

ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу

Мартинець Тетяни Вікторівни

«Розширення області застосування антиблокувальних систем легкових автомобілів шляхом спрощення конструкції модуляторів тиску»,

що представлена на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук зі спеціальності 05.22.02 – автомобілі та трактори

Актуальність теми дисертації – визначається

Аналіз стану безпеки руху автомобілів в Україні свідчить про невідкладну потребу рішення проблем аварійності. Україна є виробником і експортером автомобілів. Властивості автомобілів, що забезпечують безпеку руху часто є визначальними чинниками її конкурентоспроможності.

Значна частка ДТП (до 70%) відбувається при застосуванні водіями режиму екстреного гальмування і до 60% супроводжується втратою стійкості і керованості. Загальновизнано, що одним з найбільш перспективних шляхів вирішення проблеми підвищення активної безпеки автомобілів при гальмуванні є застосування антиблокувальних систем.

Область застосування АБС залишається обмеженою через їх відносно високу вартість, яка перевищує 5 % вартості більшості легкових автомобілів 1-го класу і значної частини автомобілів 2-го класу. До 75% вартості АБС становить вартість модуляторів тиску, тому дослідження можливостей суттєвого спрощення конструкцій і зниження вартості модуляторів тиску для гідравлічного гальмівного приводу є актуальною науково-технічною задачею.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційну роботу виконано на кафедрі автомобіле- і тракторобудування НТУ «ХПІ» у рамках держбюджетної НДР МОН України «Розробка наукових основ синтезу трансмісій і адаптивних гальмівних систем транспортних машин в Агропромисловому комплексі України» (ДР № 0104I003359), де здобувач була виконавцем окремих розділів, а також відповідно плану спільних робіт зі створення АБС для автомобілів між ЗАТ «Авто ЗАЗ» (м. Запоріжжя) та ДНВП «Об'єднання Комунар» (м. Харків), НТСКБ «Полісвіт» (м. Харків) (ТЗ № ІЯЕВ 40 ТМ/10-07).

Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, їх достовірності і новизна. Результати роботи викладені у висновках до кожного розділу, також у 6 загальних висновках. Відносно обґрунтованості, достовірності та новизни кожного висновку зроблено зауваження.

Висновок перший інформує що в результаті виконаного аналізу стану робіт з удосконалення конструкцій модуляторів тиску виявлено, що застосуванні на даний час в АБС легкових автомобілів способи модуляції тиску досить складні, що негативно позначається на вартості АБС в цілому і як наслідок обмежує область застосування АБС з економічних міркувань, оскільки

вартість відомих АБС перевищує 5 % вартості більшості автомобілів 1-го класу.

У якості недоліку слід зазначити те, що висновок має констатуючий характер. Слід було б зазначити що для застосування АБС на легкових автомобілях 1-го класу треба спростити конструкцію модулятора тиску.

Висновок другий наводить інформацію про визначення найбільш простого з точки зору конструктивної реалізації способу осциляційної модуляції тиску, що дозволяє суттєво знизити вартість модулятора та розширити область їх застосування.

У якості недоліку слід зазначити те, що зі змісту висновку незрозуміло чим відрізняється визначений спосіб модуляції тиску від багатьох інших.

Висновок третій інформує що розроблена конструктивна схема осциляційного модулятора тиску яка задовольняє всім вимогам до виконавчих елементів АБС і містить мінімум конструктивних елементів, та дозволить отримати значне зниження його вартості в порівнянні з відомими конструкціями, а результати моделювання робочого процесу розробленого модулятора підтверджують можливість його застосування у складі АБС.

Висновок є достовірним і має теоретичну й практичну спрямованість.

У якості недоліку слід зазначити те, що зі змісту висновку незрозуміло які нові функціональні зв'язки має розроблений модулятор.

Висновок четвертий наводить інформацію про розроблену послідовність розрахунку осциляційного модулятора на основі експериментально отриманого значення приведенного модуля пружності ділянки гальмівного приводу, що дає можливість визначити основні параметри, які забезпечують мінімальні масогабаритні показники, а також про експериментальне отримання характеристики осциляційного модулятора як ланки ланцюга автоматичного регулювання та про визначений раціональний діапазон зміни скважності керуючого сигналу.

Висновок є достовірним і має теоретичну й практичну спрямованість.

Як зауваження до висновку потрібно відзначити те, що у ньому варто було б навести дані про адекватність результатів моделювання робочого процесу модулятора.

Висновок п'ятий стосується результатів машинного дослідження динаміки гальмування автомобіля АБС з осциляційним модулятором тиску які свідчать що у випадку дії суттєвих дестабілізуючих факторів (режими «мікст» і «поворот») АБС з осциляційним модулятором забезпечується відсутність блокування коліс, швидке формування гальмівного моменту до зчіпних умов що дає можливість водієві корегувати траєкторію руху і утримувати автомобіль в коридорі безпеки (смугі руху).

Висновок є достовірним і має теоретичну й практичну спрямованість. Зауважень немає.

Висновок шостий стосується впровадження результатів наукової роботи. Висновок є достовірним і має теоретичну й практичну спрямованість. Зауважень немає.

Оцінка змісту дисертації, її завершеності в цілому. Дисертаційна робота має пошукову, теоретичну, експериментальну і практичну складові, які є достатньо повними і збалансованими між собою. Методологія дисертації включає в себе використання різних математичних методів, експериментальну перевірку основних положень.

Дисертація є завершеною роботою і може бути захищена привселюдно.

У вступі дисертаційної роботи обґрунтовано актуальність теми, визначено мету і задачі досліджень, викладено наукову новизну і практичне значення одержаних результатів, представлено дані про особистий вклад здобувача, апробацію, публікацію та впровадження матеріалів роботи.

Мета дослідження відповідає темі дисертаційної роботи, задачі в повній мірі розкривають перелік тих питань, що треба вирішити для досягнення мети. Об'єкт і предмет дослідження, в цілому, визначені коректно.

Перший розділ присвячений огляду відомих робіт за тематикою дисертаційного дослідження. Відзначено наукові роботи, які присвячені питанням динаміки гальмування автомобіля і одиночного еластичного колеса за напрямками: динаміка об'єкта регулювання, синтез алгоритмів функціонування та розробка способів і пристроїв для модуляції тиску у виконавчих апаратах гальмівного приводу. Наведено аналіз способів модуляції тиску в АБС, що серійно випускаються. Критично проаналізовано існуючі конструктивні схеми модуляторів тиску.

У цілому, результати проведеного огляду послужили основою для визначення методів і підходів, які використовувались у роботі, дозволили автору сформулювати мету та задачі дисертаційних досліджень.

Зауваження до розділу:

- На стор. 15 у формулі (1.1) визначення скважності в чисельнику вказана тривалість фази відсічення, а у формулі визначення скважності (1.7) на стор. 20 – тривалість імпульсу.
- На стор. 15 друкарські помилки.
- На рисунку 1.6 (стор. 19) не має позначення P_k ;
- На стор.24 п'ятий рядок зверху « ... на малюнку,..» повинно бути «...на рисунку,...»;

- На стор. 26 п'ятнадцятий рядок зверху «...і тиску гальмівної рідини на плунжер» повинно бути ««...і зусилля гальмівної рідини на плунжер»».

У **другому розділі** наведено схему та опис модулятора з розвантаженим плунжером та опис осциляційної модуляції тиску. На робочий процес запропонованого модулятора не впливає виток і плівковий винос рідини по плунжеру при його осциляції.

Запропоновано математичну модель робочого процесу осциляційної модуляції тиску. Виконане експериментальне визначення об'ємного приведенного модуля пружності ділянки гальмівного приводу

Проведено теоретичні дослідження робочого процесу осциляційної модуляції. Отримані результати фактично підтверджують її принципові можливості. На основі запропонованої схеми модулятора, з урахуванням експериментально отриманого значення приведенного модуля пружності ділянки гальмівного приводу, розроблено послідовність розрахунку осциляційного модулятора. Запропоновано конструкції двох та чотирьох каналних модуляторів тиску.

Зауваження до розділу:

- В роботі зазначено, що лінійна апроксимація характеристики електромагніту модулятора може привести до суттєвої похибки при визначенні його зусилля. Незрозуміло тоді чому прийнята саме лінійна апроксимація? В роботі немає ні чисельного, ні експериментального обґрунтування такого припущення.
- На стор. 30 наведена формула яка свідчить про залежність напруги на електромагніту від часу, але в роботі цим нехтується без пояснень.
- В описанні формули на стор. 30 не має описання « i »;
- На рисунку 2.2 не має позицій 10 і 11;
- Діапазон температури навколишнього середовища вказаний на стор. 34 «від - 60⁰С до +50⁰С» є не актуальним для України;
- На стор. 36 перший рядок зверху «... μ – динамічний коефіцієнт в'язкості ...» повинно бути «... μ – коефіцієнт динамічної в'язкості ...»;
- У лівій частині рівнянь (2.16) і (2.17) компонент не пружного супротиву повинен мати залежність від напрямку вектору швидкості плунжера;
- Незрозуміло як при визначенні приведенного модуля пружності ділянки гальмівного приводу враховувалось те що в гальмівній рідині завжди є частка нерозчиненого повітря?
- На стор. 47 п'ятий рядок зверху «...залежності (2.27)...» повинно бути «...залежності (2.28)...»;

- На стор. 48 останній рядок та на стор. 49 перший та п'ятий рядки знизу друкарські помилки;
- Незрозуміло посилання на рис. 2.9 (стор. 49) на якому представлена залежність тиску від скважності керуючого сигналу тому що попередня мова йде про стрибкоподібну зміну скважності від $0,8 \rightarrow 0,5$ і $0,5 \rightarrow 0,8$;
- Викликає сумнів, що різниця ординат на рис. 2.9 не перевищує 10^{-2} МПа (стор. 49).

Третій розділ присвячено експериментальним дослідженням осциляційної модуляції тиску. Наведено методику експериментальних досліджень та опис лабораторної установки. Виконане аналіз результатів експериментальних досліджень модуляції тиску одним каналом розробленого модулятора в ділянці гальмівного приводу. Наведено статичні і динамічні характеристики осциляційного модулятора тиску. Отримано часові і частотні характеристики осциляційного модулятора як ланки ланцюга автоматичного регулювання. Результати експериментальних досліджень осциляційного модулятора підтвердили можливість осциляційної модуляції тиску в усьому необхідному діапазоні.

Зауваження до розділу:

- не зрозуміло чому всі слова в заголовку РОЗДІЛУ 3 написано разом?
- не зрозуміло який масштаб обрано по осі ординат на рисунку 3.7?
- на рисунках 3.8 – 3.11 одиниці вимірювань тиску і напруги вказані не коректно. Також потрібне пояснення чому не цих рисунках показані результати модуляції тиску при частотах саме яких і немає у зведеної таблиці 3.1.

Четвертий розділ розкриває зміст і особливості машинного експериментального дослідження гальмування легкового автомобіля з АБС на основі осциляційного модулятора. Наведено структурну схему моделі керування гальмуванням і математичну модель руху легкового автомобіля та прийняти допущення. Описані критерії оцінки ефективності керування процесом гальмування. Виконано оцінку якості регулювання при використанні осциляційного модулятора з дуальним адаптивним законом керування чотирьох режимів руху.

Зауваження до розділу:

- На стор. 77 десятий рядок знизу – помилково написано « V_x - поздовжнє уповільнення..» повинно бути написано « $\dot{V}_x$ - поздовжнє уповільнення..»;
- В формулах (4.5), (4,6) некоректно вказані компоненти, а в описанні цих формул не має описання « a »;

- В формулі (4.7) не має описання « a_z »;
- Незрозуміло що описує формула (4.8);
- На рисунках 4.24 – 4.30 представлено по п'ять залежностей, але вони не мають позначень.

Наукова новизна і практична значимість дисертаційної роботи. Наукова новизна отриманих результатів полягає в наступному:

- вперше доведено можливість використання осциляційної модуляції тиску у гідравлічному гальмівному приводі, що дозволило спростити конструкцію та знизити вартість модулятора тиску;
- вперше визначена залежність тиску в робочому гальмівному циліндрі (РГЦ) від скважності керуючого сигналу, що є характеристикою осциляційного модулятора як ланки ланцюга автоматичного регулювання, що дозволило побудувати модель процесу гальмування автомобіля з осциляційним модулятором;
- отримали подальший розвиток методи розрахунку та проектування модуляторів тиску для гідравлічного гальмівного приводу на підставі принципу осциляційної модуляції, що дозволило спроектувати зразок модулятора.

Практичне значення отриманих результатів складається з розроблених рекомендацій та методики розрахунку осциляційного модулятора що дозволяє спростити конструкції модуляторів за рахунок застосування досліджуваного способу осциляційної модуляції тиску і як наслідок, зниження їх вартості та розширення області застосування АБС легкових автомобілів.

Результати дисертаційного дослідження використані в ДНВП «Об'єднання Комунар», НТСКБ «Полісвіт» при розробці технічного завдання на проектування та виготовлення АБС для легкових автомобілів особливо малого та малого класів (документ ТЗ № ІЯЕВ 40ТМ/10-07).

Результати дослідження впроваджені в навчальний процес НТУ «ХПІ» для студентів спеціальності «Галузеве машинобудування» та «Автомобільний транспорт», а також використовуються в навчальному процесі Сумського національного аграрного університету для студентів спеціальності «Транспортні технології».

Повнота викладу результатів досліджень в опублікованих працях. За результатами проведених у дисертаційній роботі досліджень автором опубліковано 13 наукових робіт, у тому числі: 8 статей у наукових фахових виданнях України (5 статей у виданнях України, які включені до міжнародних наукометричних баз), 1 публікація у періодичному закордонному фаховому виданні, 1 патент України на винахід, 3 - у матеріалах конференцій.

Анотування ідентичний за змістом з основними положеннями дисертації і достатньо повно відображає основні її наукові результати, що отримані здобувачем.

Зауваження по дисертаційній роботі:

1. У дисертаційній роботі автором досліджується процес осциляційної модуляції тиску в робочих гальмівних циліндрах і запропоновано оригінальну схему модулятора тиску, який названо «осциляційним модулятором». Процес модуляції може бути названий осциляційним, але модулятор який формує цю модуляцію коректно називати осциляторним.
2. Запропонована в роботі математична модель процесу модуляції тиску в рівняннях руху плунжеру не враховує зміну напрямку дії сили не пружного супротиву. Це потребує обґрунтування та пояснення.
3. В роботі наводиться інформація про відмінність математичної моделі і експерименту за тривалістю перехідного процесу менше 5%, а про адекватність математичної моделі стверджується на підставі того, що коефіцієнт загасання відповідає інерційній ланці другого порядку. Робота значно виграла б, якщо автор надав сумісне графічне представлення залежностей, які характеризують динамічні процеси, отриманих експериментально та за результатами моделювання.
4. В роботі досліджувався робочий процес запропонованого модулятора в складі дуальної адаптивної АБС. При цьому формування керуючого сигналу здійснювалося з використанням експериментально отриманої передаточної функції модулятора тиску. Слід зазначити, що отримана поліноміальна залежність тиску в робочому гальмівному циліндрі від скважності сигналу відображає цю залежність тільки при тиску 10 МПа в головному гальмівному циліндрі. Можливість застосування цієї залежності при дослідженні гальмування на поверхні з низьким коефіцієнтом зчеплення і відповідно при значно меншому тиску в головному циліндрі, потребує обґрунтування.
5. В рамках машинного експериментального дослідження гальмування автомобіля автор застосував дуальний адаптивний закон керування який було адаптовано до осциляційного способу модуляції тиску. Але в роботі не наведено інформації у чому саме полягає ця адаптація.

Поряд з цим, наведені зауваження не мають принципового характеру, що знижують позитивну оцінку дисертації в цілому і можуть бути враховані здобувачем у подальшій роботі.

ВИСНОВОК

Дисертаційна робота Мартинець Тетяни Вікторівни «Розширення області застосування антиблокувальних систем легкових автомобілів шляхом спрощення конструкції модуляторів тиску» за своїм змістом відповідає паспорту спеціальності 05.22.02 – автомобілі та трактори. Дисертація є завершеною науково-дослідною роботою, яка розв'язує важливу науково-практичну задачу, суть якої полягає в розширенні області застосування антиблокувальних систем за рахунок спрощення конструкції модуляторів тиску.

Дисертаційна робота відповідає вимогам до кандидатських дисертацій у відповідності до п. п. 9, 11, 12 «Порядку присудження наукових ступенів», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 24 липня 2013 року № 567, а здобувач Мартинець Тетяна Вікторівна заслуговує присудження наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.22.02 – автомобілі та трактори.

Офіційний опонент

професор кафедри автомобілів ім. А.Б. Гредескула
Харківського національного
автомобільно-дорожнього університету
доктор технічних наук, професор

С.М. Шуклінов

ПІА КС
ЗАСВІДЧУВ
СЕРІЯ П



Мартинець Т.А.