

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

Кваліфікаційна наукова
праця на правах рукопису

МАРТИНЕЦЬ ТЕТЯНА ВІКТОРІВНА

УДК629.113-592.5

ДИСЕРТАЦІЯ

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

Спеціальність 05.22.02 – автомобілі та трактори

Галузь знань 13 – механічна інженерія

Подається на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук

Дисертація містить результати власних досліджень. Використання ідей,
результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідні джерела


Т.В. Мартинець

Науковий керівник Гецович Євгеній Мойсейович, доктор технічних наук,
професор



*Зроблено за місцем
власним підписом
дисертанти давши свою
власну секретарку
власноручно вчений
код Д 64.052.13*

Харків -2017

*Prof. Жіров О.А.
17.11.2017р.*

АНОТАЦІЯ

Мартинець Т.В. Розширення області застосування антиблокувальних систем легкових автомобілів шляхом спрощення конструкції модуляторів тиску – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук (доктора філософії) за спеціальністю 05.22.02 «Автомобілі та трактори» (13–Механічна інженерія) – Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», Харків, 2017.

Більш ніж 35-річний досвід експлуатації автомобілів, оснащених антиблокувальними системами, довів суттєве підвищення стійкості і керованості автомобілів зі збереженням (або навіть поліпшенням) ефективності гальмування. Незважаючи на це область застосування антиблокувальних систем залишається обмеженою через високу їх вартість. До 75% вартості антиблокувальних систем становить вартість модуляторів тиску. Відомо, що застосовувані на даний час способи модуляції тиску в гідравлічному гальмівному приводі вимагають для їх реалізації використання дорогих конструктивних елементів. 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.

Однак, можливість застосування цього способу недостатньо доведена, а також відсутня методика розрахунку параметрів

осциляційних модуляторів, що перешкоджає його використанню в антиблокувальних системах.

З метою розширення області застосування анти блокувальних систем за рахунок зниження вартості модулятора тиску автором теоретично та експериментально доведена можливість застосування осциляційної модуляції тиску у гідравлічному гальмівному приводі. Виконано математичне моделювання процесу осциляційної модуляції з метою підтвердження принципової її можливості, а також для визначення характеру залежності тиску в робочому гальмівному циліндрі від скважності керуючого сигналу. 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 антиблокувальних систем.

Автором розроблена послідовність розрахунку осциляційного модулятора на основі експериментально отриманого автором значення приведенного модуля пружності ділянки гальмівного приводу, яка дає можливість визначити основні параметри (діаметр і робочий хід плунжера), що забезпечують мінімальні малогабаритні показники. За наявності в гальмівному приводі додаткових деформованих елементів (трубки, гальмівні шланги, ущільнюючі елементи), очевидно, знизиться приведений модуль пружності. Середньоарифметичне значення приведенного модуля пружності, яке може бути прийнято при розрахунках параметрів осциляційного модулятора, дорівнює $E_{\Pi} \approx 1,23 \cdot 10^3 \text{ МПа}$.

Запропоновано конструкцію осциляційного модулятора, яка задовольняє всім вимогам до модуляторів тиску антиблокувальних систем, а саме:

- він не повинен перешкоджати звичайному гальмуванню при відмові і відключенні АБС;
- не повинен знижувати надійність гальмівної системи в цілому, для чого його надійність повинна бути як мінімум на порядок вище надійності гальмівної системи;
- повинен 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. При цьому слід враховувати, 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. 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 $d_{\text{п}} = 3,5 \cdot 10^{-3} \text{ м}$, $h_{\text{п}} = 1,25 \cdot 10^{-2} \text{ м}$.

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

До переваг такої конструкції слід віднести:

- модуляція тиску починається при будь-якому зусиллі електромагніту, відмінному від нуля, що дозволяє знизити потужність електромагніта, тобто зменшити габарити і матеріаломісткість котушки;
- можливі перетікання по плунжеру не призводять до втрат гальмівної рідини для системи в цілому, що виключає необхідність ущільнення плунжера в отворі;
- немає необхідності в електромагнітному відсічному клапані, оскільки у будь-якому зрівноваженому стані гальмівна магістраль розділена на дві частини самим плунжером.

Подальше спрощення моделі виконавчого елемента не уявляється можливим, тому що модулятор для реалізації запропонованого способу модуляції складається з мінімально можливого числа елементів. Вартість комплексу модуляторів АБС знижується в 7...9 разів порівняно з застосовуваними модуляторами, а вартість АБС в цілому стає прийнятною для установки на автомобілі особливо малого класу. Доведена можливість її застосування в якості виконавчого елемента у складі дуальних адаптивних гальмівних систем.

Експериментально отримана залежність зниження тиску в робочих гальмувальних 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 (робочий) діапазон зміни скважності керуючого сигналу визначено як $0,25 \leq C \leq 0,95$.

Моделювання процесу осциляційної модуляції та лабораторні випробування осциляційного модулятора показали:

- принципovu 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 погіршує показники ефективності гальмування, стійкості і керованості порівняно з відомими.

Ключові слова: анти блокувальна система, ділянка гідравлічного гальмівного приводу, осциляційна модуляція тиску, сквапність керуючого сигналу, дуальна адаптивна гальмівна система.

СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗДОБУВАЧА

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 «ХПІ». Тематичний випуск «Автомобіле- та тракторобудування». – Харків: НТУ «ХПІ». – 2005. – №13 – С. 88–92.

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.

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.

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.

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

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 // Технологический аудит и резервы производства. – 2012. – №6/4 (8). – С. 13–14.

8. Мартынец Т.В. Экспериментальное исследование осцилляционной модуляции давления в гидравлическом тормозном приводе. / Т.В. Мартынец // Восточно-европейский журнал передовых технологий. – 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.

10. Пат. 87689 Україна, МПК В60Т 8/00. Модулятор тиску в гідравлічному гальмівному приводі / Гецович Є.М., Селевич С.Г., Мартинець 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.

11. Мартынец Т.В. Исследование на математических моделях осцилляционного 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.

12. Мартынец Т.В. Экспериментальное определение характеристики осцилляционного 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 // Materialy IX Mezinarodni vedecko-prakticka Konferencie. – Praha. – 2013. – С. 17–21.

ABSTRACT

Martynets T.V. Expanding the scope of anti-lock system for cars by simplifying the design of pressure modulators - Qualifying academic work - manuscript.

The dissertation on competition of a scientific degree of candidate of technical sciences (PhD) speciality 05.22.02 «Cars and tractors» (13-mechanical engineering) - National technical university "Kharkiv polytechnic institute", Kharkiv, 2017.

More than 35 years experience in operating of vehicles with antilock braking systems has improved a significant increase in stability and controllability of vehicles with the continued or even improvement in the braking efficiency. In spite of it the field of application of anti lock braking system remains limited owing to the high cost. The value of the pressure modulator is about 75% of the value of antilock braking systems. It is known that the methods of modulation of the pressure currently used in the hydraulic brake drive require expensive structural elements. 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.

However, the possibility of using this technique is not enough proved and there is no the calculation of the parameters of oscillating modulators that impede the use of it in the antilock braking systems.

With the expanding of the field of application of antilock braking system by reducing the value of the pressure modulator the author has theoretically and experimentally proved the possibility of using the oscillating modulation of the pressure in a hydraulic brake drive. There was a

mathematical modeling performed of the process of oscillatory modulation in order to confirm its principal possibility, as well as to determine the nature of the dependence of pressure in the wheel brake cylinder on the control signal on-off ratio. The character of the dependency of average pressure in a brake cylinder from the relative pulse duration of the control signal (monotonicity of dependence and the possibility of pressure reduction from 10 mega Pascals to 0) confirms the possibility of the use of oscillating modulators as part of antilock braking systems.

The author has developed the consecution of calculation of oscillating modulator on the basis of experimentally obtained value of modulus of the part of a hydraulic brake drive. It provides an opportunity to define the parameters (diameter and plunger stroke) that provide minimal weight – dimension factors. If additional deformed elements (tubes, brake fluid lines, sealing elements) are present in the brake gear, it obviously reduces the modulus of inelastic buckling. The arithmetic mean value of the modulus of inelastic buckling, which can be accepted in calculating the parameters of the oscillatory modulator, equals to as follows:
 $E_{\Pi} \approx 1,23 \cdot 10^3 \text{ MPa} .$

There was a design of an oscillatory modulator proposed meeting all the requirements for pressure modulators of Anti-lock Braking Systems, namely:

- It should not interfere with normal braking in case of ABS failure and shutdown;
- It should not detract from reliability of the brake system as a whole, wherefore its reliability should be at least a sequence higher than the brake system reliability;
- It should provide the possibility to modulate the pressure over the entire range of its variation, that is, from zero to Pmax;
- The modulator should contain a minimum amount of structural elements and, therefore, have the lowest possible cost.

The third requirement is satisfied by calculating the parameters of the plunger and barrel assembly (the plunger diameter and its maximum travel), while all the other requirements - by choosing appropriate design solutions. In this case it should be noted that reducing the required electromagnet strength by means of decreasing the plunger diameter leads to an increase in the required travel of the plunger and, therefore, to an increase in the nonlinearity of the electromagnet characteristics. Optimization of ratio of the plunger diameter and its travel does not seem possible due to the lack of a sufficiently accurate physical and mathematical model of the electromagnet. Thus, one of these parameters must be set in advance, while the other - calculated. Since the plunger diameter significantly affects the magnitude of the required electromagnet strength, which, in turn, determines the weight and dimensions of the barrel, the diameter should be set based on the condition of limiting the electromagnet strength. With a strength limitation of 100 N, the most convenient values for the parameters of the plunger and barrel assembly will be, as follows $d_{\text{II}} = 3,5 \cdot 10^{-3} \text{ m}$, $h_{\text{II}} = 1,25 \cdot 10^{-2} \text{ m}$.

To meet the second and fourth requirements it is necessary to minimize the number of necessary design elements. The use of a split-trunk circuit (unloaded plunger) allows to eliminate the need for a shut-off valve, since in this scheme the RGC is cut off from the GGC by a plunger. In this case, there arises a task of filling the cut-off volume with a brake fluid during the bleeding of the brake system, as well as the refilling of the amount of liquid in the cut off volume as the friction lining of the brake mechanism wears off. This task can be solved by a system of grooves that are made in the plunger and forming a channel connecting the cavities on both sides of the plunger in its extreme position (when it is completely recessed in the sleeve). A full course of the electromagnet core should be increased by 2-3 mm compared to the estimate in order to avoid the core's

striking against the anchor and prevent the phenomenon of the core's "sticking" to the anchor during the modulation.

The advantages of this model include:

- pressure modulation begins with any electromagnet strength, different from zero, thus reducing the electromagnet's power, i.e. reducing the size and material intensity of the coil;
- possible flow through the plunger does not lead to the loss of brake fluid, eliminating the need to seal the plunger opening;
- there is no need for an electromagnetic shut-off valve as the brake line is split into two by the plunger itself in any balanced state.

Further simplification of the actuator's model is not possible because the modulator used for the implementation of the modulating method proposed has the smallest possible number of elements. The cost of an ABS modulator set decreases 7 ... 9 times compared with the applicable modulators, and the value of the ABS generally becomes acceptable for installation on vehicles of a very small class.

The dependency of the pressure reduction in brake cylinders from the relative pulse duration of the control signal has been found experimentally . It is a characteristic of oscillating modulator as a part of automatic adjustment and it is fit with sufficient accuracy to a non – linear third – order (error doesn't exceed 0,67 mega Pascals or 6,7%). The turndown of the relative pulse duration of the control signal is $0,25 \leq C \leq 0,95$.

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 mega Pascals;
- the efficiency of the proposed design of the modulator and its compliance with all requirements to the antilock braking 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: antilock braking system, a part of hydraulic brake drive, oscillating modulation of the pressure; the relative pulse duration of the control signal; the dual adaptive brake system.

REFERENCES

1. Martynetc T.V. Improving the method of modulating the pressure in the hydraulic brake drive. / Y.M. Getsovitch., S.G. Selevitch // Vestnik of NTU «KHPI». Collection of scientific papers. Thematic issue «Car and tractor building». – Kharkov: NTU «KHPI». – 2006. - № 6 – P. 71-75.

2. Martynetc T.V. Model of the process of oscillation modulation of pressure in a hydraulic brake drive. / Y.M. Getsovitch., S.G. Selevitch // Vestnik of NTU «KHPI». Collection of scientific papers. Thematic issue «Car and tractor building». – Kharkov: NTU «KHPI». – 2005. - № 13 – P. 88-92.

3. Martynetc T.V. Design of process of oscillation modulation of pressure in a hydraulic brake drive. / Y.M. Getsovitch., S.G. Selevitch // Vestnik of NTU «KHPI». Collection of scientific papers. Thematic issue «Car and tractor building». – Kharkov: NTU «KHPI». – 2007. - № 12 – P. 114-117.

4. Martynetc T.V. To the question about the choice of coefficient of trial influences in dual adaption control system by objects with a beforehand unknown unsteady optimum. / Y.M. Getsovitch., S.G. Selevitch // Vestnik of NTU «KHPI». Collection of scientific papers.

Thematic issue «System analysis, management and information technology». - Kharkov: NTU «KHPI». – 2005. - № 59 – P. 63-69.

5. Martynetc T.V. The state of work on the creation of domestic ABS for passenger cars. / Y.M. Getsovitch., S.G. Selevitch // Automobile transport. – 2009. Issue 25. - Kharkov: KHNADU. - P. 52-58.

6. Martynetc T.V. Experimental determination of the characteristics of an oscillating pressure modulation. // Vestnik SevNTU. Collection of scientific papers. Series: «Machi tools building and transport».– Sevastopol: NTU. – 2012. - № 134 – P. 205-208.

7. Martynetc T.V. The work of the oscillation modulator of pressure in the composition of ABS. // Technological audit and production reserves. Materials of the scientific-practical conference. – Kharkov. – 2012. - № 6/4 (8). – P. 13-14.

8. Martynetc T.V. Development of a pressure modulator for a hydraulic brake drive. / Y.M. Getsovitch // European Cooperation Scientific Approaches and Applied Technologies – Warszawa. – 2016. - № 2 (9). – P. 84-89.

9. Patent of Ukraine for invention №87689, МПК B60T 8/00 «Modulator of pressure in a hydraulic brake drive» / Martynets T.V., Getsovich Y.M., Selevitch S.Y. Publication 10.08.2009, bul. № 15, 2009 yeas.

10. Martynetc T.V. Experimental investigation of oscillating modulation of pressure in a hydraulic brake drive. // East-European journal of advanced technologies. Materials of scientific-practical conference. – Kharkov. – 2012. - №2/10 (56). – p. 46-49.

11. Martynetc T.V. Oscillating modulation of pressure in antybloching systems of cars. // Materialy IX Mezinarodni vedecko-prakticka Konference – Praha. – p. 17-21.

12. Martynetc T.V. Experimental determination of characteristics of oscillating modulator of pressure. // Avtomobile transport: problems and

prospects: 15 international scientific-technological conference, 10-17 sept. 2012y. – Sevastopol, 2012.

13. Martynetc T.V. Investigation on mathematical models of oscillating modulator of pressure in a hidravlic drive. // Prospect of development in car and tractor building: 6-th international scientific – technological seminar, 20-24 apr. 2007y. – Kharkov, 2007.

ЗМІСТ

	Стор
УМОВНІ ПОЗНАЧЕННЯ	18
ВСТУП	19
РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ СПОСОБІВ МОДУЛЯЦІЇ ТИСКУ І КОНСТРУКЦІЙ МОДУЛЯТОРІВ	24
1.1. Способи модуляції тиску в гідравлічному гальмівному приводі	24
1.2. Аналіз конструктивних схем модуляторів тиску	35
Висновки до розділу	41
РОЗДІЛ 2 ОБҐРУНТУВАННЯ МОЖЛИВОСТІ ОСЦИЛЯЦІЙНОЇ МОДУЛЯЦІЇ ТИСКУ	43
2.1. Опис процесу осциляційної модуляції тиску	43
2.2. Модель процесу осциляційної модуляції тиску	48
2.3. Експериментальне визначення об'ємного приведеного модуля пружності ділянки гальмівного приводу	53
2.4. Моделювання процесу осциляційної модуляції	57
2.5. Розробка конструкції осциляційного модулятора для гідравлічного гальмівного приводу	64
Висновки до розділу	70
РОЗДІЛ 3 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ОСЦИЛЯЦІЙНОЇ МОДУЛЯЦІЇ ТИСКУ	71
3.1. Методика експериментальних досліджень	71
3.2. Експериментальна установка	72
3.3. Аналіз результатів експериментальних досліджень	77
3.4. Характеристика осциляційного модулятора, як ланки ланцюга автоматичного регулювання	83
Висновки до розділу	87
РОЗДІЛ 4 РОБОТА ОСЦИЛЯЦІЙНОГО МОДУЛЯТОРА ТИСКУ У СКЛАДІ АБС	88

4.1. Математична модель процесу автоматичного управління гальмуванням колеса	88
4.2. Критерії оцінки ефективності керування процесом гальмування	108
4.3. Оцінка якості регулювання при використанні осциляційного модулятора	110
Висновки до розділу	124
ВИСНОВКИ	125
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	127
ДОДАТКИ	141