

Міністерство освіти і науки України  
Харківський національний автомобільно-дорожній університет

Автомобільний факультет

Кафедра автомобілів ім. А.Б. Гредескула

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА  
МАГІСТРА**

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ГАЛЬМУВАННЯ ТРАНСПОРТНОГО ЗАСОБУ  
КАТЕГОРІЇ N2 ІЗ СИСТЕМОЮ АКТИВНОЇ БЕЗПЕКИ

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

Нормоконтролер канд. техн. наук, доц.

Керівник канд. техн. наук

Студент гр. АА-61



В.І. Клименко



М.П. Холодов



Є.Ю. Дон



С.Є. Даниленко

Харків – 2024

**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.**

“ 10 ” 10 2024 рік

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

Даниленко Сергій Євгенович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту: ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ГАЛЬМУВАННЯ  
ТРАНСПОРТНОГО ЗАСОБУ КАТЕГОРІЇ N2 ІЗ СИСТЕМОЮ АКТИВНОЇ  
БЕЗПЕКИ

керівник проекту Дон Є. Ю. канд. техн. наук.

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

затверджені наказом ректора ХНАДУ від 10 жовтня 2024 року № 136

2. Строк подання студентом проекту 17.12.2023 року

3. Вихідні дані до проекту: -

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): Вступ. 1. Сучасні гальмівні системи транспортних засобів категорії N2; 2. Теоретичне дослідження гальмівного керування колісних машин; 3. Система активної безпеки для вантажних автомобілів категорії N2; 4. Розробка електронної системи динамічної стабілізації; 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: 10.10.2024 року

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

| № з/п | Назва етапів дипломного проекту                                    | Строк виконання етапів проекту | Примітка |
|-------|--------------------------------------------------------------------|--------------------------------|----------|
| 1     | Вступ. Сучасні гальмівні системи транспортних засобів категорії N2 | 12.10.2024-17.10.2024          | виконано |
| 2     | Теоретичне дослідження гальмівного керування колісних машин        | 20.10.2024-24.10.2024          | виконано |
| 3     | Система активної безпеки для вантажних автомобілів категорії N2    | 26.10.2024-28.10.2024          | виконано |
| 4     | Розробка електронної системи динамічної стабілізації               | 03.11.2024-15.11.2024          | виконано |
| 5     | Висновки                                                           | 15.11.2024-27.11.2024          | виконано |
| 6     | Оформлення пояснювальної записки                                   | 03.12.2024-10.12.2024          | виконано |
| 7     | Підготовка матеріалів до захисту                                   | 08.12.2024-15.12.2024          | виконано |

Студент

  
(підпис)

Даниленко С.Є.  
(прізвище та ініціали)

Керівник кваліфікаційної роботи

  
(підпис)

Дон Є.Ю.  
(прізвище та ініціали)

## РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота магістра містить: 72 с., рис.35, 15 джерел.

ГАЛЬМУВАННЯ, АБС, АКТИВНА БЕЗПЕКА, СХЕМА КЕРУВАННЯ СИСТЕМОЮ ГАЛЬМУВАННЯ, ПНЕВМАТИЧНИЙ ПРИВІД ПРИВІД.

Об'єкт дослідження – гальмівна система транспортного засобу категорії N2 із системою активної безпеки.

Мета роботи – аналіз процесу гальмування транспортного засобу категорії N2.

Методи дослідження – аналітичні, емпіричні та теоретичні методи.

Гальмівна система вантажного автомобіля – ключовий вузол, що відрізняється великою кількістю елементів, збільшеними розмірами та масою, а також вищими вимогами до надійності. Сучасні вантажівки комплектуються гальмами з пневмоприводом, що працюють на принципі стисненого повітря та 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 ЕЕС, ECE R13. Основне завдання гальм машини, гальмівної системи – уповільнення руху машини та повна його зупинка. Керується через педаль у салоні, 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 стислому повітрі.

## ЗМІСТ

|                                                                                                                 |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Вступ.....                                                                                                      | 6  |
| 1. Сучасні гальмівні системи транспортних засобів категорії N2.....                                             | 7  |
| 1.1 Гальмівний привод.....                                                                                      | 9  |
| 1.2 Гальмівні системи з електронним управлінням EBS.....                                                        | 13 |
| 1.3 Основні компоненти гальмівної системи EBS.....                                                              | 20 |
| 1.4 Електронна система управління стійкістю ESC .....                                                           | 24 |
| 1.5 Антиблокувальні системи .....                                                                               | 26 |
| 1.6 Система екстреного гальмування .....                                                                        | 32 |
| 2. Теоретичне дослідження гальмівного керування колісних машин .....                                            | 33 |
| 2.1 Аналіз впливу зміни вертикальних реакцій на об'єкті «Колесо-дорога» при антиблокувальному регулюванні ..... | 35 |
| 2.2 Визначення оптимального гальмівного керування для плоскої моделі автомобіля .....                           | 41 |
| 3. Система активної безпеки для вантажних автомобілів категорії N2.....                                         | 43 |
| 3.1 Класифікація систем ESP .....                                                                               | 45 |
| 3.2 Преваги і недоліки системи ESP.....                                                                         | 47 |
| 3.3 Принцип роботи системи ESP.....                                                                             | 48 |
| 3.4 Сучасні типи електронної програми стабільності .....                                                        | 51 |
| 4. Розробка електронної системи динамічної стабілізації .....                                                   | 59 |
| Висновки .....                                                                                                  | 69 |
| Перелік посилань.....                                                                                           | 70 |

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Єдині технічні приписи щодо офіційного затвердження дорожніх транспортних засобів категорії М, N, і О стосовно гальмування: ДСТУ UN/ECE R 13-09-2004 (Правила ЕЕК ООН № 13-09:2000, IDT). – [Чинний від 2007-01-04].-К.: Держстандарт України, 2004. – 258. – (Національний стандарт України).

2. Правила №13 ЕЕК ООН. Єдині приписи, що стосуються офіційного затвердження транспортних засобів категорій М, N та Про щодо гальмування. - Додаток 10.

3. ДСТУ 3649:2010. Колісні транспортні засоби. Вимоги до безпеки технічного стану та методи контролю. Введить. 01.07.11. – К.: Держстандарт України, 2011. – 56 с.

4. 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).

5. Bosch, R. Kraftfahrtechnisches Taschenbuch / R. Bosch, K. Reif, K.- H. Dietsche. — 27. Auflage. — Wiesbaden: Vieweg+Teubner, 2011. — 1267 s.

6. 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.

7. 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.

8. Леонтьєв 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.

9. 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)

10. 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

11. 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.

12. 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.

13. 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.

14. 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. Леонтєв, О.О. Журавський (Україна). – Опубл. 07.07.16.