

Міністерство освіти і науки України

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

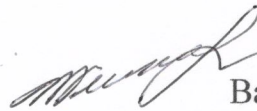
Автомобільний факультет

Кафедра автомобілів ім. А.Б. Гредескула

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
МАГІСТРА**

**ДОСЛІДЖЕННЯ ФАКТОРІВ, ЯКІ ВПЛИВАЮТЬ НА ХАРАКТЕРИСТИКИ АБС
ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ**

Завідувач, кафедри д-р. техн. наук, проф.



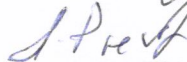
Валерій КЛИМЕНКО

Нормоконтролер, канд. техн. наук, доц.



Михайло ХОЛОДОВ

Керівник, канд. техн. наук, проф.



Леонід РИЖИХ

Здобувач, гр. АА-61-24



Владислав КАРПЕНКО

Харків – 2025

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет _____ автомобільний

Кафедра _____ автомобілів

Освітньо-кваліфікаційний рівень магістр

Галузь знань _____

Спеціальність 133 Галузеве машинобудування

(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

**Завідувач кафедри автомобілів,
проф. Клименко В.І.**

“ 20 ” _____ 10 _____ 2025 рік

**З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ МАГІСТРА**

Карпенко Владислав Володимирович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту: Дослідження факторів, які впливають на характеристики АБС транспортних засобів

керівник проекту Рижих Леонід Олександрович, к.т.н., проф.

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом ректора ХНАДУ від «08» жовтня 2025 року №155

2. Строк подання студентом проекту 12.12.2025 року

3. Вихідні дані до проекту: -

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): Вступ. 1. Гальмівне керування колісних машин; 2. Дослідження системи керування гальмівними силами; 3. Типова математична модель об'єкта керування; 4. Теоретичне дослідження гальмівного керування; Висновки; Перелік посилань.

5. Перелік графічного матеріалу: -

6. Консультанти розділів проекту

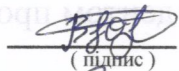
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
-	-	-	-
-	-	-	-

7. Дата видачі завдання: 01.09.2025 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

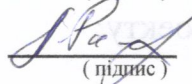
№ з/п	Назва етапів дипломного проекту	Строк виконання етапів проекту	Примітка
1	Вступ. Гальмівне керування колісних машин	01.09.2025- 12.09.2025	
2	Дослідження системи керування гальмівними силами	13.09.2025- 20.09.2025	
3	Типова математична модель об'єкта керування	21.10.2025- 27.10.2025	
4	Теоретичне дослідження гальмівного керування	27.10.2025- 14.11.2025	
8	Висновки	16.11.2025- 27.11.2025	
9	Оформлення пояснювальної записки	26.11.2025- 30.11.2025	
10	Підготовка матеріалів до захисту	03.12.2025- 11.12.2025	

Студент .


(підпис)

Владислав КАРПЕНКО
(прізвище та ім'я)

Керівник проекту (роботи)


(підпис)

Леонід РИЖИХ
(прізвище та ім'я)

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота містить: 83 с., рис.35, табл.2, 23 джерел.

ГАЛЬМІВНА СИСТЕМА, АНТИБЛОКУВАЛЬНА СИСТЕМА ГАЛЬМ, ХАРАКТЕРИСТИКА АБС, ГАЛЬМІВНІ ЕЛЕМЕНТИ, БЛОК КЕРУВАННЯ, АЛГОРИТМ РОБОТИ, ШВИДКІСТЬ СПРАЦЮВАННЯ.

Об'єкт дослідження – гальмівна система транспортних засобів.

Мета роботи – дослідження факторів, які впливають на характеристики АБС транспортних засобів.

Методи дослідження – аналітичні та теоретичні методи факторів, які впливають на характеристики АБС транспортних засобів.

Підвищення безпеки руху колісних машин – пріоритет сучасного автомобілебудування. Держава виділяє «необхідність повноцінного задоволення зростаючих потреб транспортного комплексу країни в сучасній конкурентоспроможній автомобільній техніці, відповідно міжнародним вимогам по екології, енергозбереженню та безпеці», в переліку основних тематик НДР та проєктів, орієнтованих на короткострокову перспективу, представлені наступні позиції: «визначення перспектив та напрямків подальших робіт з підвищення активної безпеки шляхом впровадження бортових інтелектуальних транспортних систем» з терміном реалізації до 2023 року. Європейськими органами з безпеки дорожнього руху виділено ряд пріоритетних напрямків у впровадженні та розвитку систем активної безпеки (САБ): освітлення, гальмівне управління, керованість, системи допомоги водієві. Виходячи з цього, керування гальмівним режимом автомобіля заявлено актуальним та значущим в забезпеченні безпеки дорожнього руху.

У науково-технічній літературі до САБ управління гальмівним режимом автомобіля пред'являються такі базові вимоги:

1. САБ автомобіля в режимі гальмування повинні забезпечувати збереження автомобілем властивостей стійкості та керованості при гальмуванні в будь-яких дорожніх умовах.

2. САБ автомобіля в режимі гальмування повинні підтримувати максимально можливу за умовами регулювання ефективність гальмування, тобто максимально використовувати коефіцієнт зчеплення.

3. Регулювання гальмування як колеса, так і автомобіля повинно бути адаптивним, враховуючим вплив зовнішніх впливів на роботу.

4. При відмові, САБ автомобіля в режимі гальмування повинні автоматично відключатися, гальмівна система при цьому повинна зберегти свою роботоспроможність, а її ефективність не повинна погіршуватися. Результати кваліфікаційної роботи можуть бути використані в навчальному процесі і при проектуванні нових автомобілів.

Найпоширенішою САБ автомобіля в режимі гальмування являється антиблокувальна система (АБС). Перша та основна задача АБС пов'язана з недопущенням блокування коліс під час гальмування, так як при блокуванні колеса, відбувається втрата його сприйнятливості до поперечних сил, що призводить до критичних ситуацій (заносів або зносів). АБС розробляється з метою забезпечення компромісу між ефективністю гальмування та керованістю/стійкістю автомобіля. При цьому нормативними документами (Правила ООН №13) допускається зниження гальмівної ефективності до 25% з метою збереження стійкості, а розподіл гальмівних сил має бути співвідносним з перерозподілом вертикальних реакцій - це ті рекомендації, які можуть бути використані для раціонального вибору гальмівного керування.

ЗМІСТ

Вступ.....	7
1. Гальмівне керування колісних машин	8
2 Дослідження системи керування гальмівними силами.....	18
2.1 Статичні системи керування гальмівним приводом	33
2.2 Динамічні системи керування гальмівним приводом	35
2.3 Параметри регулювання АБС.....	32
3. Типова математична модель об'єкта керування	34
3.1 Математична модель об'єкта (колесо-дорога)	34
3.2 Прямолінійний рух автомобіля та перерозподіл вертикальних реакцій.....	35
3.3 Математична модель гальмівного механізму	38
4. Теоретичне дослідження гальмівного керування.....	40
4.1 Аналіз впливу зміни вертикальних реакцій на об'єкті «Колесодорога» при антиблокувальному регулюванні	42
4.2 Синтез гальмівного керування	47
4.3 Визначення оптимального гальмівного керування	49
4.4 Структура розробленого контуру управління	57
4.5 Структура розробленого контуру управління	64
Висновки.....	68
Перелік посилань	70
Додаток А Презентаційний матеріал до кваліфікаційної роботи магістра.....	71

ВИСНОВКИ

У результаті виконання кваліфікаційної роботи було досліджено комплекс факторів, що впливають на характеристики антиблокувальних систем (АБС) транспортних засобів, а також проаналізовано принципи їх функціонування, конструктивні особливості й алгоритми регулювання. Отримані результати засвідчили, що ефективність гальмування безпосередньо залежить від узгодженості дії механічних, гідравлічних та електронних елементів системи, а також від точності адаптації АБС до конкретних дорожніх умов.

Встановлено, що основним завданням АБС є забезпечення компромісу між максимальною гальмівною ефективністю та стійкістю транспортного засобу. Оптимальне функціонування системи досягається шляхом підтримання коліс у зоні часткового проковзування, що забезпечує найкраще використання сил зчеплення. Водночас, за нормативами Правил ЄЕК ООН №13 допускається зниження гальмівної ефективності до 25% задля збереження стійкості автомобіля, що підкреслює пріоритет безпеки руху над динамічними показниками.

Розглянуті алгоритми керування АБС – індивідуальні, непрямі, модифіковані осьові та бортові – довели, що сучасні системи потребують глибокого урахування взаємодії об'єкта «автомобіль – колесо – дорога». Ефективність функціонування таких систем залежить від здатності контролера своєчасно розпізнавати зміну коефіцієнта зчеплення та коригувати гальмівний тиск відповідно до поточних умов руху.

У процесі дослідження виявлено, що електронні системи керування нового покоління (ESP, EBD, BAS), інтегровані з АБС, забезпечують суттєве підвищення безпеки руху за рахунок автоматизованого розподілу гальмівних сил та стабілізації транспортного засобу під час екстреного гальмування. Застосування таких систем у комплексі дозволяє зменшити гальмівний шлях на 10–15% та уникнути небезпечних заносів, що особливо актуально для автомобілів з високим центром мас.

Математичне моделювання показало, що динаміка гальмування значною мірою визначається параметрами шин, станом дорожнього покриття, характеристиками підвіски та конструкцією приводу гальмівної системи. Моделі взаємодії «колесо – дорога» підтвердили доцільність використання діаграми φ - S (залежність коефіцієнта зчеплення від ковзання) як базової для оптимізації алгоритмів керування.

Аналіз сучасних тенденцій свідчить, що розвиток антиблокувальних систем спрямований на поєднання класичних принципів керування з адаптивними методами, побудованими на штучному інтелекті та нейронних мережах. Це дозволяє прогнозувати поведінку транспортного засобу під час гальмування та в реальному часі змінювати параметри керування, забезпечуючи максимально можливу ефективність та безпеку.

Отримані результати мають практичне значення для подальшого вдосконалення систем активної безпеки транспортних засобів. Вони можуть бути використані при проєктуванні сучасних електронних систем гальмівного керування, створенні вітчизняних аналогів АБС, а також у навчальному процесі під час підготовки фахівців автомобільної галузі.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Андрійченко, О. П. (2021). *Автомобільні гальмівні системи: сучасні тенденції розвитку*. Харків: ХНАДУ.
2. Білан, Ю. С., & Паламарчук, І. І. (2019). Вплив електронних систем активної безпеки на стійкість автомобіля при гальмуванні. *Вісник НТУ «ХПІ»*, (48), 33–38.
3. Гаврилюк, І. В., & Григоренко, М. С. (2020). *Системи активної безпеки автомобілів*. Київ: Арістей.
4. Галаса, П. В., & Надгорний, Г. М. (2018). Експертні методи дослідження дорожньо-транспортних пригод. *Науковий вісник ХНАДУ*, (87), 56–63.
5. Гладков, С. М. (2016). *Теоретичні основи динаміки автомобіля*. Львів: Видавництво Львівської політехніки.
6. Говорущенко, Н. Я., & Шаша, І. К. (2015). *Безпека руху та гальмівні процеси автомобіля*. Харків: ХНАДУ.
7. Демченко, А. В. (2022). Математичне моделювання роботи АБС легкових автомобілів. *Автомобіль і електроніка. Сучасні технології*, (21), 45–52.
8. Клименко, В. І., & Рижих, Л. М. (2020). *Динаміка гальмування та системи активної безпеки автомобілів*. Харків: ХНАДУ.
9. Колесник, С. О. (2019). Аналіз ефективності антиблокувальних систем у вантажних автомобілях. *Техніка та прогресивні технології*, (4), 17–23.
10. Копитко, В. І. (2018). *Системи активної безпеки дорожнього транспорту*. Львів: Видавництво Львівської політехніки.
11. Корж, О. В. (2021). Розроблення адаптивних алгоритмів антиблокувальних систем гальмування. *Вісник НТУ*, (43), 71–77.
12. Савченко, М. П., & Іващенко, Р. І. (2019). Особливості інтеграції АБС з іншими системами активної безпеки. *Науково-технічний збірник «Автомобільний транспорт»*, (45), 28–34.

13. Туренко, А. Н., Клименко, В. И., Богомолов, В. А., Рижих, Л. А., Леонтьев, Д. М., Красюк, А. Н., Михалевич, М. Г. (2015). Реалізація інтелектуальних функцій в електронно-пневматичному гальмівному керуванні транспортними засобами.
14. Leontiev, D., Klimenko, V., Mykhalevych, M., Don, Y., & Frolov, A. (2019). Simulation of working process of the electronic brake system of the heavy vehicle. In *International scientific-practical conference*. Springer International Publishing. 1019, 50-61. https://doi.org/10.1007/978-3-030-25741-5_6
15. Александров, Є. Є., Богомолов, В. О., Клименко, В. І., & Леонтьев, Д. М. (2025). *Прикладна теорія коливань для студентів автомобільних спеціальностей вищів: навчальний посібник*.
16. Богомолов, В. О., & Леонтьев, Д. М. (2025). *Математичне моделювання робочих процесів колісних та гусеничних транспортних засобів: навчальний посібник*.
17. Shuklinov S.M., Klymenko V.I., Leontiev D.M., Aloksa M.M. (2023). *Automobile. Theory and operational properties: study guide*. ISBN 978-617-8238-19-3.
18. Рижих, Л. А., Леонтьев, Д. М. (2011). Особливості електронно-пневматичної гальмівної системи транспортних засобів. *Автомобильный транспорт*, (29), 68-70.
19. Туренко, А. М., Клименко, В. І., Рижих, Л. О., Ломака, С. Й., Леонтьев, Д. М. (2006). Сучасні електронні гальмівні системи автомобілів. *Вісник КДПУ*. (2). 64-66.
20. Леонтьев, Д. М. (2011). *Системний підхід до створення автоматизованого гальмівного керування транспортних засобів категорій M₃ та N₃*. (PhD dissertation, Харківський національний автомобільно-дорожній університет).
21. Bogomolov, V. A., Klimenko, V. I., Leontiev, D. N., Ponikarovska, S. V., Kashkanov, A. A., & Kucheruk, V. Y. (2021). Plotting the adhesion utilization curves for multi-axle vehicles. *Bulletin of the Karaganda University "Physics Series"*, 101(1), 35-45.
22. Leontiev, D., & Don, E. (2016). Specifics of automobile dual wheels interaction with the supporting surface. *Automobile transport*, (39), 74-79.

23. Leontiev D., Klymenko V., Aloksa M., Sylchenko M. (2022) Regarding the issue of determining the deceleration of a two-axle vehicle with a damaged brake system. *Automobile transport*, (50), 21-28.