

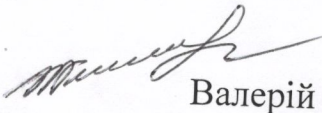


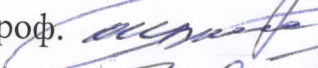
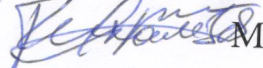
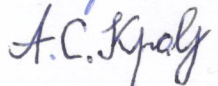
Міністерство освіти і науки України
Харківський національний автомобільно-дорожній університет

Автомобільний факультет

Кафедра автомобілів ім. А.Б. Гредескула

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА МАГІСТРА

ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОЧОГО ПРОЦЕСУ ГАЛЬМІВНИХ ПРИВОДІВ З
ЕЛЕКТРОННИМ КЕРУВАННЯМ

| | | |
|-----------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|
| Завідувач кафедри д-р техн. наук, проф. |  | Валерій КЛИМЕНКО |
| Нормоконтролер канд. техн. наук, доц. |  | Михайло ХОЛОДОВ |
| Керівник канд. техн. наук, доц. |  | Олександр ЯРИТА |
| Консультант канд. техн. наук, проф. |  | Олег БОГАТОВ |
| Консультант д-р техн. наук, проф. |  | Микола МИХАЛЕВИЧ |
| Здобувач гр. АА-61-24 |  | Олексій КРАВЧЕНКО |

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет _____ автомобільний
Кафедра _____ автомобілів
Освітньо-кваліфікаційний рівень магістр
Галузь знань _____
Спеціальність 133 Галузеве машинобудування

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри автомобілів,
проф. Клименко В.І.

“ 20 ” 10 2025 рік

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

Кравченко Олексій Сергійович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Дослідження робочого процесу гальмівних приводів з електронним керуванням

керівник роботи Ярита Олександр Олександрович, к.т.н., доцент

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

затверджені наказом ректора ХНАДУ від 8 жовтня 2025 року №155

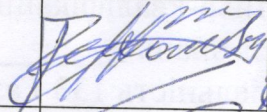
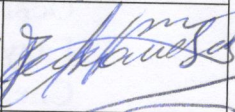
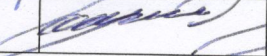
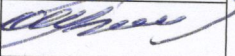
2. Строк подання студентом роботи 17.12.2025 року

3. Вихідні дані до роботи: -

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): Вступ. 1. Передумови появи гальмівних систем з електронним керування; 2. Особливості будови гальмівних приводів з електронним керуванням; 3. Теоретичні дослідження робочого процесу електропневматичного гальмівного приводу; 4. Визначення конкурентоспроможності транспортного засобу; 5. Охорона праці; Висновки; Перелік посилань.

5. Перелік графічного матеріалу: -

6. Консультанти розділів проекту

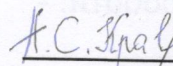
| Розділ | Прізвище, ініціали та посада консультанта | Підпис, дата | |
|--------------------------------------------|-------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| | | завдання видав | завдання прийняв |
| Визначення конкурентоспроможності розробки | Михалевич М.Г. |  |  |
| Охорона праці | Богатов І.О. |  |  |

7. Дата видачі завдання: 20.10.2025 року

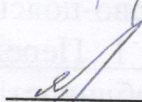
КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

| № з/п | Назва етапів дипломного проекту | Строк виконання етапів проекту | Примітка |
|-------|----------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|----------|
| 1 | Вступ. Передумови появи гальмівних систем з електронним керуванням | 20.10.2025-26.10.2025 | |
| 2 | Особливості будови гальмівних приводів з електронним керуванням | 27.10.2025-06.11.2025 | |
| 3 | Теоретичні дослідження робочого процесу електропневматичного гальмівного приводу | 07.11.2025-23.11.2025 | |
| 4 | Визначення конкурентоспроможності транспортного засобу | 24.11.2025-02.12.2025 | |
| 5 | Охорона праці | 03.12.2025-10.12.2025 | |
| 6 | Оформлення пояснювальної записки | 11.12.2025-17.12.2025 | |
| 7 | Підготовка матеріалів до захисту | 18.12.2025-21.12.2025 | |

Здобувач

 Олексій КРАВЧЕНКО

Керівник проекту (роботи)

 Олександр ЯРИТА

РЕФЕРАТ

Дипломний робота містить: 75 с., 20 рис., 14 табл., 29 джерел, 1 додаток.

ГАЛЬМІВНИЙ ПРИВІД, ГАЛЬМІВНА СИСТЕМА, ТРАНСПОРТНИЙ ЗАСІБ, ГІДРАВЛІЧНИЙ ПРИВІД, ПНЕВМАТИЧНИЙ ПРИВІД, ЕЛЕКТРОПНЕВМАТИЧНИЙ ПРИВІД, ЕЛЕКТРОГІДРАВЛІЧНИЙ ПРИВІД, ЕЛЕКТРОПНЕВМАТИЧНИЙ ПРИВІД.

Об'єкт дослідження: гальмівні приводи з електронним керуванням.

Мета роботи: дослідження робочого процесу гальмівних приводів з електронним керуванням.

В ході виконання кваліфікаційної роботи магістра був проведений аналіз існуючих традиційних видів гальмівних приводів (механічних, пневматичних та гідравлічних) та їх сучасних аналогів з електронним керуванням. Значна увага була приділена ключовим елементам пневматичного гальмівного приводу з електронним керуванням, а саме модулятору тиску. Були проаналізовані та порівняні переваги та недоліки обраних схем з урахуванням їх ефективності та відповідності сучасним вимогам.

Результати кваліфікаційної роботи можуть бути використані при аналізі та проєктуванні приводів гальмівних систем з електронним керуванням або модернізації вже існуючих.

ЗМІСТ

| | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Вступ..... | 5 |
| 1 Передумови появи гальмівних систем з електронним керування | 7 |
| 1.1 Пневматичний гальмівний привід..... | 7 |
| 1.2 Гідравлічний привід гальм..... | 10 |
| 2 Особливості будови гальмівних приводів з електронним керуванням | 13 |
| 2.1 Електромеханічні гальмівні приводи | 13 |
| 2.2 Особливості будови електропневматичного гальмівного приводу..... | 17 |
| 2.3 Гідравлічні гальмівні приводи з електронним керуванням | 23 |
| 2.4 Система гальмування за допомогою дротів Brake-By-Wire (BBW) | 26 |
| 3 Теоретичні дослідження роботи модулятора тиску у складі електропневматичного гальмівного приводу | 32 |
| 3.1 Побудова математичної моделі модулятора тиску електропневматичного гальмівного приводу | 32 |
| 4 Визначення конкурентоспроможності гальмівних приводів..... | 43 |
| 4.1 Метод ієрархій..... | 43 |
| 4.2 Розрахунок за методом ієрархій | 45 |
| 5 Охорона праці..... | 54 |
| 5.1 Аналіз нормативних документів | 54 |
| 5.2 Виробнича санітарія..... | 55 |
| 5.3 Пожежна безпека..... | 56 |
| 5.4 Екологічна безпека..... | 57 |
| 5.5 Розрахунок площі вікон для бічного природнього освітлення..... | 58 |
| Висновок..... | 65 |
| Література..... | 66 |

ВИСНОВОК

У ході виконання кваліфікаційної роботи магістра мною були проаналізовані найбільш розповсюджені типи приводів гальмівних систем транспортних засобів, такі як механічний, гідравлічний та пневматичний. Зважаючи на світову тенденцію до цифровізації транспортних засобів, з метою кращої взаємодії та інтеграції усіх систем автомобіля, основна увага дослідження була приділена аналогам традиційних гальмівних приводів з електронним керуванням.

Були детально розглянуті декілька видів гальмівних схем з електронним керування для кожного типу приводу, а саме електромеханічний привід гальм типу Mando, електропневматичні приводи гальм, запропоновані компанією Wabco, та електрогідравлічний варіанти, у тому числі система Brake-by-wire. Ретельно проаналізовані їх особливості, недоліки та переваги. Значна увага була приділена модулятору тиску, що є одним із найважливіших елементів у електронних приводах гальмування, його принципу роботи та параметрам.

Була ретельно проаналізована робота модулятора електропневматичної гальмівної системи. Основна увага була приділена аналізу роботи електропневматичного гальмівного приводу в залежності від зміни ступеню завантаження транспортного засобу, а саме при нормальному завантаженні, надмірному та недостатньому.

У економічному розділі був проведений аналіз різних приводів гальмівних систем за допомогою методу ієрархій, а саме: пневматичного, гідравлічного, електромеханічного, електропневматичного та електрогідравлічного. Оцінка конкурентоспроможності відбувалась за вісьмома критеріями, головними з яких були надійність та швидкодія.

У розділі охорони праці були проаналізовані нормативні документи, що стосуються безпеки на підприємстві та був проведений розрахунок для визначення площі вікон для бічного природнього освітлення.

ЛІТЕРАТУРА

1. Електронний ресурс: <https://www.automotive-technology.com/articles/types-of-braking-systems-and-types-of-brakes>.
2. Склярів В. М. Конструкція автомобіля. Частина друга. Трансмісія і ходова частина: Підручник // В. М. Склярів, В. П. Волков, Р. М. Кузнєцов, М. В. Склярів, В. В. Стельмашук. – Харків: ХНАДУ; Луцьк: Луцький НТУ, 2012. – 384 с.
3. Електронний ресурс: <https://www.automaster.net.ua/>.
4. Електронний ресурс: <https://master.shop/articles/pnevmatichna-galmivna-sistema-avtomobilya>.
5. Електронний ресурс: <https://ua.motofocus.eu/news/50478>.
6. Hua, X., Zeng, J., Li, H., Huang, J., Luo, M., Feng, X., Xiong, H., & Wu, W. (2023). A Review of Automobile Brake-by-Wire Control Technology. Processes, 11(4), 994. <https://doi.org/10.3390/pr11040994>.
7. Chenhua Hu, Guangyong Panb, Linzhan Kongc, Junhua Yu (2023). Research of Brake by Wire System. 2479 (2023) 012051: <https://doi.10.1088/1742-6596/2479/1/012051>.
8. Congcong Li, Guirong Zhuo, Chen Tang, Lu Xiong, Wei Tian, Le Qiao, Yulin Cheng and Yanlong Duan (2023). A Review of Electro-Mechanical Brake (EMB) System: Structure, Control and Application. Sustainability 2023, 15(5), 4514; <https://doi.org/10.3390/su15054514>.
9. Михалевич М.Г. Теоретичні основи систем керування зчепленням транспортних засобів категорій N3 та M3 з механічною трансмісією: дис. ... доктора техн. наук: 05.22.02 / Михалевич Микола Григорович. – Харків, 2021. – 368с.
10. Розрахунок та дослідження взаємодії структурних модулів електропневматичного гальмового приводу : монографія / А. М. Туренко, В. І. Клименко, В. О. Богомолів, Д. М. Леонтьєв, М. Г. Михалевич, О. В. Куріпка ; Харків. нац. автомоб.-дор. ун-т. – Харків : ХНАДУ, 2020. – 124 с.

11. Пат. 111107 Україна, МПК В60Т8/36 В60Т8/24 В60Т13/74 F15В9/03. Електронно-пневматична гальмівна система транспортного засобу / Клименко В. І., Шуклінов С.М., Рижих Л.О., Красюк О.М., Босенко Є.І.. – №а201407918 заявл. 14.07.2014; надр. 27.08.2014, Бюл. №16.

12. Електронний ресурс: <https://www.zf.com/products/en/cv/emea/home/cv.html>.

13. Дон Є.Ю. Удосконалення динамічних властивостей електропневматичного гальмового керування колісного транспортного засобу: дис. ... кандидата техн. наук: 05.22.02 / Дон Євген Юрійович. – Харків, 2020. – 168с.

14. Електронний ресурс: <https://www.wabco-customercentre.com/catalog/docs/8150100153.pdf>.

15. Електронний ресурс: <https://www.wabco-customercentre.com/catalog/docs/8150100933.pdf>.

16. Електронний ресурс: <https://studfile.net/preview/9715787/page:17/>.

17. Красюк О.М. Удосконалення електронно-пневматичної гальмової системи автотранспортних засобів: дис. ... кандидата техн. наук: 05.22.02 / Красюк Олександр Миколайович. – Харків, 2011. – 188с.

18. Леонтьев Д.М. теоретичні основи гальмування багатовісних транспортних засобів з електропневматичною гальмовою системою; дис. доктора технічних наук / Леонтьев Дмитро Миколайович. – Харків, 2021, – 355с.

19 Леонтьев Д. М., Дон Є. Ю. (2019) Обґрунтування раціонального закону зміни тиску в електропневматичному гальмовому приводі під час екстреного гальмування. Вісник Харківського національного автомобіле-дорожнього університету, 84, 21-30.

20. Леонтьев Д. Чебан А., Красюк О. (2013) Удосконалення статичної характеристики електроннопневматичної гальмівної системи. Симпозіум українських інженерів-механіків. 115 – 116.

21 Дон Є. Ю. (2017) Теоретичні дослідження впливу зміни тиску в електропневматичному гальмівному приводі на динаміку руху коліс КТЗ . Вісник Національного технічного університету «Харківського політехнічного інституту». Серія : Динаміка і міцність машин. - 39(1261), 14-18. <https://doi.org/10.20998/2078-9130.2017.39.115761>.

22. Михалевич М.Г. Визначення конкурентоспроможності розробки. – Х.: ХНАДУ, 2020. – 10 с.

23. Електронний ресурс: <https://www.bosch-mobility.com/en/solutions/driving-safety/ibooster/>.

24. Електронний ресурс: <https://uk.manuals.plus/bosch/abs-m5-kit-clubsport-manual>.

25. Каслін М. Д., Штода Л.В. МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ до виконання випускної кваліфікаційної роботи бакалавра за спеціальностями: 133 - «Галузеве машинобудування» та 142 - «Енергетичне машинобудування». Аналіз безпеки життя та діяльності людини на виробництві. - Х.: ХНАДУ, 2018. - 29 с.

26. Електронний ресурс: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2694-12#Text>.

27. Методичні вказівки щодо розробки розділу «Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях» в дипломних проектах, роботах та магістерських дисертаціях студентів за освітньо-кваліфікаційними рівнями «бакалавр» та «магістр» для студентів спеціальності механічного факультету ХНАДУ. / Укладачі: О.І. Богатов, О.В. Крайнюк – Харків: ХНАДУ, 2023 – 41 с.

28. Електронний ресурс: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1410-04#Text>.

29. Електронний ресурс: https://elib.lntu.edu.ua/sites/default/files/elib_upload/ЕНП%20Захарчук%20О.В/page24.html.