

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»

МАРТИНЕЦЬ ТЕТЯНА ВІКТОРІВНА

УДК 629.113-592.5

**РОЗШИРЕННЯ ОБЛАСТІ ЗАСТОСУВАННЯ
АНТИБЛОКУВАЛЬНИХ СИСТЕМ ЛЕГКОВИХ
АВТОМОБІЛІВ ШЛЯХОМ СПРОЩЕННЯ
КОНСТРУКЦІЇ МОДУЛЯТОРІВ ТИСКУ**

Спеціальність 05.22.02 – автомобілі та трактори

Автореферат
дисертації на здобуття наукового
ступеня кандидата технічних наук

Харків – 2018

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана на кафедрі автомобіле- і тракторобудування Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут» Міністерства освіти і науки України.

Науковий керівник доктор технічних наук, професор
Гецович Євгеній Мойсейович,
Сумський національний аграрний
університет, професор кафедри тракторів
та сільсько-господарських машин.

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор
Шуклінов Сергій Миколайович,
Харківський національний автомобільно-
дорожній університет, професор
кафедри автомобілів;

кандидат технічних наук, доцент
Кашканов Андрій Альбертович,
Вінницький національний технічний
університет, доцент кафедри автомобілів
та транспортного менеджменту.

Захист відбудеться «19» квітня 2018 р. об 13⁰⁰ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 64.050.13 в Національному технічному університеті «Харківський політехнічний інститут» за адресою: 61002, м. Харків, вул. Кирпичова, 2.

З дисертацією можна ознайомитися у бібліотеці Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут» за адресою: 61002, м. Харків, вул. Кирпичова, 2.

Автореферат розісланий « 14 » _____ березня _____ 2018 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради

Ребров О.Ю.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Обґрунтування вибору теми дослідження. Однією з основних тенденцій розвитку автомобільного транспорту було і залишається підвищення швидкостей руху і щільності транспортних потоків. У цих умовах підвищення вимог до активної безпеки рухомого складу є очевидною необхідністю. Суттєве підвищення показників активної безпеки автомобілів забезпечують автоматичні системи коригування можливих помилок управління, які водії допускають або в силу недостатнього досвіду, або в критичних ситуаціях. Особливе місце серед зазначених систем займають антиблокувальні системи (АБС).

Актуальність теми. 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. Законодавчі органи різних країн, визнавши цей факт, самі тепер спонукають виробників автомобілів впроваджувати АБС.

Майже 35-річний досвід експлуатації автомобілів, оснащених антиблокувальною системою, довів необхідність їх застосування. Суттєве підвищення стійкості й керованості автомобілів із збереженням (або навіть поліпшенням) ефективності гальмування значно знижує ймовірність дорожньо-транспортних пригод за участю таких автомобілів.

Незважаючи на це 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).

Мета і задачі дослідження. Метою дослідження є розширення області застосування антиблокувальних систем шляхом зниження їх вартості за рахунок нових конструктивних рішень модуляторів тиску в гідравлічному гальмівному приводі.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі задачі:

– проаналізувати стан робіт щодо розробки та удосконалення конструкцій модуляторів тиску у гідравлічному гальмівному приводі;

– дослідити можливі способи модуляції тиску в гідравлічному гальмівному приводі і засоби їх реалізації та визначити найбільш раціональний спосіб модуляції з точки зору простоти засобів реалізації.

– виконати теоретичну оцінку якості регулювання процесу гальмування при обраному способі модуляції;

– запропонувати нові конструктивні рішення модюляторів тиску у гідравлічному гальмівному приводі та методику розрахунку основних параметрів модюляторів тиску, а також експериментально визначити характеристики осциляційного модюлятора як ланки ланцюга автоматичного регулювання;

– виконати оцінку впливу АБС з осциляційним модюлятором на динаміку гальмування автомобіля.

Об'єкт дослідження – процес модуляції тиску в робочих гальмівних циліндрах гідравлічного гальмівного приводу.

Предмет дослідження – закономірності впливу параметрів керівного сигналу на зміну тиску в робочих гальмівних циліндрах.

Методи дослідження. Для вирішення поставлених завдань використані методи теоретичних і експериментальних досліджень.

При побудові математичних моделей використані теорія ймовірності і методи статистичного аналізу. Методи математичного, імітаційного і фізичного моделювання використані при дослідженні можливості застосування осциляційної модуляції тиску в виконавчому елементі АБС і визначенні його характеристик. При оцінці впливу запропонованих вдосконалень АБС для вирішення систем рівнянь руху автомобіля використані методи обчислювальної математики.

Наукова новизна одержаних результатів полягає в тому, що:

– вперше доведено можливість використання осциляційної модуляції тиску у гідравлічному гальмівному приводі, що дозволило спростити конструкцію та знизити вартість модюлятора тиску;

– вперше визначена залежність тиску в робочому гальмівному циліндрі (РГЦ) від скважності керуючого сигналу, що є характеристикою осциляційного модюлятора як ланки ланцюга автоматичного регулювання, що дозволило побудувати модель процесу гальмування автомобіля з осциляційним модюлятором;

– отримали подальший розвиток методи розрахунку та проектування модюляторів тиску для гідравлічного гальмівного приводу на підставі принципу осциляційної модуляції, що дозволило спроектувати зразок модюлятора.

Практичне значення отриманих результатів для автомобілебудування полягає у спрощенні конструкції модюляторів за рахунок застосування досліджуваного способу осциляційної модуляції тиску і як наслідок, зниження їх вартості.

Розроблені рекомендації, математична модель процесу модуляції тиску та методика розрахунку осциляційного модюлятора 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 використовуються в навчальному процесі НТУ «ХПІ» для студентів спеціальності «Галузеве машинобудування» та «Автомобільний транспорт», а також впроваджені в навчальний процес Сумського національного аграрного університету для студентів спеціальності «Транспортні технології».

Особистий внесок здобувача. Всі основні результати дисертаційного дослідження отримані здобувачем особисто. Особистий внесок здобувача полягає в наступному:

- запропоновано осциляційний спосіб модуляції з розвантаженим плунжером;
- розроблена фізична і математична моделі процесу осциляційної модуляції;
- проаналізовано результати моделювання та отримана характеристика осциляційного модулятора як ланки ланцюга автоматичного регулювання;
- оцінена швидкість реакції АБС з осциляційним модулятором на зміну динамічного стану об'єкта регулювання та вплив АБС з осциляційним модулятором на якість керування процесом гальмування. .

Апробація результатів дисертації. Основні результати досліджень доповідалися, обговорювалися та отримали позитивну оцінку на Міжнародних науково-практичних конференціях: «Перспективы развития автомобиле- и тракторостроения» (Харків, 2007); «Автомобильный транспорт: проблемы и перспективы» (Севастополь, 2012); «DNY VEDY – 2013» vedecko-prakticka Konference (Praha, 2013).

Публікації. Основні положення дисертації опубліковано у 13 наукових роботах, 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.

Структура та обсяг дисертації. Дисертація складається з анотації двома мовами, вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків. Загальний обсяг дисертації становить 134 сторінки, з них: 67 рисунків по тексту, 6 таблиць по тексту, список зі 127 найменувань використаних джерел на 14 сторінках, 4 додатки на 8 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 розглянуті способи модуляції тиску в гідравлічному гальмівному приводі та конструктивні схеми модуляторів тиску провідних виробників АБС.

Дослідженнями динаміки гальмування автомобіля і одиночного еластичного колеса як об'єктів автоматичного регулювання гальмування, процесів автоматичного управління гальмуванням та розробкою АБС займалися багато вітчизняних і закордонних дослідників. Найбільший внесок у вивчення процесів,

керування гальмуванням і розробку АБС внесли М.М. Алекса, А.А. Ахметшин, К.І. Богатиренко, В.П. Волков, Є.М. Гецович, В.А. Дем'янюк, В.А. Іларіонов, С.І. Ломака, Я.М. Нефедьєв, М.А. Подригало, І.К. Пчелін, О.О. Ревін, С.М. Шуклінов, М. Буркхардт, Є. Грабовські, Г. Ляйбер, М. Мичке та ін.

Роботи виконувалися одночасно з багатьох напрямків, основними з яких були: вивчення динаміки об'єкта регулювання, синтез алгоритмів функціонування АБС та розробка способів і пристроїв для модуляції тиску у виконавчих апаратах гальмівного приводу.

Найбільш привабливим з точки зору простоти реалізації представляється осциляційний спосіб модуляції тиску. Мінімальна кількість і простота конструктивних елементів (відсічний клапан, плунжер, електромагніт) для реалізації цього способу дозволяють припустити, що вартість осциляційних модуляторів (у декілька разів) буде нижче, ніж відомих.

Однак, на сьогоднішній день осциляційні модулятори існують тільки у вигляді патентних пропозицій. Тому очевидно, що дослідження можливостей суттєвого спрощення конструкцій і зниження вартості модуляторів тиску для гідравлічного гальмівного приводу є актуальним.

Другий розділ присвячений обґрунтуванню принципової можливості осциляційної модуляції тиску.

На рис. 1 наведена спрощена конструктивна схема осциляційного модулятора, в якій не враховані багато факторів, що можуть суттєво впливати на протікання процесу.

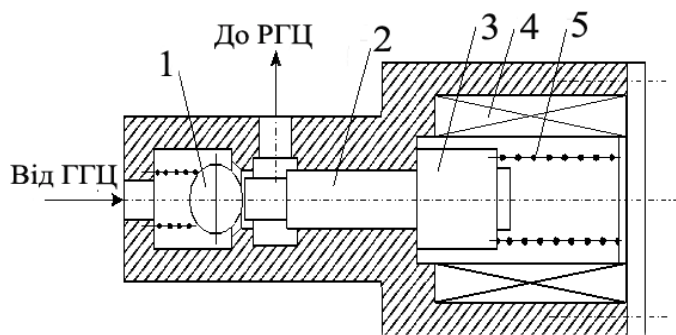


Рисунок 1 – Конструктивна схема осциляційного модулятора:

- 1 – відсічний клапан; 2 – плунжер; 3,4 – осердя і котушка електромагніту;
5 – тарована пружина

До числа таких факторів слід віднести:

- нелінійність характеристики $Q_e = Q_e(X)$, де Q_e – зусилля електромагніту;
- X – переміщення осердя електромагніта;
- можливість облітерації щілини між плунжером і корпусом;
- наявність в'язкого тертя в щілині між плунжером і корпусом;
- виток і плівковий винос рідини по плунжеру при його осциляції.

Зменшення необхідної потужності електромагніту можливо за рахунок застосування схеми з розвантаженим плунжером (див. рис. 2). У цій схемі

пружина 13 виконує не силову, а кінематичну функцію: утримання плунжера 11 в крайньому лівому положенні до початку модуляції тиску. З початком модуляції на котушку електромагніта клапана 7 подається напруга і клапан 7 роз'єднує порожнини 5 і 9. У процесі модуляції зусилля електромагніту зміщує осердя 12 не стільки проти зусилля пружини 13, скільки проти перепаду тиску в порожнинах 9 та 5, який на початку модуляції дорівнює нулю. Отже, за такої схеми модуляції початкове зусилля електромагніту дорівнює нулю, а не початковому зусиллю стиснення пружини, що дозволяє застосувати менш потужний та більш короткоходовий електромагніт, ніж при схемі на рис. 1.

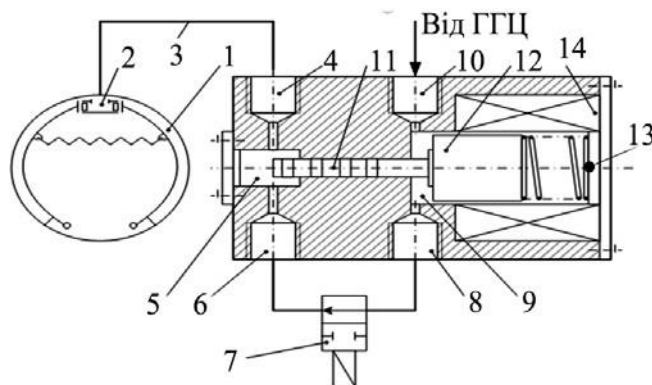


Рисунок 2 – Схема осциляційного модулятора з розвантаженим плунжером

Крім того, у схемі з розвантаженим плунжером по обидві сторони плунжера знаходяться порожнини, заповнені гальмівною рідиною. Отже, виток і плівковий винос гальмівної рідини не приводять до витрати її для системи в цілому.

Тому ущільнювати плунжер будь-якими спеціальними елементами ущільнювання немає необхідності. Достатньо виконати на плунжері канавки лабіринтного ущільнення.

Система рівнянь, що описують процес осциляційної модуляції тиску, може бути представлена у вигляді

$$\left\{ \begin{array}{l} m\ddot{X} + \frac{\mu S_{\Pi}}{\delta} \dot{X} + \left(\frac{\pi^2 d_{\Pi}^4 E_{\Pi}}{16 \cdot V} - K_e \right) \cdot X = Q_{e0} \quad \text{при } nT \leq t \leq nT + \tau; \quad (1) \\ m\ddot{X} + \frac{\mu S_{\Pi}}{\delta} \dot{X} + \frac{\pi^2 d_{\Pi}^4 E_{\Pi}}{16 \cdot V} \cdot X = 0 \quad \text{при } nT + \tau \leq t \leq (n+1)T; \quad (2) \\ P_5 = P_{\GammaЦ} - \frac{\pi d_{\Pi}^2}{4V} \cdot X \cdot E_{\Pi}. \quad (3) \end{array} \right.$$

де V – відсічний об'єм; E_{Π} – приведений модуль пружності; n – порядковий номер періоду; T – період імпульсу; τ – тривалість імпульсу.

У рівняннях (1)–(3) завдання або обчислення всіх постійних величин не викликає ускладнень. Виняток становить величина E_{Π} . Модуль пружності власно гальмівної рідини відомий $(1,6\text{--}1,8) \cdot 10^3$ МПа. Однак, наявність в гальмівному

приводі додаткових деформованих елементів (трубки, гальмівні шланги, ущільнюючі елементи) очевидно, знизить приведений модуль пружності. Оскільки обчислення приведенного модуля пружності не уявляється можливим, ця величина підлягає експериментальному визначенню.

Приведений об'ємний модуль пружності ділянки гідравлічного гальмівного приводу може бути визначений, як

$$E_{\text{п}} = \frac{4 \cdot \Delta P \cdot V}{\pi d_{\text{пн}}^2 \cdot \Delta l}, \quad (4)$$

де ΔP – тиск в РГЦ; Δl – переміщення поршня навантажувального циліндра; $d_{\text{пн}}$ – діаметр поршня навантажувального циліндра.

Для визначення величин, що входять у вираз (4), використана експериментальна установка, схема якої показана на рис. 3.

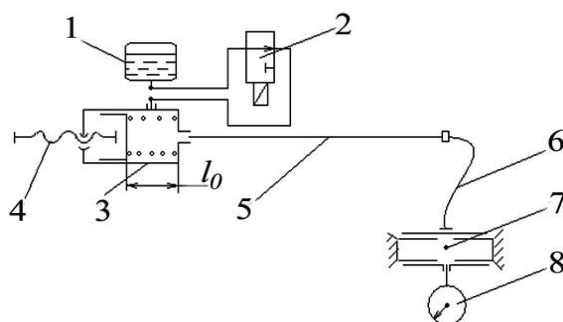


Рисунок 3 – Схема установки для визначення приведенного модуля пружності:
 1 – резервуар з гальмівною рідиною; 2 – нормально відкритий електромагнітний клапан; 3 – навантажувальний циліндр;
 4 – навантажувальний гвинт; 5 – металева трубка, 6 – гнучкий шланг;
 7 – робочий гальмівний циліндр; 8 – датчик тиску

У процесі експерименту реєструвалися число обертів навантажувального гвинта 4 з кроком 0,5 і зміна тиску в РГЦ при наступних параметрах експериментальної установки:

- діаметр поршня навантажувального циліндра $d_{\text{пн}} = 10$ мм;
- крок різьби навантажувального гвинта 4 $t = 1$ мм (М8×1);
- відсічений об'єм при

$$V_3 = 182 \text{ см}^3 \text{ і } V_{\text{п}} = 157,4 \text{ см}^3; V = 182 - 57,4 = 24,6 \text{ см}^3,$$

де V_3 – об'єм рідини, який був залитий в резервуар 1 при заповненні і прокачуванні експериментальної установки; $V_{\text{п}}$ – об'єм рідини в ємкості, в яку рідина зливалася через клапан прокачування, який встановлений в РГЦ 7.

Результати обчислення приведенного модуля пружності ділянки гідравлічного гальмівного приводу на прямому і зворотному ході поршня навантажувального циліндра зведені в табл. 1. Середньоарифметичне значення приведенного модуля пружності, яке може бути прийнято при розрахунках параметрів осциляційного модулятора, дорівнює $E_{\text{п}} \approx 1,23 \cdot 10^3$ МПа (табл. 1).

Таблиця 1 – Обчислення приведенного модуля пружності

n		0,5	1,0	1,5	2,0
ΔP , МПа	Прям.	1,96	3,93	5,89	7,86
	Звор.	1,97	3,94	5,90	7,86
$E_{п}$, МПа	Прям.	$1,228 \cdot 10^3$	$1,232 \cdot 10^3$	$1,231 \cdot 10^3$	$1,232 \cdot 10^3$
	Звор.	$1,231 \cdot 10^3$	$1,235 \cdot 10^3$	$1,234 \cdot 10^3$	$1,232 \cdot 10^3$

Математичне моделювання процесу осциляційної модуляції виконано з метою підтвердження принципової її можливості, а також для визначення характеру залежності тиску робочого гальмівного циліндра від скважності $P_{РГЦ} = P_{РГЦ}(C)$.

Крім того, була виконана оцінка часу адаптації виконавчої частини АБС до зміни скважності керуючого сигналу.

При моделюванні на монітор і друк виводилися параметри, які характеризують процес осциляційної модуляції: керуючий сигнал U і його скважність C ; переміщення плунжера X ; тиск в робочому гальмівному циліндрі $P_{РГЦ}$ (рис. 4).

Приклад зміни параметрів при осциляційній модуляції тиску показаний на рис. 4.

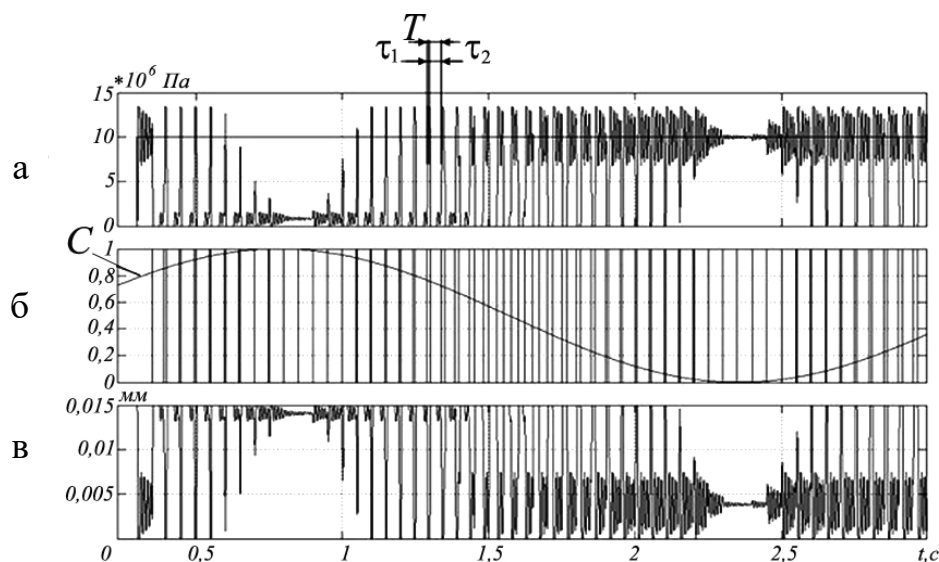


Рисунок 4 – Зміна параметрів при осциляційній модуляції: а – $P_{РГЦ}$; б – керуючий сигнал U і його скважність C ; в – переміщення плунжера X

З наведених графіків видно, що при $C \approx 1$ (ділянка $0,7 < t < 0,9$ с) $P_{РГЦ} \approx 0$, а при $C \approx 0$ (ділянка $2,2 < t < 2,4$) $P_{РГЦ} \approx 10$ МПа. Отже, зміною скважності керуючого сигналу в діапазоні $0 \leq C \leq 1$ можна забезпечити модуляцію тиску в РГЦ у всьому реальному діапазоні.

Коливальний характер зміни X (а отже і $P_{РГЦ}$) наприкінці ходу плунжера пояснюється тим, що рішеннями диференціальних рівнянь (1) і (2) є гармонійні

функції, а з усіх факторів, які знижують амплітуду коливань, в цих рівняннях враховано тільки в'язке тертя в зазорі між плунжером і корпусом. Насправді амплітуда коливань плунжера буде менше, 9 (рис. 2) через кільцевий зазор між осердям і оскільки цим коливанням буде перешкоджати перетікання гальмівної рідини в порожнині корпусом.

При розробці конструкції модулятора тиску АБС необхідно врахувати наступні вимоги:

- він не повинен перешкоджати звичайному гальмуванню при відмові і відключенні АБС;

- знижувати надійність гальмівної системи в цілому, для чого його надійність повинна бути як мінімум на порядок вище надійності гальмівної системи;

- забезпечувати можливість модуляції тиску в усьому можливому діапазоні його зміни, тобто від нуля до P_{\max} ;

- модулятор повинен містити мінімум конструктивних елементів і, як наслідок, мати мінімально можливу вартість.

Третя вимога задовольняється шляхом розрахунку параметрів плунжерної пари (діаметр плунжера і його максимальний хід), а інші – вибором конструктивних рішень. Діаметр і хід плунжера може бути визначені з (4) при $\Delta P = 10$ МПа і $V_{\max} = 100$ мл. При цьому слід врахувати, що зменшення необхідного зусилля електромагніта шляхом зменшення діаметра плунжера призводить до збільшення необхідного ходу плунжера і, як наслідок, до збільшення нелінійності характеристики електромагніта. Оптимізація співвідношення діаметра плунжера і його ходу не уявляється можливою через відсутність достатньо точної фізичної та математичної моделі електромагніта. Тому один із зазначених параметрів повинен бути заданий заздалегідь, а другий – обчислений з (4). Оскільки діаметр плунжера суттєво впливає на величину необхідного зусилля електромагніта, яке, у свою чергу, визначає масогабаритні показники котушки, діаметр слід задавати з умови обмеження зусилля електромагніта. При обмеженні зусилля величиною 100 Н найбільш зручними значеннями параметрів плунжерної пари будуть $d_{\text{п}} = 3,5$ мм, $h_{\text{п}} = 12,5$ мм.

Для задоволення четвертій і другій вимогам необхідно мінімізувати число необхідних конструктивних елементів. Застосування схеми з розділеною магістраллю (розвантаженим плунжером) дозволяє усунути необхідність застосування відсічного клапана, оскільки в такій схемі РГЦ відсічений від ГГЦ плунжером. При цьому виникає завдання заповнення відсіченого об'єму гальмівною рідиною при прокачуванні гальмівної системи і поповнення кількості рідини в відсіченому об'ємі по мірі зносу фрикційних накладок гальмівного механізму. Це завдання може бути вирішено за допомогою системи канавок, які виконані на плунжері і утворюють канал, що сполучує порожнини по обидві сторони плунжера в його крайньому положенні (коли він повністю втоплений увтулку).

На рис. 5 (а, б) наведена конструктивна схема модулятора, який відповідає цим вимогам. На рис. 5а показано положення елементів одноканального

модулятора до початку гальмування, на рис. 5б – положення елементів модулятора, при якому порожнини А і Б сполучені канавками В і Г. На початку гальмування плунжер займає положення (рис. 5а), при якому канавка Г знаходиться в отворі втулки і відділення від порожнини Б лабіритним ущільненням. При гальмуванні тиск рідини від ГГЦ подається в порожнину А і, впливаючи на плунжер, переміщує його вліво до вирівнювання тисків у порожнинах А і Б. Якщо повного ходу плунжера не вистачає для створення в порожнині Б такого ж тиску, що і в порожнині А, плунжер доходить до крайнього лівого положення (рис. 5б), канавка Г виходить з отвору у втулці, і далі вирівнювання тиску відбувається за рахунок перетікання рідини з порожнини А в порожнину Б через канавки В і Г. Після вирівнювання тисків пружина, встановлена на плунжері між осердям і втулкою, відсуває плунжер вправо, і канавка Г входить в отвір втулки, відсікаючи порожнину Б від порожнини А і приводячи модулятор у положення готовності до початку модуляції тиску в порожнині Б.

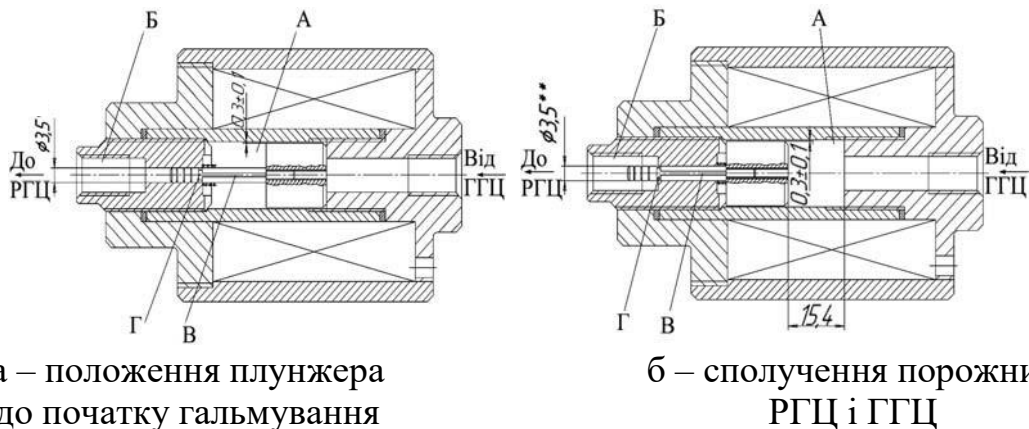


Рисунок 5 – Схема положення плунжера

Представлена конструктивна схема повністю задовольняє всім вищевказаним вимогам до модулятора тиску.

Повний хід осердя електромагніта повинен бути збільшений на 2–3 мм в порівнянні з розрахунковим з метою усунення ударів осердя об якір і запобігання явища «прилипання» осердя до якоря у процесі модуляції.

Конструкція одноканального модулятора тиску розроблена для проведення лабораторних випробувань, в ході яких повинні бути підтверджені:

- правильність прийнятих конструктивних рішень;
- відповідність конструктивних рішень вимогам, які пред'являються до модулятору АБС;
- принципова можливість осциляційної модуляції.

Третій розділ присвячений експериментальному дослідженню осциляційної модуляції тиску.

Мета лабораторних випробувань полягає у перевірці правильності визначення конструктивних параметрів, оцінці працездатності і функціональної придатності розробленого осциляційного модулятора тиску для роботи у складі АБС.

Для досягнення цієї мети необхідно послідовне виконання наступних завдань:

- оцінка стабільності створення і підтримка тиску в РГЦ у всьому діапазоні його зміни в режимі службового гальмування (при відсутності напруги на котушці електромагніта);
- визначення можливості модуляції тиску від P_{\max} до нуля за рахунок зміни скважності імпульсної керуючої напруги від нуля до 1,0;
- визначення характеристики модулятора $\Delta P_{\text{сер}} = \Delta P_{\text{сер}}(C)$, що є вихідною при моделюванні роботи модулятора у складі АБС;
- визначення амплітуди пульсацій тиску в РГЦ у функції частоти імпульсної керуючої напруги.

Для проведення лабораторних випробувань осциляційних модуляторів тиску спроектована, виготовлена і змонтована лабораторна установка, схема якої показана на рис. 6.

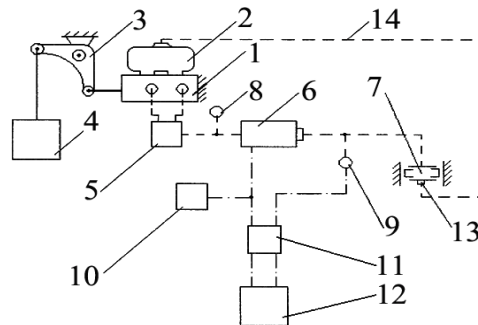


Рисунок 6 – Схема лабораторної установки: — — — — гідравлічні з'єднання;
 — · — — — електричні з'єднання: 1 – головний гальмівний циліндр;
 2 – розширювальний бачок; 3 – навантажувальний важіль; 4 – вантаж;
 5 – трійник; 6 – одноканальний модулятор тиску (або один канал чотиріканального); 7 – робочий гальмівний циліндр; 8 – манометр;
 9 – датчик тиску; 10 – генератор імпульсів; 11 – блок аналого-цифрових перетворювачів; 12 – комп'ютер; 13 – клапан прокачування

Установка містить макет одного каналу управління АБС що складається з головного гальмівного циліндру 1, трійника 5, модулятора тиску 6 і робочого гальмівного циліндра 7. Режими модуляції задаються наступним чином:

- початковий тиск – за допомогою вантажу 4 і важеля 3 (контролюється за показниками манометра 8);
- частота і скважність керуючої напруги задаються за допомогою генератора імпульсів 10 (контролюється на моніторі комп'ютера 12).

Видалення повітря з гідравлічної частини експериментальної установки при її заповненні гальмівною рідиною здійснюється прокачуванням за допомогою клапана 13 з поверненням рідини в бачок 2 по каналу 14.

На рис. 7 показана експериментальна установка з чотиріканальним модулятором відповідно, а його конструктивні елементи – на рис. 8.



Рисунок 7 – Експериментальна установка для випробувань осциляційного модулятора тиску

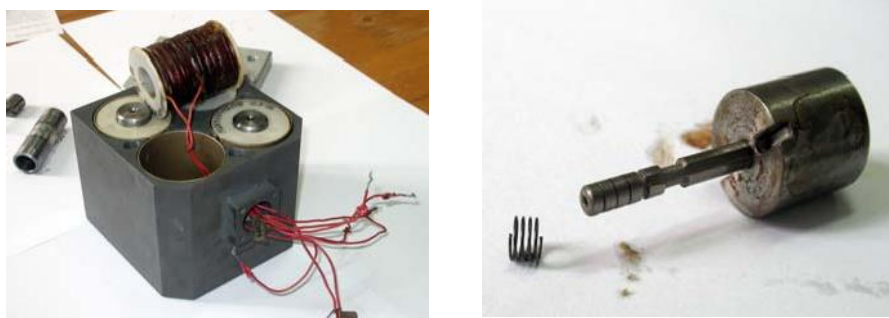


Рисунок 8 – 4-и канальний модулятор тиску та плунжер з системою канавок і пружина

В ході випробувань отримані статичні і динамічні характеристики осциляційного модулятора тиску. На першому етапі при фіксованому тиску на вході в модулятор ($P_{ГГЦ}$) реєструвався тиск на виході з модулятора ($P_{РГЦ}$).

Тиск $P_{ГГЦ}$ встановлювався зміною навантаження на важіль 3 (див. рис. 6) і фіксувався за показаннями манометра 8, а тиск $P_{РГЦ}$ реєструвався за показаннями датчика 9. Вимірювання виконувалися при збільшенні $P_{ГГЦ}$ і при його зменшенні. Експеримент показав, що як при загальмовуванні, так і при відгальмовуванні $P_{РГЦ} = P_{ГГЦ}$.

Похибка не перевищила 1 %, тобто – у межах похибки вимірювань. Таким чином, запропонована конструктивна схема модулятора тиску задовольняє основній вимозі до модулятора тиску АБС: не перешкоджати звичайному гальмуванню при відсутності напруги на електромагніті модулятора (тобто при відключеній АБС).

На другому етапі при $P_0 = 10$ МПа на котушку електромагніта модулятора 6 від генератора імпульсів подавалася напруга $U = \text{const}$ (при $C = 1$) і реєструвалися показання датчика 9 через блок АЦП 11 за допомогою комп'ютера 12.

Характеристиками процесу модуляції тиску на цьому етапі є:

- ΔP_{max} – максимальне зниження тиску в РГЦ;
- τ_3 – час затримки початку зниження тиску в РГЦ по відношенню до фронту керуючої напруги;
- τ_{III} – тривалість перехідного процесу зниження тиску в РГЦ.

Максимальне зниження тиску в РГЦ при повному ході плунжера модулятора становить 8,3 МПа. З урахуванням того, що при проектуванні гальмівних систем легкових автомобілів максимальний розрахунковий тиск приймається в діапазоні 8–10 МПа, можна вважати, що отримане максимальне зниження тиску достатньо для роботи модулятора у складі АБС. На третьому етапі досліджень експериментального зразка осциляційного модулятора тиску реєструвалася залежність $P_{РГЦ} = P_{РГЦ}(t)$ при $P_0 = 10$ МПа і:

- частоті пульсацій керуючої напруги $f = 10 \dots 150$ Гц;
- скважності пульсацій $C = 0,05\text{--}0,95$.

Часові і частотні характеристики осциляційного модулятора тиску отримані за результатами експериментальних досліджень за допомогою математичної моделі осциляційної модуляції. При різних поєднаннях частоти і скважності керуючої напруги, визначено параметри процесу модуляції: t – час перехідного процесу; P_1 – мінімальний тиск в РГЦ; P_2 – максимальний тиск в РГЦ; $P_{\text{сеп}}$ – середній тиск в РГЦ; ΔP – амплітуда пульсацій тиску в РГЦ.

Встановлено, що залежність $P_{\text{сеп}} = P_{\text{сеп}}(C)$ має нелінійний характер у всьому діапазоні частот керуючого сигналу. Наявність зон нечутливості поблизу $C = 0$ і $C = 1$, що обумовлено інерційністю пари плунжер-осердя і демпфіруванням за рахунок перетікання гальмівної рідини по зазору між осердям і корпусом, обумовлює реальний діапазон регулювання скважності $0,25 < C < 0,95$.

На рис. 9 і 10 наведені графіки залежностей $\Delta P = \Delta P(C, f)$ і $t = t(C, f)$ відповідно. Як і слід було очікувати, збільшення частоти пульсацій керуючої напруги призводить до зниження величини ΔP (для частот вище 50 Гц величина ΔP не перевищує 1 МПа). Але при цьому збільшується час стабілізації $P_{\text{сеп}}$, тобто час перехідного процесу, що знижує швидкодню осциляційної модуляції і може негативно позначитися на якості регулювання процесу гальмування.

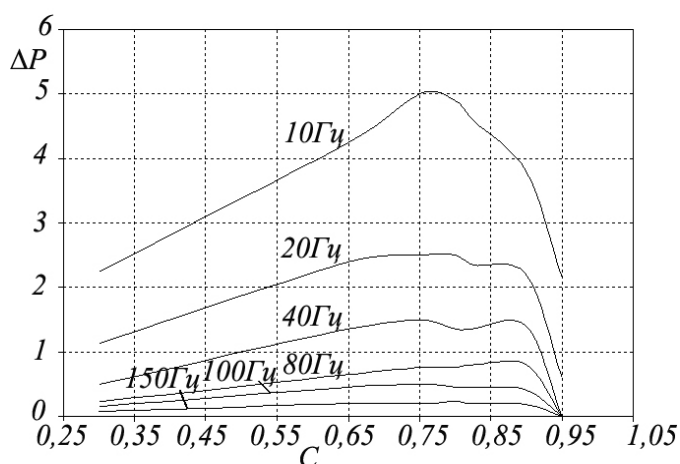


Рисунок 9 – Графік залежності зміни $\Delta P = \Delta P(C, f)$

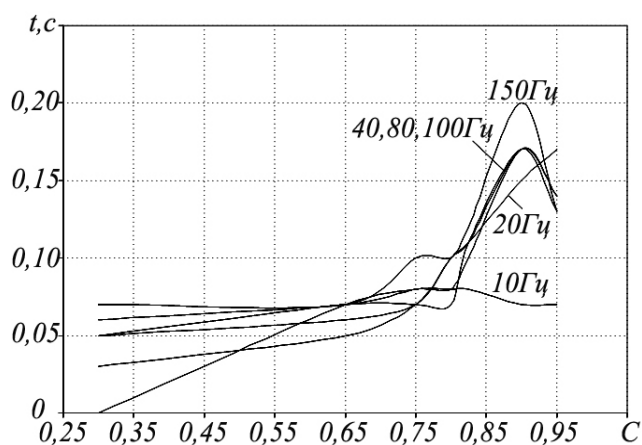


Рисунок 10 – Графік залежності тиску від скважності сигналу $t = t(C, f)$

Тому остаточне рішення про використання тієї чи іншої частоти керуючого сигналу може бути прийняте на підставі дослідження роботи осциляційного модулятора у складі АБС.

На рис. 11 наведені графіки передаточної функції $P_{\text{сеп}} = P_{\text{сеп}}(C)$ для різних частот керуючого сигналу і $P_{\text{ртг}} = 10 \text{ МПа}$.

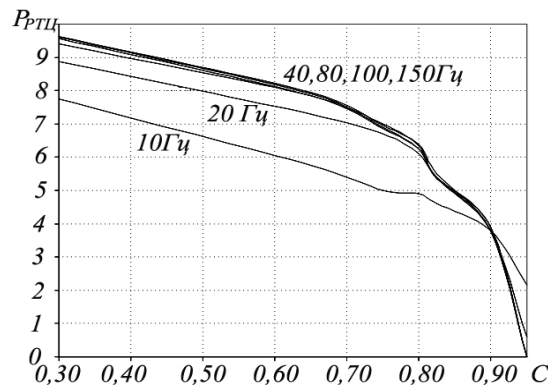


Рисунок 11 – Передаточна характеристика осциляційного модулятора тиску

Особливостями передавальної характеристики є наступне:

- при $C < 0,75$ залежність $P_{\text{сеп}} = P_{\text{сеп}}(C)$ близька до лінійної;
- при $f \geq 40$ Гц суттєві зміни передаточної характеристики не спостерігаються.

Для забезпечення можливості використання експериментальної залежності $P_{\text{сеп}} = P_{\text{сеп}}(C)$ при моделюванні процесів гальмування вона апроксимована поліноміальною функцією 3-го порядку виду

$$P_{\text{сеп}}(C) = -143,11C^3 + 242,63C^2 - 134,67C + 32,04$$

точність такої апроксимації становить:

- максимальне значення абсолютної похибки – 0,67 МПа;
- середнє значення абсолютної похибки – 0,31 МПа.

У четвертому розділі розглянута робота осциляційного модулятора у складі АБС. Відсутність серійно випускаємих дуальних адаптивних АБС і дуже висока трудомісткість і вартість натурних дорожніх випробувань, зумовила доцільність дослідження роботи осциляційного модулятора у складі АБС і його впливу на ефективність гальмування, керованість і стійкість автомобіля виконати шляхом математичного моделювання процесу гальмування.

Для оцінки ефективності дуальної адаптивної АБС з осциляційним модулятором тиску і оцінки його впливу на показники гальмівної динаміки автомобіля добувачем була використана відома модель процесу гальмування легкового автомобіля.

Структурна схема моделі представлена на рис. 12. На схемі позначені вхідні і вихідні параметри для кожного блоку.

При оцінці впливу АБС на стійкість і керованість автомобіля необхідно враховувати можливість впливу водія на кут повороту керованих коліс, який задається ступеневою залежністю від бокового зміщення автомобіля від бажаної траєкторії ΔY і кута відхилення поздовжньої осі автомобіля від бажаного напрямку руху $\Delta \phi$ з урахуванням швидкості руху.



Рисунок 12 – Структурна схема процесу управління гальмуванням легкового автомобіля

Оцінка надійності і вартості АБС, що реалізують різні алгоритми функціонування та способи модуляції тиску, може бути виконана відомими методами з урахуванням кількості та складності структурних елементів. Як показник надійності може бути прийнята ймовірність відмови, а показником вартості може служити оптова ціна комплекту 4-х каналної АБС для легкового автомобіля. Однак очевидно, що зменшення числа конструктивних елементів осциляційного модулятора та їх спрощення в порівнянні з модуляторами інших типів, позитивно позначаються на показниках надійності і вартості АБС.

Для оцінки гальмівної ефективності зазвичай використовують два показника: гальмівний шлях (S_T) і стале уповільнення.

Оскільки при гальмуванні з включеною АБС поздовжнє уповільнення може постійно змінюватися, показник «стале уповільнення» втрачає сенс. Тому для оцінки впливу АБС на ефективність гальмування може бути використана тільки величина гальмівного шляху. Більшість дослідників оцінюють ефективність гальмування шляхом порівняння величин гальмівного шляху з включеною АБС і при заблокованих колесах. Причому, встановилася думка, що на мокрих і слизьких дорогах АБС не повинна знижувати ефективність гальмування в порівнянні з гальмуванням при заблокованих колесах, а на дорожніх покриттях з високим коефіцієнтом зчеплення допускається збільшення гальмівного шляху не більше, ніж на 5 %.

Виходячи з цього можна задати для сухого асфальтобетону

$$S_T \leq 1,05 S_{T, \text{ЗАБЛ}}$$

а для мокрої і слизької дорожніх поверхонь

$$S_T \leq S_{T, \text{ЗАБЛ}}$$

де $S_{T, \text{ЗАБЛ}}$ – гальмівний шлях при заблокованих колесах.

Виконано дослідження впливу АБС з дуальним адаптивним законом управління та осциляційним модулятором тиску на показники ефективності

гальмування, стійкості і керованості автомобіля. Моделювалися наступні режими руху:

1. Гальмування на прямолінійній ділянці до повної зупинки на сухому асфальтобетоні з початковою швидкістю 110 км/год, мокрому асфальтобетоні з початковою швидкістю 90 км/год і обледенілій дорозі з початковою швидкістю 60 км/год.

2. Гальмування на прямолінійній ділянці до повної зупинки при стрибкоподібній зміні стану дорожньої поверхні (режим «перехід»): з сухого асфальтобетону на мокрий (початкова швидкість 90 км/год) і з мокрого асфальтобетону на зледенілу дорогу (початкова швидкість 60 км/год).

3. Гальмування на прямолінійній ділянці при бортовій нерівномірності (режим «мікст») коефіцієнтів зчеплення: лівий борт – сухий асфальтобетон, правий борт – мокрий асфальтобетон (початкова швидкість 90 км/год).

4. Гальмування на криволінійній ділянці (маневр «поворот») на сухому асфальтобетоні (початкова швидкість 90 км/год), на мокрому асфальтобетоні (початкова швидкість 60 км/год), на обледенілій дорозі (початкова швидкість 40 км/год).

При моделюванні першого, другого і третього режимів виконаний аналіз впливу АБС на ефективність гальмування, на «міксті» та криволінійній траєкторії оцінювалася курсова стійкість за величиною відхилення автомобіля від заданої траєкторії з урахуванням коригуючих впливів водія, а в ході моделювання режиму «поворот» оцінена траєкторна керованість.

ВИСНОВКИ

У дисертаційній роботі розв'язано важливу для автомобілебудування науково-технічну задачу розширення області застосування АБС на автомобілях особливо малого класу та малого класу шляхом спрощення конструкції модуляторів тиску. Запропоновані нові конструктивні рішення конструкцій модуляторів тиску на підґрунті таких основних отриманих наукових результатів:

1. Виконаний аналіз стану робіт з удосконалення конструкцій модуляторів тиску показав, що застосовувані на даний час в АБС легкових автомобілів способи модуляції тиску вимагають для їх реалізації відносно великої кількості складних і дорогих конструктивних елементів, 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.

2. В результаті дослідження можливих способів модуляції тиску у гідравлічному гальмівному приводі і засобів їх реалізації був визначений найбільш простий з точки зору конструктивної реалізації спосіб осциляційної модуляції тиску, що дозволяє суттєво знизити вартість модулятора та розширити область їх застосування.

3. На підставі теоретичної оцінки якості регулювання процесу гальмування розроблена конструктивна схема осциляційного модулятора тиску, яка задовольняє всім вимогам до виконавчих елементів АБС і містить мінімум конструктивних елементів, що дозволяє отримати значне зниження їх вартості в

порівнянні з відомими конструкціями, а характер отриманої при моделюванні залежності середнього тиску в робочому гальмівному циліндрі від скважності керуючого сигналу (монотонність залежності і можливість зниження тиску від 10 МПа практично до нуля) підтверджує можливість застосування осциляційних модуляторів у складі АБС.

4. Розроблена послідовність розрахунку осциляційного модулятора на основі експериментально отриманого значення приведенного модуля пружності ділянки гальмівного приводу, що дає можливість визначити основні параметри (діаметр і робочий хід плунжера), які забезпечують мінімальні масогабаритні показники. Для автомобілів 1 і 2 класів $d_{\text{П}} = 3,5$ мм, $h_{\text{П}} = 14$ мм. Експериментально отримана залежність зниження тиску в робочих гальмівних циліндрах від скважності керуючого сигналу, що є характеристикою осциляційного модулятора як ланки ланцюга автоматичного регулювання, яка з достатньою точністю (похибка не перевищує 0,67 МПа, тобто 6,7 %) апроксимується поліноміальною залежністю 3-го порядку. При цьому раціональний діапазон зміни скважності керуючого сигналу визначено як $0,25 \leq C \leq 0,95$.

5. Виконана оцінка роботи АБС з осциляційним модулятором тиску на динаміку гальмування автомобіля показала, що період адаптації процесу регулювання до зміни навантажувально-зчіпних умов в контактні коліс з дорожньою поверхнею не перевищує 0,5 с. Короткочасне перегальмування коліс спостерігається тільки в початковій стадії гальмування або при стрибкоподібному зниженні коефіцієнта зчеплення і не перевищує 10 % – на сухому асфальтобетоні, 20 % – на мокрому і 50 % – на обледенілій дорозі. При цьому гальмівний шлях на всіх дорожніх покриттях не перевищує його значень при гальмуванні із заблокованими колесами. У випадку дії суттєвих дестабілізуючих факторів (режими «мікст» і «поворот») АБС з осциляційним модулятором дає можливість водієві корегувати траєкторію руху і утримувати автомобіль в коридорі безпеки (смузі руху).

6. Результати роботи упроваджені в ДНВП «Об'єднання Комунар» (м. Харків) та в навчальний процес кафедр: автомобіле- і тракторобудування НТУ «ХП» і тракторів та сільськогосподарських машин Сумського національного аграрного університету, що підтверджено відповідними актами.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Мартынец Т. В. Модель процесса осцилляционной модуляции давления в гидравлическом тормозном приводе / Е.М. Гецович, С.Г. Селевич, Т.В. Мартынец // Вісник Національного технічного університету «ХП». Тематичний випуск «Автомобіле- та тракторобудування». – Харків: НТУ «ХП». – 2005. – №13 – С. 88-92.

Здобувачем складені фізична та математична моделі процесу модуляції тиску.

2. Мартынец Т. В. К вопросу о выборе коэффициента пробных воздействий в дуальных адаптивных системах управления объектами с заранее неизвестным неустойчивым оптимумом / Е.М. Гецович, С.Г. Селевич, Т.В. Мартынец //

Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Тематичний випуск «Системний аналіз, управління та інформаційні технології». – Харків: НТУ «ХПІ». – 2005. – №59 – С. 63-69.

Здобувачеві належать обтунтовані необхідності та засоби корегування коефіцієнта пробних впливів у дуальних адаптивних системах керування гальмуванням автомобіля.

3. Мартынец Т. В. Совершенствование способа модуляции давления в гидравлическом тормозном приводе / Е.М. Гецович, С.Г. Селевич, Т.В. Мартынец // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Тематичний випуск «Автомобіле- та тракторобудування». – Харків: НТУ «ХПІ». – 2006. – №6 – С. 71-75.

Здобувачем запропоновано реалізувати спосіб осциляційної модуляції тиску в робочому гальмівному циліндрі АБС шляхом подачі на електромагніт широтно-імпульсно-модульованого сигналу.

4. Мартынец Т. В. Моделирование процесса осцилляционной модуляции давления в гидравлическом тормозном приводе / Е. М. Гецович, С.Г. Селевич, Т.В. Мартынец // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Тематичний випуск «Автомобіле- та тракторобудування». – Харків: НТУ «ХПІ». – 2007. – №12 – С. 114-117.

Здобувачем виконаний аналіз результатів процесу модуляції тиску.

5. Мартынец Т.В. Состояние работ по созданию отечественной АБС для легковых автомобилей / Е.М. Гецович, С.Г. Селевич // Автомобільний транспорт. – Харків: ХНАДУ. – 2009. – Вип. 25. – С. 52-58.

Здобувачем виконана порівняльна оцінка застосовності запропонованих заходів щодо підвищення якості керування гальмуванням легкового автомобіля II-го класу з АБС.

6. Мартынец Т.В. Экспериментальное определение характеристики осцилляционного модулятора давления / Т.В. Мартынец // Вісник СевНТУ. – Севастополь: НТУ. – 2012. – №134 – С. 205-208.

7. Мартынец Т. В. Работа осцилляционного модулятора давления в составе АБС / Т.В. Мартынец // Технологічний аудит та резерви виробництва. – НВП ПП «Технологічний центр». – 2012. – №6/4 (8). – С. 13-14.

8. Мартынец Т.В. Экспериментальное исследование осцилляционной модуляции давления в гидравлическом тормозном приводе. / Т.В. Мартынец // Східно-Європейський журнал передових технологій. – НВП ПП «Технологічний центр». – 2012. – №2/10 (56). – С. 46-49.

9. Мартынец Т.В. Разработка модулятора давления для гидравлического тормозного привода / Е.М. Гецович, Т.В. Мартынец // European Cooperation Scientific Approaches and Applied Technologies. – Warszawa. – 2016. – №2(9). – С. 84-89.

Здобувачем за рахунок моделювання процесу осциляційної модуляції та лабораторних випробувань доказана роботоспроможність запропонованого модулятора.

10. Пат. 87689 Україна, МПК В60Т 8/00. Модулятор тиску в гідравлічному гальмівному приводі / Гецович Є.М., Селевич С.Г., Мартынец Т.В.; заявники і

патентовласники Гецович Є.М., Селевич С.Г., Мартинець Т.В. – № 200614087; заявл. 29.12.06; опубл. 10.08.2008, Бюл. №15.

Здобувачем запропоновано удосконалення виконавчого елемента АБС.

11. Мартынец Т.В. Исследование на математических моделях осциляционного модулятора давления в гидравлическом тормозном приводе / Т.В. Мартынец, С.Г. Селевич // Перспективы развития автомобиле- и тракторостроения: междунар. науч.-техн. конф., 20-21 апр. 2007 г. : тезисы докл. – Х., 2007. – С. 25.

Здобувачем досліджено осциляційний модулятор тиску на математичних моделях.

12. Мартынец Т.В. Экспериментальное определение характеристики осциляционного модулятора давления / Т.В. Мартынец // Автомобильный транспорт: проблемы и перспективы: междунар. науч.-техн. конф., 10-17 сент., 2012 г. : тезисы докл. – Севастополь, 2012. – С. 7.

13. Мартынец Т.В. Осцилляционная модуляция давления в антиблокировочных системах автомобилей / Т.В. Мартынец // Dny Vědy -2013: IX Mezinárodní vědecko-praktická Konference, 27 мар. – 05 апр., 2013 г. : тезисы докл. – Praha, 2013. – С. 17-21.

АНОТАЦІЇ

Мартинець Т.В. Розширення області застосування антиблокувальних систем легкових автомобілів шляхом спрощення конструкції модуляторів тиску. – На правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.22.02 – автомобілі та трактори. Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут». – Харків, 2017.

З метою розширення області застосування АБС за рахунок зниження вартості модулятора тиску досліджено процес осциляційної модуляції тиску. Запропоновано конструкцію осциляційного модулятора, який задовольняє всі висунуті до нього вимоги, та доведено можливість його застосування в якості виконавчого елемента у складі дуальних адаптивних гальмівних системах.

Порівняльний аналіз відомих способів модуляції тиску в гідравлічному гальмівному приводі показав, що тільки спосіб осциляційної модуляції не вимагає для своєї реалізації дорогих конструктивних елементів (електромагнітних клапанів, насосів, що підкачують, крокових електродвигунів і т.п.), що дозволяє знизити вартість модуляторів при їх застосуванні.

Моделювання процесу осциляційної модуляції та лабораторні випробування осциляційного модулятора показали:

– принципову можливість осциляційної модуляції у всьому необхідному діапазоні зміни тиску від 0 до 10 МПа;

– працездатність запропонованої конструкції модулятора і його відповідність усім пред'явленим до модулятору АБС вимогам.

Дослідження роботи осциляційного модулятора у складі дуальної адаптивної гальмівної системи, виконані шляхом моделювання процесу гальмування автомобіля при різних станах дорожньої поверхні та режимах руху

підтвердили, що застосування осциляційного модулятора не погіршують показники ефективності гальмування, стійкості і керуваності у порівнянні з відомими.

Ключові слова: осциляційна модуляція тиску, скважність керуючого сигналу, дуальна адаптивна гальмівна система.

Мартынец Т.В. Расширение области применения антиблокировочных систем легковых автомобилей путем упрощения конструкции модуляторов давления. – На правах рукописи.

Диссертация на соискание научной степени кандидата технических наук по специальности 05.22.02 – автомобили и тракторы. Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт». – Харьков, 2017.

Одной из основных тенденций развития автомобильного транспорта являлось и остается повышение скоростей движения, а также увеличение плотности транспортных потоков. В этих условиях повышения требований к активной безопасности транспортных средств является очевидной необходимостью. Существенное повышение показателей активной безопасности автомобилей обеспечивается за счет автоматических систем коррекции возможных ошибок управления, допускаемыми водителями либо в силу недостаточного опыта, либо в критических ситуациях. Особенное место среди отмеченных систем занимают антиблокировочные системы (АБС).

Известно, что применяемые в настоящее время способы модуляции давления в гидравлическом тормозном приводе требуют для их реализации использование дорогих конструктивных элементов, более рациональным представляется применение осцилляционной модуляции давления, реализация которой возможна за счет использования минимального количества относительно недорогих конструктивных элементов. Однако, возможность применения этого способа ранее была недостаточно доказана, отсутствующая методика расчета параметров осцилляционных модуляторов препятствовала широкому использованию ее в АБС.

С целью расширения области применения АБС за счет снижения стоимости модулятора давления исследован процесс осцилляционной модуляции давления. Предложена конструкция осцилляционного модулятора, удовлетворяющего всем предъявляемым к нему требованиям, и доказана возможность его применения в качестве исполнительного элемента в составе дуальных адаптивных тормозных системах.

Сравнительный анализ известных способов модуляции давления в гидравлическом тормозном приводе показал, что способ осцилляционной модуляции не требует своей реализации дорогостоящих конструктивных элементов (электромагнитных клапанов, подкачивающих насосов, шаговых электродвигателей и т.п.), что позволяет снизить стоимость модуляторов при его применении.

Характер полученной при моделировании процесса осцилляционной модуляции давления зависимости среднего давления в тормозном цилиндре от скважности управляющего сигнала подтверждает возможность применения осцилляционных модуляторов в качестве исполнительных элементов АБС.

Моделирование процесса осцилляционной модуляции и лабораторные испытания осцилляционного модулятора показали:

- возможность осцилляционной модуляции во всем требуемом диапазоне изменения давления от 0 до 10 МПа;
- работоспособность предложенной конструкции модулятора и его соответствие всем предъявленным к модулятору ABS требованиям.

Исследования работы осцилляционного модулятора в составе дуальной адаптивной тормозной системы, выполненные путем моделирования процесса торможения автомобиля при различных состояниях дорожной поверхности и режимах движения подтвердили, что применение осцилляционного модулятора не ухудшают показатели эффективности торможения, устойчивости и управляемости по сравнению с известными.

Экономическое сравнение (320\$ и 60\$) – по укрупненной оценке. Такое снижение стоимости модулятора и ABS в целом делает экономично целесообразным установку ABS на автомобили I и II классов.

Ключевые слова: осцилляционная модуляция давления, скважность управляющего сигнала, дуальная адаптивная тормозная система.

Martynets T.V. Expansion of application areas of anti-lock systems of passenger cars by reducing their cost. – Manuscript.

The dissertation on competition of a scientific degree of candidate of technical sciences, speciality 05.22.02 – cars and tractors. National technical university «Kharkiv polytechnic institute». – Kharkiv, 2017.

With the of expanding the field of application of anti-block system by reducing the value of the pressure modulator investigated the process of the oscillating modulation of the pressure. The proposed design of the oscillating modulator that meets all applicable requirements and proved the possibility of its use as an element in the composition of the dual adaptive brake systems.

Comparative analysis of the known methods of modulation of the pressure in the hydraulic brake drive showed that the only way of oscillating modulation does not require expensive structural elements (solenoid valves, booster pumps, stepper motors, etc.) that can reduce the cost of modulators in its application.

Modeling of oscillating modulation process and laboratory tests of oscillating modulator showed:

- principle possibility of oscillating modulation in all the required range of pressure changes from 0 to 10 МПа;
- the efficiency of the proposed design of the modulator and its compliance with all requirements to the anti-block system modulator.

Research work of oscillating modulator comprising a dual adaptive brake system, made by modeling the process of deceleration of the vehicle under different conditions of road surface and driving conditions confirmed that the application of an oscillating modulator does not degrade the braking efficiency, stability and controllability with the known.

Key words: oscillating modulation of the pressure; the relative pulse duration of the control signal; the dual adaptive brake system.

Підписано до друку 12.03.2018 р. Формат 60 × 84 1/16. Папір офсетний.
Гарнітура Times New Roman Суг. Віддруковано на різнографі
Ум.друк. арк. 0,9.
Зам. № 53/18. Тираж 100 прим. Ціна договірна

ВИДАВНИЦТВО

Харківського національного автомобільно-дорожнього університету

Видавництво ХНАДУ, 61002, Харків-МСП, вул. Петровського, 25.
Тел. /факс: (057)700-38-64; 707-37-03, e-mail: rio@khadi.kharkov.ua

Свідоцтво Державного комітету інформаційної політики, телебачення
та радіомовлення України про внесення суб'єкта видавничої справи
до Державного реєстру видавців, виготівників і розповсюджувачів
видавничої продукції, серія ДК №897 від 17.04 2002 р.