширеному спільному науковому семінарі кафедр «Тракторів та сільськогосподарських машин», «Експлуатації техніки», «Проектування технічних систем», «Технічного сервісу» Сумського національного аграрного університету та кафедр «Транспортних систем», «Технічної експлуатації і сервісу автомобілів», «Технології машинобудування і ремонту машин» Харківського національного автомобільно-дорожнього університету (2011 р.).

Публікації. Основні складові положення дисертаційної роботи надруковані у дев'яти наукових працях, з яких : сім статей, надрукованих у спеціалізованих фахових виданнях ВАК України, отриманий один патент на винахід та опубліковані одні тези доповіді на конференції.

Структура та обсяг дисертації. Дисертаційна робота складається із вступу, чотирьох розділів, загальних висновків та рекомендацій, списку використаних джерел із 110 найменувань, трьох додатків. Основна частина містить 126 сторінок, 11 таблиць і 49 рисунків. Загальний обсяг роботи викладений на 139 сторінках.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтовано актуальність теми дисертаційної роботи, сформульовано мету і завдання дослідження, викладені положення, що визначають наукову новизну та практичне значення роботи.

У першому розділі розглянуто стан питань, пов'язаних зі створенням та дослідженням антиблокувальних систем (АБС). Виконано порівняльний аналіз алгоритмів функціонування (законів керування) АБС.

Численні роботи, що наводять результати випробувань різноманітних АБС, відзначають позитивний вплив АБС на гальмівну динаміку. Проте, виникають деякі питання, пов'язані з підвищеними витратами стислого повітря у ПГП, законами керування, що використовуються в АБС, тобто характером процесу регулювання та ін., які необхідно вирішувати для підвищення стійкості та керованості автомобіля при гальмуванні з АБС.

Питанням створенню і дослідженню АБС присвячені праці Автушка В.П., Альокси М.М., Ахметшина А.М., Балакіна В.Д., Гецовича Є.М., Гредескула А.Б., Грішкевича А.І., Гуревича Л.В., Іларіонова В.А., Кишкевича П.Н., Косолапова Г.М., Ломаки С.І., Меламуда Р.А., Метлюка М.Ф., Морозова Б.І., Нефедьєва Я.М., Петрова В.О., Петрова М.О., Пчеліна І.К., Ревіна О.О., Северіна О.О., Фалькевича Б.С., Федосова О.С., Флерко І.М., Фрумкіна А.К., Ходирєва С.Я., Burkhardt M., Grabowski J., Hallett R.C., Ho T., Koester H., Leiber H., Mitschke M., Schlichenmaier A., Schmidt D., Schramm H., Wiegner P., Wolff H. та ін.

Посилено ведуться роботи по вдосконаленню АБС такими всесвітньо відомими компаніями, як Bendix Commercial Vehicle Sys, Bosch, General Motors, Girling, Haldex, Knorr Bremse Systeme, Mullard, Wabco, FIAT, TOYOTA, NISSAN, HONDA та ін.

Дана робота виконана у розвиток робіт з удосконалення дуальних адаптивних систем керування гальмуванням.

Із урахуванням тенденцій розвитку та обсягу застосування в роботах Ахметшина А.М., Гецовича Є.М., Северіна О.О., Альокси М.М., Ломаки С.І. виділяються наступні алгоритми функціонування АБС: релейний циклічний, з керованою пульсацією, багатofазний нециклічний алгоритм, лінійний безперервний (дуальний адаптивний). Не зважаючи на те, що лінійний безперервний відноситься до нерелейного способу, його відокремлено від основної групи, тому що він є одним з найперспективніших способів, який потребує додаткової уваги.

У зв'язку з тим, що в процесі гальмування навантажувально-зчіпні умови можуть змінюватися, в одноциклових АБС зазвичай передбачають можливість повторення настроюваного циклу при істотній зміні навантажувально-зчіпних умов. Оскільки своєчасне виявлення необхідності перенастроювання можливо тільки за характером зміни кутового прискорення колеса, для формування сигналу на повторення настроюваного циклу в логічній пристрій вводять додаткові граничні елементи, що контролюють вихід величини цього параметра за межі припустимого діапазону.

Недостатня завадостійкість до зміни динамічного стану коліс автомобіля циклічних і одноциклових алгоритмів, виявлена у процесі досліджень, обумовила пошуки інших, більш завадостійких груп алгоритмів. До числа таких алгоритмів належить група багатofазних нециклічних.

У відповідності до принципу побудови багатofазних нециклічних алгоритмів для формування керуючих сигналів використовується не менш ніж два контрольованих параметри, один із яких диференційний, наприклад, кутове

прискорення колеса, а інший - інтегральний, наприклад, кутова швидкість колеса або його відносне поздовжнє ковзання. Формування керуючих сигналів здійснюють шляхом паралельного порівняння обох параметрів з наперед заданими значеннями та подачі сигналів на відповідне перемикання фаз залежно від співвідношення величин параметрів та уставок.

Відповідно до цього алгоритму керування гальмуванням перемикання фаз регулювання виконується релейно, але суворе чергування фаз відсутнє. Передбачено фази швидкого підвищення та зниження тиску, фіксація його на постійному рівні та фази повільного підвищення та зниження тиску. Перемикання зі швидкого темпу зміни тиску на повільний відбувається поблизу оптимального динамічного стану колеса. Переривання фаз зміни тиску фазами відсічення відбувається тільки при повільній зміні тиску. Частота переривання й тривалість фази відсічення задані заздалегідь. Частота переривання вибирається у діапазоні 4...10 Гц, а співвідношення тривалості фази зміни тиску до тривалості фази відсічення — у діапазоні 0,5...1,5. Як контрольовані параметри використовуються кутове прискорення колеса $\dot{\omega}$ та його відносне поздовжнє ковзання S .

Виконаний аналіз робіт зі створення та удосконалення алгоритмів функціонування та конструкцій АБС дозволяє зробити наступні висновки:

- з точки зору завадостійкості процесу автоматичного регулювання гальмування коліс автомобіля прийнятні показники можуть забезпечити тільки багатофазні нециклічні та лінійні безперервні алгоритми функціонування АБС;
- з точки зору якості регулювання більш перспективними уявляються алгоритми лінійного безперервного керування (дуальні адаптивні), оскільки в їх основу закладено принцип «пошуку» заздалегідь невідомого максимуму зчіпних можливостей колеса;
- усі роботи щодо синтезу дуальних адаптивних (як і будь-яких інших) алгоритмів функціонування АБС виконані на підставі аналізу процесів гальмування автомобіля при прямолінійному русі, після чого виконана оцінка впливу АБС на керованість та стійкість руху при гальмуванні з одночасним маневруванням. Тобто питання раціонального перерозподілу зчіпних можливостей коліс у поздовжньому та боковому напрямках при гальмуванні не розглядалось;
- неврахування можливої потреби у перерозподілі зчіпних можливостей при гальмуванні на дорогах із суттєвою кривизною може призвести до недостатньої керованості та курсової стійкості руху автомобіля.

З урахуванням проведеного порівняльного аналізу алгоритмів функціонування (законів керування) АБС, сформульована мета і завдання дослідження.

Другий розділ присвячений вияву можливого впливу особливостей маршрутів перевезень та геометричних характеристик доріг на гальмівну ефективність, керованість та курсову стійкість руху автомобілів з АБС при гальмуванні.

Вид перевезень визначає відстань та географію перевезень, які, у свою чергу, обумовлюють вибір маршруту. Автором проаналізовані маршрути перевезень, виконаних у 26 агрогосподарствах Сумської області протягом 2008-2009 р.р.

Відомо, що суттєво впливати на показники керованості та стійкості автомобілів при гальмуванні можуть наступні геометричні параметри доріг:

- радіуси кривизни у горизонтальній площині;
- радіуси кривизни у вертикальній площині;
- поздовжні похили.

Порівняльний аналіз доріг, виконаний саме за цими параметрами, показує, що більше половини поворотів (54%) доріг місцевого значення мають радіус кривизни до 50 м, а майже всі (90%) – до 100 м. У той же час на дорогах регіонального значення більше половини (52%) поворотів мають радіус кривизни більше, ніж 150 м.

У вертикальній площині радіуси кривизни доріг місцевого значення знаходяться у діапазоні до 2 км, а доріг регіонального значення майже всі (86%) – більше 2 км. Поздовжні нахили доріг місцевого значення змінюються у діапазоні до 10%, а доріг регіонального значення – до 7%. При цьому максимум розподілу значень нахилів для доріг місцевого значення знаходиться в інтервалі 6-7%, а для доріг регіонального значення – в інтервалі 2-4%.

Крім наведених значень геометричних параметрів доріг слід враховувати ще й щільність розташування поворотів та нахилів на дорогах.

Таким чином, дороги місцевого значення відрізняються від доріг регіонального значення суттєво меншими радіусами поворотів, більшими значеннями нахилів та більш високою (~ у 3 рази) щільністю розташування поворотів та нахилів. Ці особливості обумовлені тим, що будівництво доріг місцевого значення з метою зменшення його собівартості виконується з мінімумом витратних земельних робіт, тобто ці дороги прокладаються практично по реально існуючому рельєфу місцевості.

З урахуванням того, що середня протяжність криволінійних ділянок складає 80-150 м, а протяжність нахилів – 300-500 м, можна зробити висновок про те, що автомобіль на дорозі місцевого значення майже постійно рухається по непрямим або негоризонтальних ділянках. Це обумовлює дуже високу ймовірність гальмування саме на таких ділянках. Цей висновок обґрунтовує актуальність вирішення задачі оцінки адаптивних властивостей АБС при гальмуванні на непрямим або негоризонтальних ділянках дороги та визначення заходів підвищення цих властивостей.

Поздовжні нахили доріг впливають на перерозподіл навантаження на колеса автомобіля та визначають співвідношення гальмівних сил на колесах. Крім того в якості чутливого елемента датчика поздовжнього прискорення в АБС використовують датчики інерційного типу, показання яких залежать від наявності та величини нахилу. Це може вплинути на робочі процеси АБС, тому ступінь впливу показань датчиків потребує окремого дослідження.

На рис.1 наведена схема сил, що діють на автомобіль при гальмуванні на поздовжньому нахилі дороги, з якої видно, що сумарна сила притискання коліс до дороги зменшується на добуток $\cos \alpha$, а також виникає додаткова поздовжня сила.

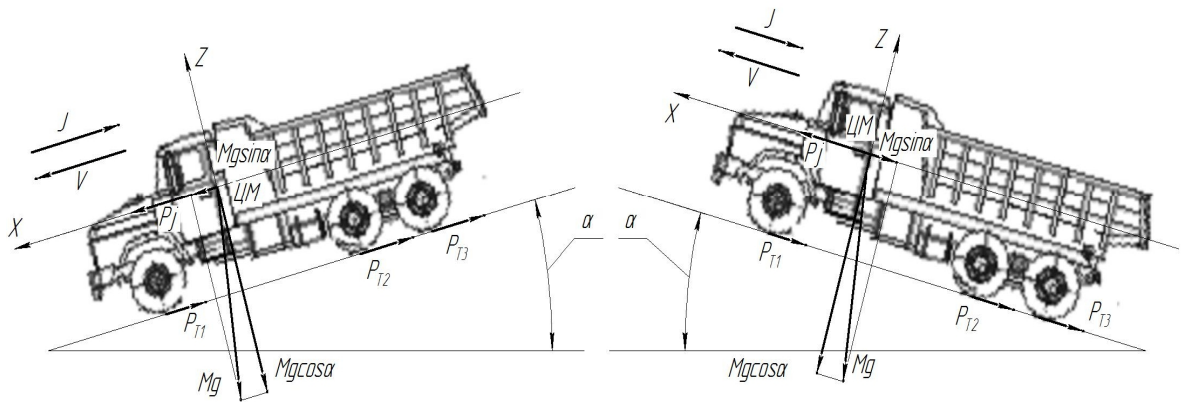


Рис.1. Схема сил, що діють на автомобіль при гальмуванні на нахилі та підйомі.

Для оцінки впливу зміни навантажувально-зчіпних умов на нахилах (підйомах) на робочі процеси дуальних адаптивних систем треба з'ясувати, як ці зміни вплинуть на вихідні сигнали датчика поздовжнього уповільнення, що використовуються для формування керуючого сигналу. Для цього звернемося до схеми (рис.2).

Вихідний сигнал датчика пропорційний зміщенню його інерційного елементу, яке пропорційне сумі проєкцій сил, які діють на рухомий елемент у напрямку його зміщення. Цей напрямок співпадає із поздовжньою віссю автомобіля, що обумовлено схемою розміщення датчика на автомобілі.

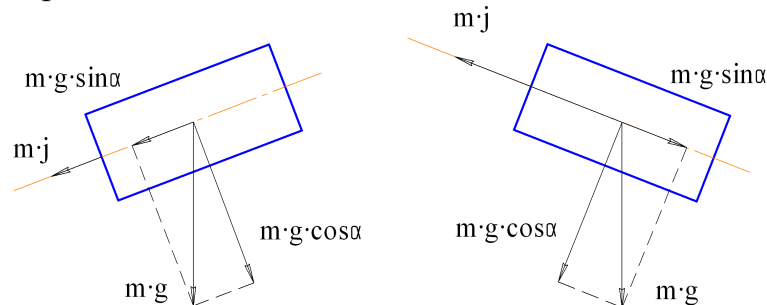


Рис.2. Схема визначення показань датчика поздовжнього уповільнення автомобіля.

Тобто, вихідний сигнал датчика поздовжнього уповільнення на поздовжньому нахилі (підйомі) зменшується порівняно із гальмуванням на горизонтальній дорозі. Зменшується і сумарна гальмівна сила, пропорційна зусиллю притискання коліс до дороги у $\cos \alpha$ разів.

На відміну від гальмування на прямолінійній ділянці, коли відбувається тільки перерозподіл вертикального навантаження на колеса під впливом поздовжньої сили інерції гальмування у повороті супроводжується ще й перерозподілом цього навантаження по бортах автомобіля внаслідок дії відцентрової сили інерції

$$Q_j = \frac{m \cdot V^2}{R} \quad m \cdot j_y, \quad (1)$$

де V – швидкість руху автомобіля;

R – радіус кривизни траєкторії руху автомобіля;

j_y – бокове прискорення автомобіля.

Унаслідок дії P_j та Q_j максимальне навантаження буде на переднє зовнішнє колесо (індекс 1л на рис.3), мінімальне – на заднє внутрішнє (індекс 2п на рис.3), а значення навантажень на переднє внутрішнє та заднє зовнішнє колеса знаходитимуться між ними. У зв'язку з цим приблизні фазові діаграми процесів регулювання гальмування при незалежному керуванні гальмуванням усіх колес мають вигляд, наведений на рис.3.

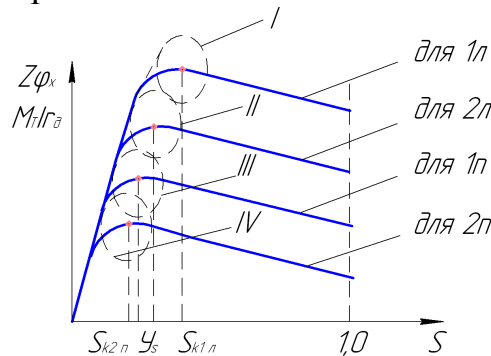


Рис.3. Зміна фазової діаграми для різних коліс автомобіля при гальмуванні у повороті:

- - крива зміни $Z\varphi_x$ (гальмівна сила у контакті коліс із дорогою);
- - - - - крива зміни M_T / r_d (сила тертя у гальмівному механізмі).

Розглянуте зміщення S_k внаслідок динамічного перерозподілу вертикального навантаження по вісях та бортах автомобіля при гальмуванні у повороті призводить до того, що при налаштуванні багатофазних нециклічних АБС на $Y_s \approx S_k$, а дуальних адаптивних АБС – на $j_x = j_{x_{cp}}$ на передньому зовнішньому колесі спостерігається недовикористання навантажувально-зчіпних умов (середнє значення M_T / r_d знаходиться лівіше S_k), а на задньому внутрішньому відбувається перегальмовування (середнє значення M_T / r_d знаходиться правіше S_k). Тобто у першому випадку відбуватиметься зниження ефективності гальмування, а у другому – зниження запасу стійкості руху автомобіля.

Усунення цих негативних явищ можливе за рахунок коригування параметрів алгоритмів функціонування АБС. У багатофазних нециклічних АБС порогове значення уставки Y_s слід збільшувати для коліс передньої вісі пропорційно j_x та коліс зовнішнього борту – пропорційно j_y , а для коліс задньої вісі та внутрішнього борту – відповідно зменшувати. В дуальних адаптивних АБС таким параметром є коефіцієнт пробних впливів K_{II} , який треба змінювати аналогічно Y_s .

Третій розділ складається з побудови математичної моделі процесу гальмування автомобіля з АБС.

Питанням моделювання динаміки руху автомобілів взагалі та у гальмівному режимі зокрема присвячено багато робіт як вітчизняних, так і іноземних дослідників. Серед них слід виділити роботи Антонова Д.А., Біленького Ю.Г.,

Волкова В.П., Гецовича Є.М., Іларіонова В.О., Дем'янюка В.А., Литвинова О.С., Подригало М.А., Пчеліна І.К., Ревіна О.О., Фаробіна Я.Є., Фрумкіна А.К. та ін.

Розроблена нами модель базується на відомих моделях процесів гальмування тривісних автомобілів і виконана у вигляді, як відомих, так і розроблених блоків, що описують закон керування процесом гальмування та процеси модуляції тиску у виконавчих апаратах гальмівного приводу. Таким чином, математична модель складається з наступних блоків :

- блок рівнянь, що описує рух підресореної та трьох непідресорених мас з урахуванням пружньо-дисипативних функцій підвіски та шин;
- блок рівнянь, що описує взаємодію еластичних коліс із опорною поверхнею;
- модель функціонування пневматичного гальмівного приводу та гальмівних механізмів;
- блок рівнянь, що імітує роботу електронного контролера АБС;
- блок рівнянь, які описують модуляцію тиску стисненого повітря у виконавчих апаратах гальмівного приводу.

Розробці моделей функціонування пневматичних приводів взагалі та пневматичних гальмівних приводів зокрема присвячені чисельні роботи Біленького Ю.Б., Богомоллова В.О., Герц О.В., Дольберга В.І., Крамського О.В., Клименко В.І., Метлюка М.Ф., Туренко А.М., та багатьох інших вчених. Більшість цих моделей пройшли апробацію, їх адекватність доведена чисельними експериментами.

Нами використана модель роботи гальмівного приводу, апробована на прикладі пневматичного гальмівного приводу автомобіля КрАЗ-6510. У цій роботі визначені місця установки в гальмівний привод модуляторів тиску АБС, отримані рекомендації щодо вибору раціональної частоти імпульсної модуляції тиску у виконавчих апаратах гальмівного приводу (5-7 Гц), а вся модель функціонування приводу адаптована до роботи у складі АБС із широтно-імпульсною модуляцією тиску. Ця модель удосконалена автором у частині імітації роботи модулятора тиску зі змінними прохідними перетинами впускних та випускних каналів.

Для отримання характеристик модулятора тиску виконані експериментальні дослідження процесу модуляції тиску. Стенд для випробувань представляє собою модернізовану гілку першого контуру ПГП автомобіля КрАЗ – 6510, яка складається з модулятора тиску (рис.5), ресиверів, клапана прискореної дії, компресора, кранів, виконавчого апарату, джерела живлення, датчиків тиску та інших приладів та апаратури (рис.6).

Мета експериментальних досліджень полягала в отриманні циклограм зміни тиску у виконавчому апараті гальмівного приводу (див. рис. 7) при фіксованих значеннях скважності імпульсного сигналу (C):

$$C = \frac{t_p}{T}. \quad (2)$$

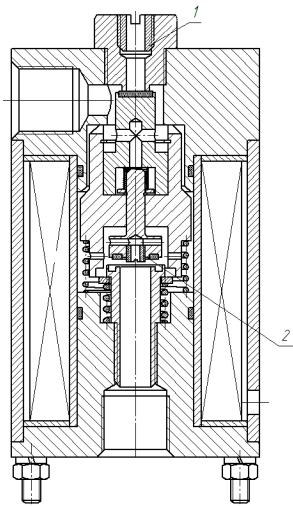
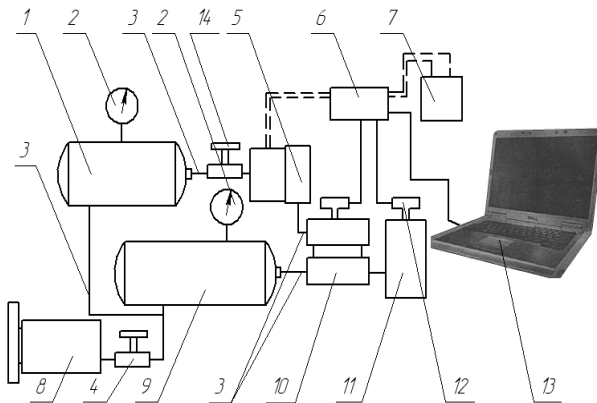
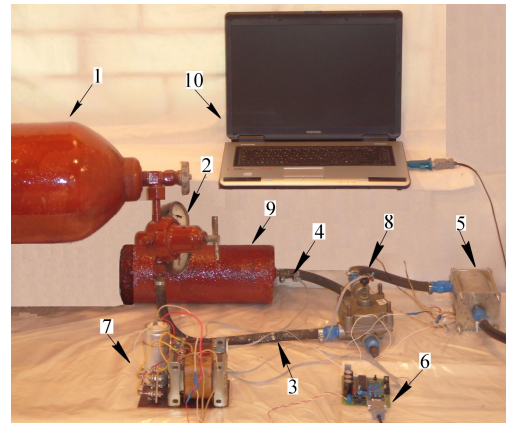


Рис.5. Модулятор тиску зі змінними прохідними перетинами (зразок для дослідження): а – конструктивна схема, б – модулятор тиску в розібраному стані.



а)



б)

Рис.6. Стенд для проведення експериментальних досліджень:

а – схема стану; б – загальний вигляд стану; 1, 9 – ресивер; 2 – стрілочний манометр; 3 – трубопровід; 4, 14 – кран роз'єднувальний; 5 – модулятор тиску; 6 – джерело імпульсних сигналів з аналого – цифровим перетворювачем; 7 – джерело живлення; 8 – компресор; 10 – клапан прискореної дії; 11 – виконавчий апарат; 12 – датчик тиску; 13 – комп'ютер.

Слід відзначити, що при $C < 0,1$ внаслідок обмеженої швидкодії електромеханічної частини модулятора тиску фаза розгальмовування не здійснювалась, а при $C > 0,9$ за тієї ж причини не реалізовувалась фаза загальмовування. Тобто робочий діапазон регулювання шпаруватості імпульсного сигналу обмежувався умовою

$$0,1 \leq C \leq 0,9. \quad (3)$$

У цьому діапазоні отримані циклограми, аналогічні рис. 7, при зміні шпаруватості із кроком 0,1 та частоті 7 Гц, визначені відповідні значенню шпаруватості значення $P_{сер}$ та побудована графічна залежність (див. рис. 8)

$$P_{сер} = P_{сер}(C). \quad (4)$$

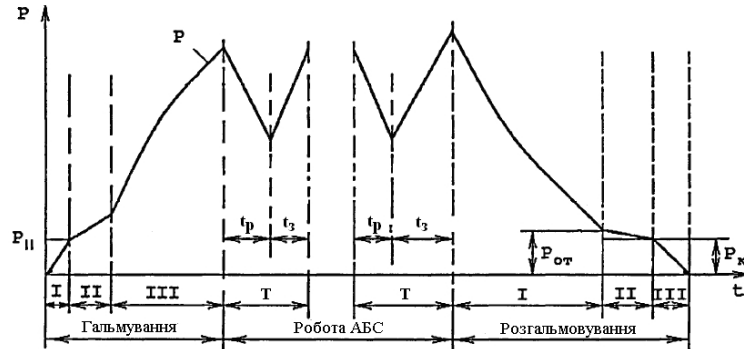


Рис.7. Приклад циклограми імпульсної модуляції тиску у виконавчому апараті пневматичного гальмівного приводу:

T – період імпульсного сигналу, t_3 – тривалість фази загальмовування (підвищення тиску), t_p – тривалість фази розгальмовування, $P_{сер}$ – середнє значення тиску у виконавчому апараті при фіксованих T та t_p .

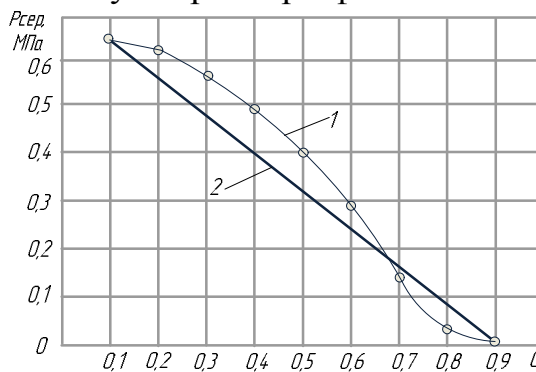


Рис.8. Експериментальна залежність середнього тиску у виконавчому елементі гальмівного приводу від шпаруватості імпульсної модуляції.

1 – експериментальна залежність; 2 – лінійна апроксимуюча залежність.

При моделюванні роботи контролера слід врахувати наступне:

- цифрові технології, що застосовуються у контролері, дозволяють із великою точністю реалізувати будь-який закон автоматичного керування гальмуванням;
- термін обробки інформації та зміни вихідного керуючого сигналу в контролері не перевищує 10^{-4} с, тому затримками обробки вхідних та коригування вихідних сигналів можна знехтувати;
- усі затримки в електричній та електронній частинах АБС залежать від частоти оновлення інформації на вході контролера, яка, в свою чергу, залежить від кількості зубців ротора колісного датчика кутової швидкості колеса. При кількості зубців більше 60 вважається, що термін оновлення інформації не перевищує кроку розрахунків у контролері. В АБС вантажних автомобілів

кількість зубців складає 90 або 120. Тому згаданими затримками можна знехтувати.

Таким чином, виходячи із вищенаведеного, математичний опис роботи електронного контролера АБС зводиться лише до формалізованого опису закону керування гальмуванням. На підставі опублікованих праць щодо синтезу закону автоматичного керування гальмуванням до дослідження прийнято дуальний адаптивний закон функціонування АБС із широтно-імпульсною модуляцією тиску у виконавчих апаратах гальмівного приводу, формалізований запис якого має вигляд

$$\begin{cases} C_{ij} = C_0 + K_q \cdot \int_0^t (\dot{\omega}_{ij} - \frac{K_n \cdot j}{r_{dij}}) dt; \end{cases} \quad (5)$$

$$\begin{cases} C_{ij} = const \text{ при } \dot{\omega}_{ij} > 0; \end{cases} \quad (6)$$

$$\begin{cases} C_{ij} = -K_c \cdot t + C'_{0ij} \text{ при } \omega_{ij} = 0, j \neq 0, \end{cases} \quad (7)$$

де C_0 – постійне значення скважності керуючого сигналу, що відповідає максимальному тиску у гальмівному приводі;

K_q – коефіцієнт чутливості системи до зміни динамічного стану колеса;

K_n – коефіцієнт пробних впливів, який забезпечує «пошук» максимуму коефіцієнта зчеплення колеса з дорожньою поверхнею;

K_c – коефіцієнт, який задає темп зниження тиску у разі повного блокування колеса;

C'_{0ij} – значення C_{ij} у момент перемикання роботи системи.

Значення K_q та K_n у виразі (5) задаються згідно з

$$K_q = \frac{1}{-0,1653 \cdot j^2 - 0,4808 \cdot j + 20,6929}; \quad (8)$$

$$K_{nij} = K_{no} - a \cdot S_{ij} + b \cdot j, \quad (9)$$

де $K_{no}=1,435$ – початкове значення коефіцієнту пробних впливів на момент початку гальмування;

a, b – постійні коефіцієнти, які визначаються за винайденою нами методикою (8).

Наведена у розділі модель дозволяє виконати аналіз впливу коефіцієнтів чутливості та пробних дій у дуальних адаптивних АБС на показники ефективності гальмування, керованості та стійкості руху автомобіля при гальмуванні у повороті.

У четвертому розділі проведено моделювання та дослідження впливу коефіцієнтів чутливості та пробних дій, розроблений програмний комплекс для математичного моделювання процесу гальмування АТЗ, обладнаного АБС, виявлено оптимальні значення коефіцієнтів, які дозволяють досягти максимальну з можливих для запропонованих умов, ефективність гальмування, мінімальні гальмівний шлях, курсове відхилення автомобіля та мінімальне бокове відхилення від заданої траєкторії при криволінійному русі.

Моделювання процесів гальмування автомобіля виконано на прикладі вітчизняного вантажного автомобіля КрАЗ-6510 у два етапи.

На першому етапі досліджувався вплив різних сполучень постійних коефіцієнтів чутливості та пробних впливів на показники гальмівної динаміки (гальмівний шлях S_T , курсове відхилення автомобіля ψ , бокове відхилення автомобіля від заданої траєкторії Δ), а на другому етапі – вплив змінного коефіцієнта пробних впливів на ті ж показники.

Для виконання моделювання математичний опис процесів реалізовано у програмі, алгоритм якої показаний на рис. 9.

Врахування впливу водія на процес руху автомобіля (блок «Модель водія») у вигляді повороту керованих коліс виконано згідно методики, відповідно до якої кут повороту керованих коліс водій задає у залежності від швидкості руху автомобіля, його курсового та бокового відхилення від бажаної траєкторії руху.

При моделюванні варіювалися наступні параметри:

- початкова швидкість V ;
- коефіцієнт зчеплення коліс із опорною поверхнею $\Phi_{x\max}$;
- радіус кривизни дороги у горизонтальній площині;
- вага автомобіля.

Із результатів моделювання видно, що найменші значення гальмівного шляху, кута курсового відхилення автомобіля та бокового відхилення центру мас автомобіля від заданої траєкторії при різних значеннях варійованих параметрів спостерігаються при коефіцієнті чутливості $K_q \ll 30$, але при різних значеннях коефіцієнту пробних дій K_n . Це призводить до висновку, що коефіцієнт пробних дій для підвищення керованості та стійкості руху автомобіля у процесі гальмування треба коригувати у залежності від безперервно вимірюваних (або обчислювальних) параметрів.

Автором запропоновано коригувати коефіцієнт пробних впливів за залежністю

$$K_{nij} = K_{n0} - a \cdot S_{ij} + b \cdot j_a + c_i \cdot j_a \pm d \cdot j_b, \quad (10)$$

де i – номер осі (1,2,3 – відповідно передня, середня та задня);

j – номер борта (1,2 – відповідно лівий, правий);

K_{n0} – початкове значення коефіцієнту пробної дії;

a, b – постійні коефіцієнти для коригування K_{nij} залежно від зчіпних умов (характеру залежності $\varphi_x = \varphi_x(S)$);

S_{ij} – відносне поздовжнє ковзання колеса;

j_a, j_b – поздовжнє та поперечне прискорення автомобіля;

c_i – постійний коефіцієнт, що враховує зміну навантажень на колеса по осях колісної машини під дією повздовжньої сили інерції;

d – постійний коефіцієнт, що враховує зміну навантажень на колеса по бортах колісної машини під дією бокової сили інерції.

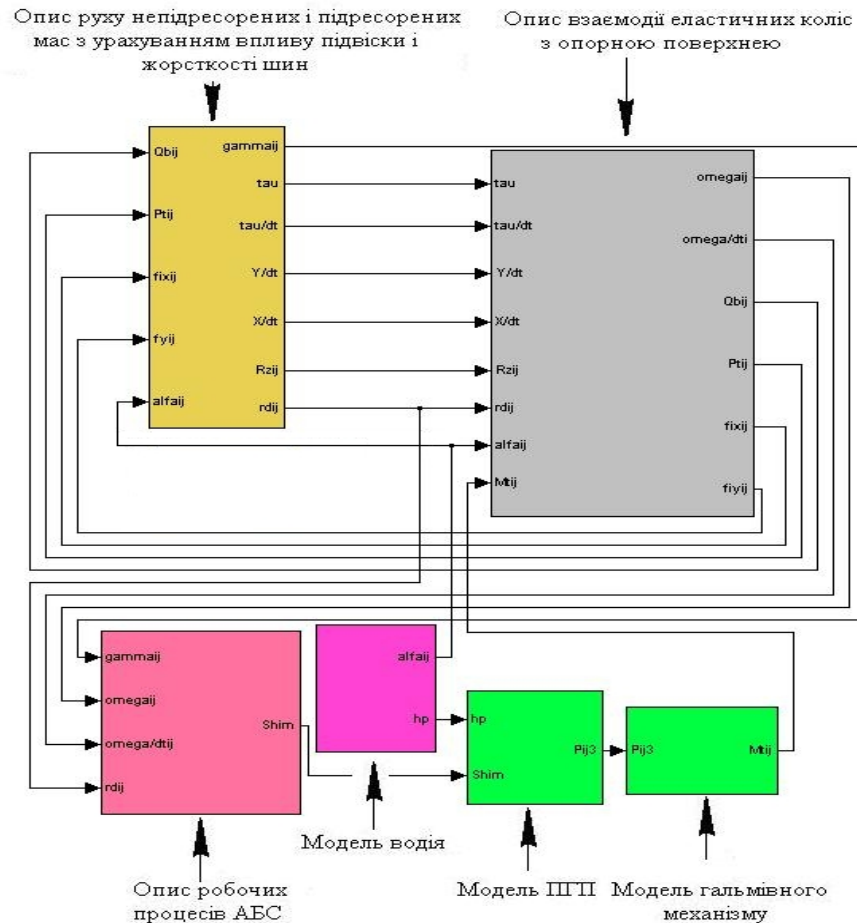


Рис. 9. Алгоритм реалізації процесу гальмування автомобіля

У залежності (13) знак «+» – для коліс зовнішнього борта, «-» – для коліс внутрішнього борта автомобіля, а коефіцієнти a, b, c_i, d мають бути визначені для конкретної моделі автомобіля при математичному моделюванні процесів гальмування.

На другому етапі моделювання виконано при постійному значенні коефіцієнта чутливості $K_t=30$ та зміні за залежністю (13) значення коефіцієнта пробних впливів. Після визначення коефіцієнтів K_{no} та a, b, c, d залежність (13) набула вигляду

$$K_{nij} = 1,8 - 11S_{ij} + 0,32j_a \pm 0,12j_b. \quad (11)$$

Алгоритм програмної реалізації процесу гальмування автомобіля на другому етапі відрізняється від алгоритму (рис.9) тільки тим, що у блок «Опис робочих процесів АБС» введено обчислення коефіцієнту пробних дій для кожного колеса за виразом (14) та його підстановка у залежність (8) для обчислення скважності керуючого сигналу на широтно-імпульсний модулятор тиску у виконавчому апараті гальмівного приводу.

При цьому зберігається характерна для дуальних адаптивних систем висока стійкість процесу автоматичного керування процесом гальмування.

На рис.10 наведені графіки зміни кінематичних параметрів руху колеса у процесі гальмування.

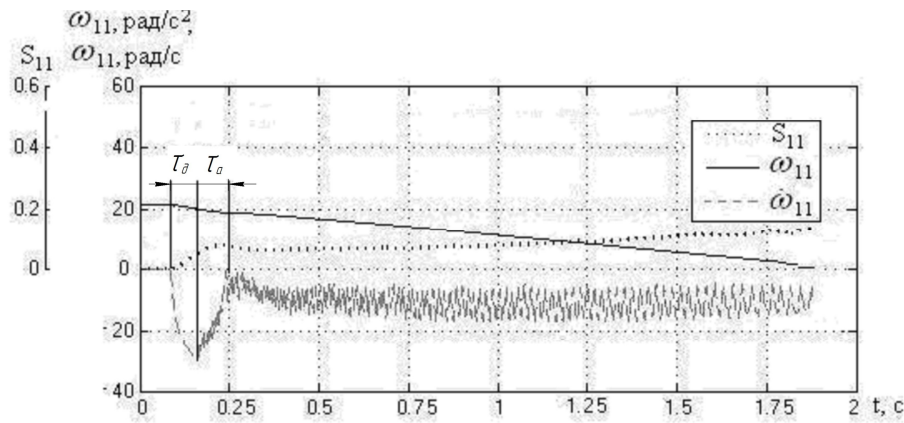


Рис. 10. Графіки зміни кінематичних параметрів колеса
($\varphi_{x\max} = 0,8$; вага автомобіля максимальна, $R=125\text{м}$; $V=11.1 \text{ м/с}$)

τ_d - динамічна стадія процесу гальмування;

τ_a - стадія адаптації АБС до навантажувально-зчіпних умов.

Суттєві зміни кутового прискорення $\ddot{\omega}$ та відносного повздовжнього ковзання S колеса спостерігаються тільки у динамічній стадії процесу гальмування у проміжок часу τ_d та у стадії адаптації АБС до заздалегідь невідомих навантажувально-зчіпних умов (проміжок часу τ_a), а впродовж решти часу гальмування до повної зупинки колеса (і автомобіля) суттєвих коливань кінематичних параметрів не спостерігається. Високочастотні коливання кутового прискорення $\ddot{\omega}$ обумовлені цілим рядом зовнішніх факторів (флуктуацією коефіцієнту зчеплення колеса з дорожньою поверхнею, кінцевою кількістю елементів рисунку протектору шини, коливаннями мас автомобіля та ін.) і не впливають на стійкість процесу керування внаслідок наявності у ланцюгу формування керуючого сигналу інтегруючого елементу.

При порівнянні результатів моделювання на першому та другому етапах встановлено, що застосування змінного за запропонованою залежністю коефіцієнту пробних впливів при гальмуванні автомобіля на криволінійних у горизонтальній площині ділянках дороги, порівняно із варіантом, коли $K_n = \text{const}$, забезпечує наступні покращення показників процесу гальмування:

- зменшення довжини гальмівного шляху – до 19%;
- зменшення кутового відхилення від бажаної траєкторії – до 15%;
- зменшення бокового відхилення центру мас автомобіля – до 9,37%.

ВИСНОВКИ

1. Проаналізовані дослідження алгоритмів функціонування АБС спрямовані на адаптацію процесу гальмування до навантажувально-зчіпних умов у контакті коліс із дорожньою поверхнею. Питання впливу АБС на гальмівну ефективність, керованість та курсову стійкість руху автомобіля розглядались лише шляхом

перевірки збереження керованості та курсової стійкості на криволінійних ділянках дороги. Питання адаптації алгоритмів функціонування АБС до змінних характеристик горизонтальності та кривизни дороги попередніми дослідниками динаміки гальмування автомобіля не розглядалися.

2. Встановлено, що значна частина перевезень в аграрному секторі, виконується по дорогах місцевого значення, які відрізняються високою щільністю розташування негоризонтальних та непрямих ділянок. Це потребує додаткових досліджень необхідності та можливості адаптації процесів функціонування АБС до цих умов.

3. Доведено, що при гальмуванні на поздовжніх нахилах, опуклих або увігнутих дорожніх поверхнях вихідні сигнали датчика поздовжнього уповільнення автомобіля змінюються пропорційно зменшенню сумарної гальмівної сили на колесах, що обумовлює автоматичну адаптацію процесу гальмування автомобіля з АБС до цих умов.

4. При гальмуванні у повороті відбувається недогальмовування коліс зовнішнього борту та перегальмовування коліс внутрішнього борту, внаслідок чого спостерігається зменшення ефективності гальмування та запасу керованості і курсової стійкості руху автомобіля.

5. Доведена необхідність впливу на робочі процеси АБС, при гальмуванні в повороті та запропонована адаптація цих систем шляхом коригування алгоритму функціонування АБС при перерозподілі зчіпної ваги автомобіля по бортах при гальмуванні в повороті.

6. Використана автором модель широтно-імпульсної модуляції тиску підтверджена експериментальними дослідженнями, а в частині опису роботи контроллера не потребує доказів. Адекватність математичної моделі процесу гальмування автомобіля з АБС у частині опису руху невідвіснених та відвіснених мас автомобіля і взаємодії коліс із дорожньою поверхнею доведена чисельними дослідженнями інших авторів.

7. Вдосконалений алгоритм функціонування АБС за рахунок введення можливості зміни коефіцієнту пробних впливів за винайденою та дослідженою залежністю.

8. Винайдений та запатентований новий процес автоматичного керування гальмуванням колісної машини.

9. Порівняння результатів моделювання процесів гальмування до і після вдосконалення алгоритму функціонування АБС показує, що коефіцієнт чутливості за будь-яких умов може бути прийнятий постійним, рівним 30, а коригування коефіцієнту пробних впливів у запропонований спосіб дозволяє зменшити гальмівний шлях до 19%, курсове відхилення автомобіля на до 15%, а бокове відхилення центру мас автомобіля до 10%, тобто підвищити ефективність гальмування та курсову стійкість руху автомобіля при гальмуванні автомобіля у повороті.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Шелудченко В.В. О некоторых особенностях эксплуатации колесных машин в условиях сельского хозяйства / В.В.Шелудченко // Научно-методический журнал Вісник Сумського національного аграрного університету.– Суми: 2008, №1(17).– С. 124 –128.
2. Шелудченко В.В. Аналіз особливостей експлуатації, які впливають на керуваність та стійкість руху автомобілів з АБС. / В.В. Шелудченко // Ученые записки Крымского инженерно-педагогического университета. Выпуск 24. Технические науки.– Симферополь: НИЦ КИПУ, 2010.– С.55–58.
3. Гецович Е.М. Влияние продольного уклона дороги на качество регулирования торможения / Е.М. Гецович, В.В. Шелудченко // Вісник національного технічного університету “ХПІ” Автомобіле– та тракторобудування”.– Харків: НТУ «ХПІ», 2006.– №6, с.81–86 (здобувачем виконано дослідження поздовжнього нахилу дороги та його вплив на процес гальмування автомобіля, показана доцільність коригування алгоритму функціонування АБС).
4. Гецович Е.М. О влиянии кривизны дороги в горизонтальной плоскости на рабочие процессы АБС/ Е.М. Гецович, В.В. Шелудченко, С.Г. Селевич // Сборник научных трудов ХНАДУ «Автомобильный транспорт».– Харьков: РИО ХНАДУ, 2007.– №20, с.44-47 (здобувачем доведена необхідність впливу на робочі процеси АБС, при гальмуванні в повороті і виникнення при цьому перерозподілі навантажувально-зчіпних умов по колесах автомобіля).
5. Гецович Е.М. Влияние кривизны дороги в вертикальной плоскости при торможении на рабочие процессы АБС / Е.М. Гецович, В.В. Шелудченко // Научно-методический журнал Вісник Сумського національного аграрного університету.– Суми: 2008, №2(18).– С. 124 –126. (здобувачем досліджений вплив відцентрової сили при гальмуванні на опуклій та ввігнутій поверхнях та зазначена рекомендація щодо коригування алгоритму функціонування АБС).
6. Гецович Є.М. Результаты теоретического та експериментального дослідження модулятора тиску зі змінними прохідними перетинами / Є.М. Гецович, А.І. Бондаренко, В.В. Шелудченко // Вестник Харьковского национального автомобильно – дорожного университета и Северо-Восточного научного центра Транспортной академии Украины: сб. научн. трудов. – 2009. – № 44.– С. 35 – 38 (здобувачем виконано порівняльний аналіз результатів теоретичного та експериментального дослідження модулятора тиску зі змінними прохідними перетинами).
7. Гецович Є.М. Вплив змінних коефіцієнтів чутливості та пробної дії на ефективність гальмування, керуваність та стійкість / Є.М. Гецович, А.І. Бондаренко, В.В. Шелудченко // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2009. – № 1/5 (37). – С. 4 – 6 (здобувачем виконано моделювання процесу гальмування вантажного автомобіля з АБС і перевірено вплив змінних коефіцієнтів чутливості та пробних впливів на ефективність гальмування та курсову стійкість).
8. Пат. 87699 Україна, МПК В 60 Т 8/00. Процес автоматичного керування гальмуванням колісної машини / Є.М. Гецович, С.Г. Селевич, В.В. Шелудченко;

(Україна). – № а 200702590, Заявлено 12.03.2007; Опубл. 10.08.2009, Бюл. № 15. (здобувачем запропоновано удосконалення процесу керування гальмуванням шляхом завдання змінного коефіцієнта пробних впливів).

9. Гецович Е.М., Шелудченко В.В., Бондаренко А.И. Анализ результатов математического моделирования работы участка пневматического тормозного привода с АБС // Матеріали науково-практичної конференції викладачів, аспірантів та студентів Сумського НАУ, 8 – 25 квітня 2008 р., Суми Т.3 / М-во аграр. політики, Сумський нац. аграр. ун-т. – Суми: Сумський нац. аграр. ун-т., 2008. – С. 128 – 129 (здобувачем отримано та проаналізовано результати математичного моделювання роботи ділянки ПГП з АБС (модулятор тиску зі змінними прохідними перетинами)).

АНОТАЦІЯ

Шелудченко В.В. Адаптація АБС автомобілів, що експлуатуються в аграрному секторі. – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.22.02 – автомобілі та трактори. – Сумський національний аграрний університет, Суми, 2012 р.

Дисертація присвячена вирішенню актуального питання – покращення використання систем АБС, підвищення показників ефективності гальмування, курсової стійкості руху автомобілів.

У роботі здійснено порівняльний аналіз існуючих алгоритмів функціонування АБС з метою вияву напряму удосконалення процесів гальмування автотранспортних засобів обладнаних АБС.

Виконано теоретичне дослідження впливу маршрутів перевезень та геометричних параметрів доріг на показники ефективності гальмування автомобілів з АБС.

Проведено теоретичне та експериментальне дослідження впливу прохідних перетинів та частоти спрацювання модулятора на зміну тиску у виконавчому апараті гальмівного приводу при широтно-імпульсній модуляції.

Проведене моделювання та дослідження впливу коефіцієнтів чутливості та пробних дій, розроблений програмний комплекс для математичного моделювання процесу гальмування АТЗ, обладнаного АБС, виявлено оптимальні значення коефіцієнтів, які дозволяють досягти максимальну з можливих для запропонованих умов ефективність гальмування, мінімальні гальмівний шлях, курсове відхилення автомобіля та мінімальне бокове відхилення від заданої траєкторії при криволінійному русі.

Оцінено вплив різних сполучень постійних та змінних коефіцієнтів чутливості та пробних впливів на показники гальмівної динаміки (гальмівний шлях S_T , курсове відхилення автомобіля ψ , бокове відхилення автомобіля від заданої траєкторії Δ). Автором запропоновано коригувати коефіцієнт пробних впливів за винайденою залежністю та розроблено рекомендації щодо вибору значень змінних коефіцієнтів пробних впливів.

Ключові слова: пневматичний гальмівний привід, АБС, алгоритм функціонування, гальмівна система, математична модель, ефективність гальмування, керованість, курсова стійкість.

АННОТАЦИЯ

Шелудченко В.В. Адаптация АБС автомобилей, эксплуатирующихся в аграрном секторе. – Рукопись.

Диссертация на соискание научной степени кандидата технических наук по специальности 05.22.02 – автомобили и тракторы. - Сумской национальный аграрный университет, Сумы, 2012 г.

Диссертация посвящена решению актуального вопроса – улучшение использования систем АБС, повышение показателей эффективности торможения и курсовой устойчивости движения автомобилей.

В работе проведен сравнительный анализ существующих алгоритмов функционирования АБС с целью выявления направления усовершенствования процессов торможения автотранспортных средств оборудованных АБС.

Выполнено теоретическое исследование влияния маршрутов перевозок и геометрических параметров дорог на показатели эффективности торможения автомобилей с АБС.

Проведено теоретическое и экспериментальное исследования влияния проходных сечений и частоты срабатывания модулятора на изменение давления в исполнительном аппарате тормозного привода при широтно-импульсной модуляции.

Проведены моделирование и исследование влияния коэффициентов чувствительности и пробных действий, разработанный программный комплекс для математического моделирования процесса торможения АТС, оборудованного АБС, выявлены оптимальные значения коэффициентов, которые позволяют достичь максимальную из возможных для предложенных условий эффективность торможения, минимальный тормозной путь, курсовое отклонение автомобиля и минимальное боковое отклонение от заданной траектории при криволинейном движении.

Оценено влияние разных комбинаций постоянных и переменных коэффициентов чувствительности и пробных действий на показатели тормозной динамики (тормозной путь S_t , курсовое отклонение автомобиля ψ , боковое отклонение автомобиля от заданной траектории Δ).

Автором предложена корректировка коэффициента пробных действий по новой зависимости, разработаны рекомендации по выбору переменных значений коэффициента пробных действий. Разработаны рекомендации по их выбору.

Ключевые слова: пневматический тормозной привод, АБС, алгоритм функционирования, тормозная система, математическая модель, эффективность торможения, управляемость, курсовая устойчивость.

ABSTRACT

Sheludchenko V. The ABS adaptation of cars used in agriculture. - Manuscript.

The dissertation for obtaining a scientific degree of candidate of technical sciences, specialty 05.22.02 - automobiles and tractors. - Sumy National Agrarian University, Sumy, 2012.

The thesis is devoted to solving the topical issue - improving the use of systems, ABS, improve braking performance, manageability, and stability of the vehicles.

In the comparative analysis of existing algorithms ABS operation to identify areas of process improvement braking of vehicles equipped with ABS.

Theoretical study of the influence of transport routes and geometrical parameters on performance of road vehicles with ABS braking.

Theoretical and experimental study of the effect flow area and the frequency response of the modulator to a pressure change in the executive office for cause brake pulse-width modulation.

Modeling and investigation of influence factors and the sensitivity of the test action developed software system for mathematical modeling of inhibition automobiles, which equipped with ABS, identified the optimal values of coefficients, which can achieve the maximum possible for the proposed conditions of braking, the minimum stopping distance, course deviation, and minimum vehicle lateral deviation from the desired trajectories in curvilinear motion.

The effect of different combinations of fixed and variable sensitivity coefficients and test performance braking action on the dynamics (the braking distance S_T , the car course deviation ψ , the vehicle lateral deviation from the desired of trajectory Δ).

The author suggests adjustment for coefficient of trial actions for a new addition, developed guidelines for choosing the values of variables coefficient of trial actions. Propose recommendations of their choice.

Keywords: air brake drive, ABS, algorithm operation, the braking system, mathematical model, braking, handling, stability.

Шелудченко Володимир Віталійович

Адаптація АБС автомобілів, що експлуатуються
в аграрному секторі

Спеціальність 05.22.02 – автомобілі та трактори

Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Підписано до друку 18.02.2013 р.
Формат 60x84 1/16. Папір офсетний. Гарнітура Times New Roman.
Друк на різнографі. Умов. друк. арк. 1.0.
Замовлення № 4. Тираж 100 прим.

Видавець і виготовлювач
Сумський національний аграрний університет
м. Суми, вул. Кірова, 160
тел. 0542 222-448, e-mail: admin@sau.sumy.ua
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 832 від 28.02.2002р.
