

Міністерство освіти і науки України  
Харківський національний автомобільно-дорожній університет

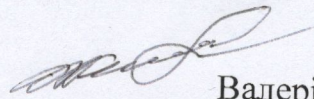
Автомобільний факультет

Кафедра автомобілів ім. А.Б. Гредескула

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА  
МАГІСТРА**

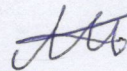
**ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІКИ ГАЛЬМУВАННЯ  
ВАНТАЖНИХ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ КАТЕГОРІЇ N3 З  
ВИКОРИСТАННЯМ ФУНКЦІЇ ABS**

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



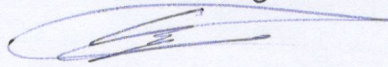
Валерій КЛИМЕНКО

Нормоконтролер канд. техн. наук, доц.



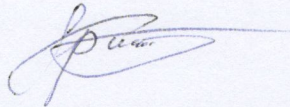
Михайло ХОЛОДОВ

Керівник канд. техн. наук, доц.



Євген ДОН

Студент гр. АА-61-24



Артем БУДНИК

Харків – 2025

# Харківський національний автомобільно-дорожній університет

(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет Автомобільний  
Кафедра Автомобілів ім. А.Б.Г редаскула  
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

## ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ МАГІСТРА СТУДЕНТУ

Буднику Артему Романовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проєкту: ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІКИ ГАЛЬМУВАННЯ  
ВАНТАЖНИХ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ КАТЕГОРІЇ N3 З  
ВИКОРИСТАННЯМ ФУНКЦІЇ ABS

керівник проєкту Дон Є. Ю. канд. техн. наук., доцент  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом ректора ХНАДУ від 08 жовтня 2025 року № 155

2. Строк подання студентом проєкту 15.12.2025 року

3. Вихідні дані до проєкту: -

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): Вступ. 1. Сучасні гальмові системи транспортних засобів категорії N3; 2. Теоретичне дослідження гальмового керування колісних машин; 3. Система активної безпеки для вантажних автомобілів категорії N3; 4. Принципи керування гальмовою системою автомобілів категорії N3 з функцією ABS; Висновки; Перелік посилань.

5. Перелік графічного матеріалу: -

## 6. Консультанти розділів проекту

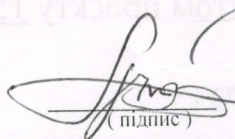
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
-	-	-	-
-	-	-	-

7. Дата видачі завдання: 13.10.2025 року

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту	Строк виконання етапів проекту	Примітка
1	Вступ. Сучасні гальмові системи транспортних засобів категорії N3	13.10.2025-17.10.2025	виконано
2	Теоретичне дослідження гальмового керування колісних машин	20.10.2025-24.10.2025	виконано
3	Система активної безпеки для вантажних автомобілів категорії N3	27.10.2025-31.10.2025	виконано
4	Принципи керування гальмовою системою автомобілів категорії N3 з функцією ABS	03.11.2025-14.11.2025	виконано
5	Висновки	17.11.2025-21.11.2025	виконано
6	Оформлення пояснювальної записки	03.12.2025-10.12.2025	виконано
7	Підготовка матеріалів до захисту	08.12.2025-14.12.2025	виконано

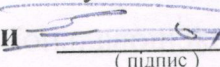
Студент



(підпис)

**Будник А.Р.**  
 (прізвище та ініціали)

Керівник кваліфікаційної роботи



(підпис)

**Дон Є.Ю.**  
 (прізвище та ініціали)

## РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота магістра містить: 70 с., рис.34, 30 джерел.

ГАЛЬМУВАННЯ, АБС (*ABS*), АКТИВНА БЕЗПЕКА, СХЕМА КЕРУВАННЯ СИСТЕМОЮ ГАЛЬМУВАННЯ, ПНЕВМАТИЧНИЙ ПРИВІД, ЕЛЕКТРОННОПНЕВМАТИЧНІ ГАЛЬМА.

Об'єкт дослідження – гальмівна система транспортного засобу категорії *N3* із системою активної безпеки та функцією *ABS*.

Мета роботи – дослідження динаміки гальмування транспортного засобу категорії *N3*.

Методи дослідження – аналітичні, емпіричні та теоретичні методи.

Гальмівна система вантажного автомобіля – представляє з себе вузол (систему), що відрізняється великою кількістю складових елементів, збільшеними розмірами та масою, а також підвищеними вимогами до надійності. Сучасні вантажівки комплектуються гальмами в більшості з пневматичним приводом, що працюють на принципі стисненого повітря та підтримують необхідний тиск у гальмовій системі. До гальм вантажних автомобілів та причепів висувається низка міжнародних вимог, при цьому вони повинні відповідати галузевим стандартам у сфері їх випробування – *RREG 71/320 EEC, ECE R13*. Основне завдання гальм машини /гальмівної системи – уповільнення руху машини та повна його зупинка, а також утримання автомобіля нерухомо під час його стоянки. Керується така система через педаль у салоні автомобіля, натискаючи на яку з різним зусиллям, водій регулює динаміку гальмування. Один із ключових елементів конструкції кожного вантажного автомобіля – гальмівна система. У сучасній великотоннажній вантажівці або тягачі до неї входить комплекс елементів, що відрізняються розмірами, масою, складністю виконання. Основа гальмівної системи – пневматичний привід, що підтримує певний робочий тиск у магістралях, та функціонує на стисненому повітрі.

## ЗМІСТ

Вступ.....	7
1. Сучасні гальмівні системи транспортних засобів категорії N3 .....	9
1.1. Аналіз принципів керування пневматичним гальмовим приводом колісних транспортних засобів .....	12
1.2. Аналіз динаміки гальмування автотранспортних засобів з електропневматичною гальмовою системою .....	20
1.3. Гальмівні системи з електронним управлінням <i>EBS</i> .....	22
1.4. Електронна система управління стійкістю <i>ESC</i> .....	26
1.5. Система екстреного гальмування.....	28
2. Теоретичне дослідження гальмівного керування колісних машин ..	30
2.1. Концепція визначення зміни вертикальних навантажень на вісях багатовісного колісного транспортного засобу під час гальмування .....	31
2.2. Аналіз законів зміни тиску в гальмовому приводі колісних транспортних засобів .....	36
2.3. Визначення оптимального гальмівного керування для плоскої моделі автомобіля.....	41
3. Система активної безпеки для вантажних автомобілів категорії N3 .....	43
3.1. Алгоритм роботи ЕПГС для колісного транспортного засобу .....	46
3.2. Зміна тиску в ЕППП при екстреному гальмуванні на основі імітаційного моделювання робочих процесів, які відбуваються в елементах привода .....	49
4. Принципи керування гальмовою системою автомобілів категорії N3 .....	56
4.1 Аналіз та обґрунтування принципу керування електропневматичними модуляторами тиску на основі імітаційного моделювання динаміки руху транспортного засобу з функцією <i>ABS</i> .....	56

4.2 Аналіз досліджень динаміки гальмування колісного транспортного засобу з електропневматичною гальмовою системою в дорожніх умовах.....	62
Висновки .....	69
Перелік посилань .....	71

## ВИСНОВКИ

У ході виконання кваліфікаційної роботи магістра було проведено дослідження динаміки гальмування вантажних транспортних засобів категорії *N3* з використанням функції *ABS*.

Гальмівна система вантажного автомобіля сьогодні представляє із себе ключовий вузол, що відрізняється великою кількістю елементів, і особливо у великовантажних КТЗ збільшеними розмірами та масою, а також вищими вимогами до надійності. Сучасні вантажівки комплектуються гальмами з пневматичним приводом, які працюють на принципі стисненого повітря та динамічно підтримують необхідний тиск у системі. До гальм вантажних автомобілів та причепів висувається низка міжнародних вимог, при цьому вони повинні відповідати галузевим стандартам у сфері їх випробування – *RREG 71/320 EEC, ECE R13*. Основне завдання гальмівної системи транспортного засобу – уповільнення руху, повна зупинка та утримування транспортного засобу нерухомо під час стоянки. Керується така система через педаль у салоні, натискаючи на яку з різним зусиллям та кутом, водій фактично регулює динаміку гальмування автомобіля. У сучасній великотоннажній вантажівці або тягачі до гальмової системи входить комплекс елементів, що відрізняються розмірами, масою та складністю виконання. Основа гальмівної системи вантажних транспортних засобів категорії *N3* – пневматичний привід, що підтримує певний робочий тиск у магістралях, та функціонує на стислому повітрі і враховуючи сучасні вимоги безпеки руху – має антиблоувальні функції (*ABS, EBS, ESP*) коліс та збереження маневреності не залежно від специфіки дорожньої обстановки, швидкості руху та умов експлуатації авто.

В роботі визначено розвиток конструктивних рішень гальмових систем з пневматичними приводами вантажних автомобілів категорії *N3* з підтриманням функції *ABS*. А також розглянуто їх конструктивні особливості. Розглянуто сучасні методи та засоби керування гальмовими

апаратами з пневматичним приводом і сучасні підходів до реалізації законів керування в сучасних системах гальм та перспективу розвитку концептуального електронно-пневматичного гальмового керування і його перспективи керування у різних режимах. В роботі також представлено основні принципи керування гальмовою системою автомобілів категорії *N3* з функцією *ABS* з урахуванням динаміки гальмування такого типу автомобіля. Розглянуто процеси які протікають під час екстреного гальмування в функціоналі модуляторів тиску перспективної системи ЕПГС і зазначено твердження щодо керуванням такою системою:

- раціональним характером зміни тиску в ДЄ-ланках привода ЕПГС під час екстреного гальмування КТЗ є швидке зростання тиску на початку робочого процесу (до 0,3 МПа – за час не більше ніж 0,3 с) та плавне зростання тиску під час подальшого гальмування (приріст тиску на 0,1 МПа повинен відбуватися за час, рівний або не менший ніж 1 с);

- що синхронне розгальмовування коліс зменшує ефективність гальмування автомобіля приблизно на 30%. Такий результат не є оптимальним і має бути врахований під час розробки алгоритмів роботи систем автоматизованого регулювання гальмівного зусилля.

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Дон Є.Ю. Удосконалення динамічних властивостей електропневматичного гальмового керування колісного транспортного засобу / (УДК 629.33 + 629.062) / Дисертаційне дослідження, 05.22.02 – автомобілі та трактори, 27 Транспорт. – Харків: ХНАДУ, 2020. – С. 164.
2. Леонтьєв, Д. М. (2021). *Теоретичні основи гальмування багатовісних транспортних засобів з електропневматичною гальмовою системою* (Doctoral dissertation, Харківський національний автомобільно-дорожній університет).
3. Єдині технічні приписи щодо офіційного затвердження дорожніх транспортних засобів категорії М, N, і О стосовно гальмування: ДСТУ UN/ECE R 13-09-2004 (Правила ЕЄК ООН № 13-09:2000, IDT). – [Чинний від 2007-01-04].-К.: Держстандарт України, 2004. – 258. – (Національний стандарт України).
4. Правила №13 ЄЕК ООН. Єдині приписи, що стосуються офіційного затвердження транспортних засобів категорій М, N та Про що до гальмування. - Додаток 10.
5. ДСТУ 3649:2010. Колісні транспортні засоби. Вимоги до безпеки технічного стану та методи контролю. Введіть. 01.07.11. – К.: Держстандарт України, 2011. – 56 с.
6. Mercedes-Benz Actros traktörlerinin model yelpazesi, yüksek bir güvenilirlik düzeyine sahiptir. Mercedes-Benz Actros. <https://nashipoezda/tr/logging/modelnyi-ryad-tyagachei-mercedes-benz-actros-nadezhnost-vysokogo-urovnya.html> (дата звернення 12.10.24).
7. Bosch, R. Kraftfahrtechnisches Taschenbuch / R. Bosch, K. Reif, K.-H. Dietsche. — 27. Auflage. — Wiesbaden: Vieweg+Teubner, 2011. — 1267 s.
8. Рижих Л. О. Контроль вихідних параметрів пневматичного гальмівного керування в експлуатації / Л. О. Рижих, С. Й. Ломака, Є. Ю. Дон // Вісник Харківського національного автомобільно-дорожнього

університету. – Харків : ХНАДУ, 2016. – Вип. 75. – С. 145–150.

9. Дон Є.Ю. Теоретичні дослідження впливу зміни тиску в електропневматичному гальмівному приводі на динаміку руху коліс КТЗ / Є.Ю. Дон // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Динаміка і міцність машин. – Х.: НТУ«ХПІ», 2017. – Вип. 39 (1261). – С. 14-18.

10. Леонт'єв Д. М. Обґрунтування раціонального закону зміни тиску в електропневматичному гальмовому приводі під час екстреного гальмування / Д. М. Леонт'єв, Є. Ю. Дон // Вісник ХНАДУ. – Х.: ХНАДУ, 2019. – Вип. 84. – С. 21–30.

11. Leontiev D., Klimenko V., Mykhalevych M., Don Y., Frolov A. (2020) Simulation of Working Process of the Electronic Brake System of the Heavy Vehicle. In: Palagin A., Anisimov A., Morozov A., Shkarlet S. (eds) Mathematical Modeling and Simulation of Systems. MODS 2019. Advances in Intelligent Systems and Computing, vol 1019. Springer, Cham, pp 50-61. (First Online: 18 July 2019) [https://doi.org/10.1007/978-3-030-25741-5\\_6](https://doi.org/10.1007/978-3-030-25741-5_6)

12. Ryjikh L. Analysis and selection of principles of electropneumatic modulator control of vehicle braking system / L. Ryjikh, D. Leontiev, E. Don // Innovative Processes and Technologies. Ways of Their Implementation in Automobile, Road-Building, Transport, Nature Protection and Educational Fields: Collection of scientific works (in foreign languages) / – Харківський національний автомобільно-дорожній університет: збірник матеріалів конференції. – Харків: ХНАДУ, 2013. – С. 282 – 286

13. Рижих Л.О. Про вибір принципу керування пропорційними модулятором електронно–пневматичної гальмової системи автотранспортного засобу / Л.О. Рижих, Д.М. Леонт'єв, Є.Ю. Дон // Новітні технології розвитку конструкції, виробництва, експлуатації та експертизи автомобіля: Збірник тез / Харківський національний автомобільно-дорожній університет. – Харків: ХНАДУ, 2014. – С. 53 – 54.

14. Рижих Л.О. Аналіз динаміки гальмування автотранспортних засобів з електронно-пневматичною гальмівною системою / Л.О. Рижих,

Є.Ю. Дон // Новітні технології в автомобілебудівництві та транспорті: Наукові праці міжнародної науково-практичної конференції / Харківський національний автомобільно-дорожній університет. – Харків: ХНАДУ, 2015. – С. 49 – 50.

15. Simulation of working process of the electronic brake system of the heavy vehicle / D. Leontiev, V. Klimenko, M. Mykhalevych, Y. Don, A. Frolov // Математичне та імітаційне моделювання систем. МОДС 2019: тези доповідей Чотирнадцятої міжнародної науково-практичної конференції (Чернігів, 24 - 26 червня 2019 р.) / М-во освіти і науки України, Нац. академія наук України, Академія технологічних наук України, Інженерна академія України та ін. - Чернігів : ЧНТУ, 2019. – С. 76 - 79.

16. А.с. 24904 Україна, Департамент авторського права в Україні. Комп'ютерна програма “Програма обробки показників вихідних параметрів гальмування транспортних засобів” / Є.Ю. Дон, Д.Н. Леонт'єв, О.О. Журавський (Україна). – Опубл. 07.07.16.

17. Альокса М. М., Алексєєнко В. М. (1990). *Теорія експлуатаційних властивостей автотранспортних засобів в прикладах і завданнях*

18. Шуклінов С.М. (2022). *Автомобіль. Теорія та експлуатаційні властивості : навч. посіб.* ISBN 978-617-8009-77-9.

19. Алексєєнко В.М., Ломака С.Й., Шуклінов С.М., Залогін М.Ю. (2018). *Методичні вказівки з дипломного проектування для студентів спеціальності 133 «Галузеве машинобудування»*

20. Каслін М. Д., Штода Л.В. (2018). *Методичні вказівки щодо розробки розділу «Охорона праці» у дипломних проектах (роботах) студентів всіх форм навчання випускних курсів університету.*

21. Михалевич М.Г. (2012). *Методичні рекомендації до практичної роботи по дисципліні: Основи САПР КГТЗ «Оцінка вартості розробки»*

22. Богомоллов В. О., Клименко В. І., Леонт'єв Д. М., Ужва А. В. (2025). *Історія інженерної діяльності. Розвиток автомобілебудування : навч. посіб.* – 3-тє вид. – ISBN 978-617-8587-01-7

23. Богомолов В. О., Леонтьев Д. М. (2025). *Математичне моделювання робочих процесів колісних та гусеничних транспортних засобів* : навч. посіб. – ISBN 978-617-8238-74-2
24. Александров Є. Є., Богомолов В. О., Клименко В. І., Леонтьев Д. М. (2025). *Прикладна теорія коливань для студентів автомобільних спеціальностей вищів* : навч. посіб. – ISBN 978-617-8238-75-9
25. Shuklinov S. M., Klymenko V. I., Leontiev D. M., Aloksa M. M. (2023). *Automobile. Theory and operational properties : study guide.*
26. Klymenko V. I., Voronkov O. I., Leontiev D. M., Mykhalievych M. H., Yaryta O. O., Ponikarovska S. V., Borzenko O. P., Fandieieva A. Ye. (2023). *Construction and layout of automobiles and internal-combustion engines : study guide.* – ISBN 978-617-8009-99-1
27. 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*. Cham: Springer International Publishing. 1019, 50-61. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-25741-5\\_6](https://doi.org/10.1007/978-3-030-25741-5_6)
28. Клименко, В. І., Ломака, С. Й., Рижих, Л. О., & Туренко, А. М. (2006). Аналіз алгоритмів регулювання гальмівних сил регулятором з електронним керуванням. *Вісник ЖДТУ. Серія "Технічні науки"*, 4 (39), 26-35.
29. Леонтьев, Д. М., Тимонін, В. О., Савчук, А. Д., Губарьков, С. С., Леонтьев, Д. Н., & Тимонин, В. А. (2019). Оцінка ефективності гальмування чотиривісного транспортного засобу в разі виходу з ладу одного з контурів його робочої гальмової системи. *Автомобіль і електроніка. Сучасні технології*, (16), 26-34.
30. Леонтьев Д.М., Рижих Л.О., Бикадоров О.В. та інші. (2010). Методи розрахунку коефіцієнту зчеплення, що реалізується при коченні колеса в гальмівному режимі. *Автомобільний транспорт*, (27), 7-12.