

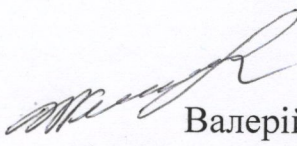
Міністерство освіти і науки України
Харківський національний автомобільно-дорожній університет

Автомобільний факультет

Кафедра автомобілів ім. А.Б. Гредескула

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА МАГІСТРА

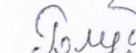
ДОСЛІДЖЕННЯ ФАКТОРІВ, ЯКІ ВПЛИВАЮТЬ НА РОБОЧИЙ ПРОЦЕС
ПІДСИЛЮВАЧІВ ПРИВОДІВ КЕРУВАННЯ ЗЧЕПЛЕННЯМ ТРАНСПОРТНИХ
ЗАСОБІВ КАТЕГОРІЇ N₃

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

Нормоконтролер канд. техн. наук, доц.  Михайло ХОЛОДОВ

Керівник канд. техн. наук, доц.  Олександр ЯРИТА

Консультант д-р техн. наук, проф.  Микола МИХАЛЕВИЧ

Здобувач гр. АА-61-24  Олег ГОЛУБНИЧИЙ

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

ЗАТВЕРДЖУЮ

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

" 20 " 10 2025 рік

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

Голубничий Олег Віталійович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Дослідження факторів, які впливають на робочий процес підсилювачів приводів керування зчепленням транспортних засобів категорії N₃

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

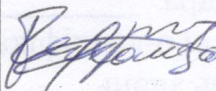
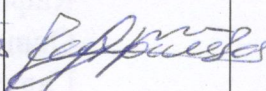
2. Строк подання студентом роботи 17.12.2025 року

3. Вихідні дані до роботи: -

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): Вступ. 1. Особливості будови приводів зчеплення транспортних засобів N₃; 2. Теоретичні дослідження робочого процесу підсилювача електропневматичного приводу зчеплення; 3. Визначення конкурентоспроможності розробки; Висновки; Перелік посилань.

5. Перелік графічного матеріалу: -

6. Консультанти розділів проекту

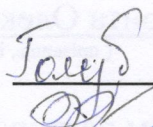
| Розділ | Прізвище, ініціали та посада консультанта | Підпис, дата | |
|--|---|---|---|
| | | завдання видав | завдання прийняв |
| Визначення конкурентоспроможності розробки | Михалевич М.Г. |  |  |

7. Дата видачі завдання: 20.10.2025 року

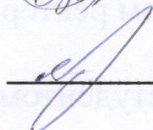
КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

| № з/п | Назва етапів дипломного проекту | Строк виконання етапів проекту | Примітка |
|-------|--|--------------------------------|----------|
| 1 | Вступ. Особливості будови приводів зчеплення транспортних засобів N ₃ | 20.10.2025-06.11.2025 | |
| 2 | Теоретичні дослідження робочого процесу підсилювача електропневматичного приводу зчеплення | 07.11.2025-02.12.2025 | |
| 3 | Визначення конкурентоспроможності розробки | 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

 **Олег ГОЛУБНИЧИЙ**

Керівник проекту (роботи)

 **Олександр ЯРИТА**

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота магістра містить: 72 с., 35 рис., 35 джерел та 1 додаток.

Об'єкт роботи – підсилювачі приводів зчеплення транспортних засобів категорії N₃.

Мета роботи – дослідження факторів, які впливають на робочий процес підсилювачів приводів керування зчепленням транспортних засобів категорії N₃.

Проведено аналіз конструкцій електропневматичних та пневмогідролічних приводів зчеплення, який дозволив виокремити фактори, що чинять найбільш суттєвий вплив на їх робочий процес: величина сил тертя, характеристики та кількість електропневматичних клапанів, тиск повітря на вході у підсилювач.

Розроблена математична модель електропневматичного приводу зчеплення, яка дозволяє оцінити вплив діаметру електропневматичного клапана та величини тиску у пневматичній магістралі на робочий процес підсилювача. За результатами моделювання можна відзначати, що збільшення діаметру електропневматичного клапана позитивно впливає на швидкодію підсилювача, при збільшенні тиску у пневматичній магістралі швидкість вимикання зчеплення також зростає.

Результати кваліфікаційної роботи можуть бути використані при проектуванні та вдосконаленні підсилювачів приводів зчеплення транспортних засобів.

ТРАНСПОРТНИЙ ЗАСІБ, ЗЧЕПЛЕННЯ, ПРИВОД, РОБОЧИЙ ПРОЦЕС, ШВИДКОДІЯ.

ЗМІСТ

| | |
|--|----|
| ВСТУП..... | 5 |
| 1 Особливості будови приводів зчеплення транспортних засобів N_3 | 7 |
| 1.1 Огляд транспортних засобів категорії N_3 та їх особливості..... | 7 |
| 1.2 Класифікація підсилювачів приводів керування зчепленням | 8 |
| 1.3 Призначення та конструкція підсилювачів приводів керування зчепленням | 11 |
| 1.4 Принципи роботи підсилювачів та основи їх функціонування..... | 13 |
| 1.4.1 Пневмогідролічний привід зчеплення..... | 15 |
| 1.4.2 Електропневматичний привод керування зчепленням | 19 |
| 1.4.2.1 Електропневматичний привод зчеплення з двома клапанами | 21 |
| 1.4.2.2 Електропневматичний привод зчеплення з трьома клапанами..... | 24 |
| 1.4.2.3 Електропневматичний привод зчеплення з чотирма клапанами | 25 |
| 1.4.2.4 Електропневматичний привод зчеплення з прискорювальним клапаном..... | 26 |
| 2 Теоретичні дослідження робочого процесу підсилювача електропневматичного приводу зчеплення | 28 |
| 2.1 Принцип дії досліджуваного підсилювача приводу керування зчепленням .. | 28 |
| 2.2 Математичне моделювання робочих процесів підсилювача приводу керування зчепленням | 30 |
| 2.2.1 Розрахункова схема підсилювача приводу керування зчепленням | 31 |
| 2.2.2 Математична модель підсилювача електропневматичного приводу керування зчепленням | 32 |
| 2.3 Результати математичного моделювання робочого процесу підсилювача електропневматичного приводу зчеплення | 40 |
| 3 Визначення конкурентоспроможності розробки | 46 |
| 3.1 Алгоритм застосування методу аналізу ієрархій | 47 |
| 3.2 Розрахунок складових для застосування методу ієрархій | 48 |
| 3.3 Визначення важливості критеріїв..... | 50 |
| 3.4 Порівняння транспортних засобів за обраними критеріями | 54 |
| ВИСНОВКИ..... | 60 |
| СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ..... | 61 |

ВИСНОВКИ

Під час виконання кваліфікаційної роботи магістра було виконано аналіз приводів зчеплення з точки зору можливості їх застосування для транспортних засобів категорії N_3 . З-поміж наявних конструкцій приводів зчеплення, з урахуванням необхідності забезпечення значного зусилля, для реалізації у трансмісії транспортних засобів категорії N_3 найбільш перспективними вбачаються електропневматичні та пневмогідролічні приводи.

Здійснено детальний аналіз конструкцій електропневматичних та пневмогідролічних приводів зчеплення, який дозволив виокремити фактори, що чинять найбільш суттєвий вплив на їх робочий процес: величина сил тертя, характеристики та кількість електропневматичних клапанів, тиск повітря на вході у підсилювач.

Була розроблена математична модель електропневматичного приводу зчеплення. В ході теоретичного дослідження оцінювався вплив діаметру електропневматичного клапана та величини тиску у пневматичній магістралі на робочий процес підсилювача. За результатами моделювання можна відзначати, що збільшення діаметру електропневматичного клапана позитивно впливає на швидкодію підсилювача. При зміні діаметру клапана від 3 до 4,5 мм спостерігається значне пришвидшення процесу вимикання зчеплення (від 0,7 с до до 0,32 с відповідно), подальше збільшення діаметру клапана не викликає такого значущого ефекту.

Залежність швидкодії підсилювача від значення тиску в пневматичній магістралі проявляється значно менше ніж при зміні діаметру електропневматичного клапана. Також слід зауважити, що із збільшенням тиску понад 0,75 МПа спостерігається менш інтенсивне підвищення швидкодії, ніж при значеннях тиску в інтервалі 0,6 – 0,75 МПа.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Електронний ресурс: https://coceurope.eu/uk/how-to-choose-the-right-category-for-your-vehicle/?utm_source=chatgpt.com.
2. До порівняльної оцінки автопоїздів з тягачами категорії n3 за середньою швидкістю руху [Текст] / В.В. п. Сахно, В. В. Біліченко, К. С. Жаров, І. С. Мурований, С. М. Шарай // Вісник машинобудування та транспорту. – 2017. – № 2. – С. 131-140.
3. Український Є. О. Підвищення паливної економічності транспортних засобів категорії N3: дис. ... канд. техн. наук: 05.22.20 / Український Євген Олександрович. – Харків, 2021. – 204 с.
4. Пат. 91984 Україна, МПК В60К 23/00. Підсилювач привода зчеплення автотранспортного засобу / Богомолов В. О., Клименко В. І., Ярита О. О. - № u201401542 ; заявл. 17.02.2014 ; опубл. 25.07.2014, Бюл. N 14. - 4 с.
5. Сергієнко М. Є. Оцінка енергетичних витрат на управління зчепленнями трансмісії / М. Є. Сергієнко, В. С. Свідло, А. С. Перевозник // Вісник Національного технічного університету "ХПІ". Сер. : Автомобіле- та тракторобудування = Bulletin of the National Technical University "KhPI". Ser. : Automobile and Tractor Construction : зб. наук. пр. – Харків : НТУ "ХПІ", 2020. – № 1. – С. 52-58.
6. Дзюбенко, О. А., & Михалевич, М. Г. (2021). Розробка електронної системи автоматизованого керування фрикційним зчепленням автотранспортного засобу. Автомобіль і електроніка. Сучасні технології, (19), 6–19. вилучено із <https://veit.khadi.kharkov.ua/article/view/231501>.
7. Електронний ресурс: <https://www.scribd.com/document/711226277/%D0%97%D1%87%D0%B5%D0%BF%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D1%8F-%D0%9A%D0%90%D0%9C%D0%90%D0%97-740>.
8. Текст лекції навчальної дисципліни «Гідравліка та гідропневмопристрої авіаційної техніки» обов'язкових компонент освітньо-професійної програми першого (бакалаврського) рівня вищої освіти Технічне обслуговування та ремонт

повітряних суден і авіадвигунів / Павленко О. В. – Харків: Харківський національний університет внутрішніх справ Кременчуцький льотний коледж, 2022 – 25 с.

9. Електронний ресурс: <https://www.eaton.com/my/en-us/products/clutches-brakes/commercial-vehicle-clutches/hydraulic-clutch-linkage-overview.html>.

10. Liu, Fengyu & Chen, Li & Li, Dongxu & Zhang, Jianlong & Yin, Chengliang. (2017). Modeling and simulation study of a novel electromechanical clutch actuation system. *Advances in Mechanical Engineering*. 9. 168781401772040. 10.1177/1687814017720404.

11. Електронний ресурс: https://www.schaeffler.com/remotemedien/media/shared_media/08_media_library/01_publications/schaeffler_2/symposia_1/downloads_11/10_Elektromotorische_Aktorik_fuer_Doppelkupplungsgetriebe.pdf.

12. Електронний ресурс: https://www.zf.com/master/media/de/corporate/m_zf_com/company/download_center/products/passenger_cars/kupplungssystemefrpkwbis800nm.pdf.

13. Pat. DE102004030005B420170504, Int. CL: F16D 23/12 (2006.01), Elektromechanischer Kupplungsaktuator für ein Fahrzeug mit einem automatisierten oder teilautomatisierten Schaltgetriebe / Lübke Eckhardt (DE), Ketteler Karl-Hermann (DE), Heinrich Kai (DE); ZF Friedrichshafen AG. – №10 2004 030 005.4; filed. 12.01.2006.

14. Електронний ресурс: https://katuhito.info/en/clutch_basic/.

15. Електронний ресурс: https://truck.knorr-bremse.com/en/us/products/drivetrain/clutch-actuation/?utm_source=chatgpt.com.

16. Ярита О.О. Вдосконалення електропневматичного приводу зчеплення великовантажних автомобілів та автобусів: дис. ... кандидата техн. наук: 05.22.02 / Ярита Олександр Олександрович. – Харків, 2017. – 203с.

17. Ramalingam, Sivakumar & Prasad, Hanumath & Regalla, Srinivasa. (2020). Integrated Prognostics Observer for Condition Monitoring of an Automated Manual Transmission Dry Clutch System. *International Journal of Prognostics and Health Management*. 8. 10.36001/ijphm.2017.v8i2.2638.

18. Пат. 100908 Україна, МПК В60К23/00. Підсилювач приводу зчеплення автотранспортного засобу / Богомолів В.О., Клименко В. І., Алексєєв Р.В. – №а2011 02229 заявл. 25.02.2011; надр. 27.08.2012, Бюл. №16.

19. Пат. 108703 Україна, МПК В60К 23/00. Підсилювач привода зчеплення автотранспортного засобу / заявники Богомолів В. О., Клименко В. І., Ярита О. О.; патентовласники Богомолів В. О., Клименко В. І. – №201401541; заявл. 17.02.2014; надр. 25.05.2015. Бюл. №10, 5 с.

20. Pat. 5042631, United States, Int. CL F16D25/08; F16D25/14 Electropneumatic clutch control device / Ellenberger G., Massard G. (FR). – №452585; filed. 19.12.1989.

21. Product Catalogue 2018-2019 edition Rev. 011. Pneumatic and electronic systems for commercial vehicle. System Specific workshop equipment. Retrieved from <https://ww.knorr-bremsecvs.com>.

22. Szimandl B. Dynamic hybrid model of an electro-pneumatic clutch system / B. Szimandl, H. Nemeth // Mechatronics. – 2013. – №23 – 36 p.

23. Богомолів В.О. Побудова статичної характеристики механізму вимикання зчеплення транспортного засобу / В.О. Богомолів, В.І. Клименко, М.Г. Михалевич, О.О. Ярита // Вісник національного технічного університету «ХПІ». Серія: Автомобіле- і тракторобудування. – 2014. – Харків НТУ «ХПІ». – 2014 №8 (1051) 2014. – с. 109-113.

24. Клименко В.І. Моделювання роботи автоматичної системи керування зчепленням / В.І. Клименко, М.Г. Михалевич, Д.М. Леонтєєв, О.О. Ярита, Ю.О. Рябуха // Автомобільний транспорт. – Х.: ХНАДУ, 2017. – Випуск №41. – С. 49 – 56.

25. Riabukha Iu. A. Clutch operating device with friction lining wear compensation analysis of properties and utilization efficiency / Iu. A. Riabukha, E. M. Voronova, A. A. Yarita, V. I. Klivenko, A. N. Kolbasov // Автомобільний транспорт. Сборник научных трудов. – Харьков: ХНАДУ. – 2018. – Випуск №43. – С. 26 – 30.

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

27. Электронный ресурс: <https://chagatay.com.ua/obzor-samosvala-isuzu-giga-6x4.html?srsltid=AfmBOoqEB6sN2mE2Qiu7xWvbzDtjZ-ZXZYAVifOUNW7K02Kb4AsF62fg>.

28. Электронный ресурс: https://www.ebay.com/itm/396409561195?utm_source=chatgpt.com.

29. Электронный ресурс: <https://uk.wheelsage.org/kraz/6505/kraz-65055/specifications>.

30. Электронный ресурс: <https://autoline.ua/blog/man-tgs-ohliad-vantazhivky/>.

31. Электронный ресурс: https://www.man.eu/ua/uk/truck/assistenzsysteme/man_tipmatic/tipmatic.html.

32. Электронный ресурс: https://kievspecteh.com/sites/default/files/technic-files/komerciyna-propoziciya-bortoviy-avtomobil-renault-trucks-k-p6x6-medium-131-z-kmu-ns-190.pdf?srsltid=AfmBOooGF6nU_GrmctRF68oX0RniX7cSbB2S5akICGFrX8qzTvBagDhe.

33. Электронный ресурс: <https://kievspecteh.com/volvo/volvo-fmx-8kh4-z-kuzovom-18-m-3?srsltid=AfmBOoo6RDnIcazCTA36rYur18Qt7UxUKyCurtQLODGdevJHIdYVESpw>.