

Міністерство освіти і науки України  
Харківський національний автомобільно-дорожній університет

Автомобільний факультет

Кафедра автомобілів ім. А. Б. Гредескула


### КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА МАГІСТРА

ДОСЛІДЖЕННЯ ХАРАКТЕРУ ЗМІНИ РОБОЧОГО ПРОЦЕСУ ПНЕВМАТИЧНОГО  
ГАЛЬМІВНОГО ПРИВОДУ ПРИ ВИКОРИСТАННІ РІЗНИХ ВИТРАТНИХ ФУНКЦІЙ

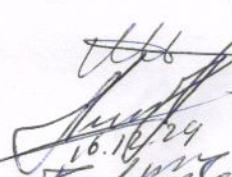
Завідувач кафедри д-р техн. наук, проф.

  
В. І. Клименко

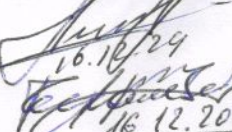
Нормоконтролер, доцент, к.т.н.

  
М.П. Холодов

Керівник д-р. техн. наук, проф.

  
Д.М. Леонтьєв

Консультант д-р. техн. наук, проф.

  
16.12.2024  
М. Г. Михалевич

Консультант канд. техн. наук, доцент

  
16.12.2024  
О. І. Богатов

Студент гр. АА-61-23

  
В.В. Остахов

Харків – 2024

# Харківський національний автомобільно-дорожній університет

(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет автомобільний

Кафедра автомобілів ім. А.Б. Гредескула

Навчальний рівень магістр

Спеціальність 133 «Галузеве машинобудування»

(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри автомобілів  
ім. А.Б. Гредескула

  
проф. Клименко В.І.

\_\_\_\_\_ 2024

ЗАВДАННЯ

## НА КВАЛІФАКАЦІЙНУ РОБОТУ МАГІСТРА

Остахов Вадим Валерійович

(прізвище, ім'я, по батькові)

Тема роботи: Дослідження характеру зміни робочого процесу пневматичного колісного приводу при використанні різних витратних функцій.

Виконав роботи Леонт'єв Дмитро Миколайович, д-р техн. наук, професор.

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

Затверджені наказом ректора ХНАДУ від " 10 " 10 2024 року № 136

Стержневим поданням студентом роботи 10 грудня 2023 року

Вихідні дані до роботи: Параметри ДС-ланки пневматичного приводу гальм.

Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити):

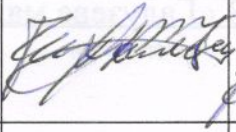
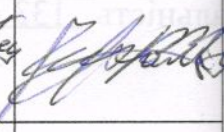
1. Аналіз пневматичних гальмових систем колісних транспортних засобів.

2. Аналіз математичних моделей динаміки пневматичних приводів; 3 Динамічне моделювання динамічних характеристик електропневматичних апаратів; 4 Порівняльний аналіз моделювання динамічних властивостей пневматичних апаратів гальмового приводу при використанні різних витратних функцій. 5. Визначення конкурентоспроможності електропневматичної гальмової системи. 6. Охорона праці людини на підприємстві

7. Висновки. Перелік посилань. Додатки.

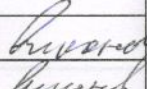
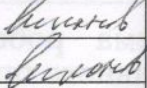
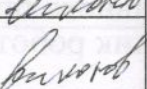
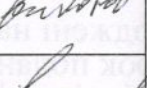
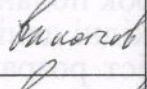
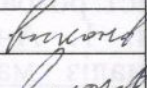
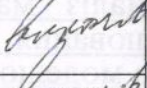
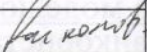
8. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслеників): Предмет дослідження (Слайд 1); Аналіз схем пневматичних приводів гальм транспортного засобу (Слайд 2); Аналіз методів розрахунку перебігу робочого процесу в ДС-ланках пневматичних елементів приводу гальм (Слайд 3); Аналіз витратних функцій для розрахунку перебігу робочого процесу в ДС-ланках пневматичних елементів приводу гальм (Слайд 4); Реалізація імітаційної моделі для розрахунку перебігу робочого процесу в ДС-ланках пневматичних елементів приводу гальм (Слайд 5); Результати імітаційного моделювання перебігу робочого процесу в ДС-ланках пневматичних елементів приводу гальм (Слайд 6); Аналіз результатів імітаційного моделювання перебігу робочого процесу в ДС-ланках пневматичних елементів приводу гальм (Слайд 7); Висновки (Слайд 8).

6. Консультанти розділів проекту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Оцінка конкурентноспроможності розробки	Михалевич М. Г., проф.		

7. Дата видачі завдання 1 вересня 2023 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломної роботи	Строк виконання етапів проекту	Примітка
1	Предмет та задачі дослідження.	06.09.24	
2	Аналіз пневматичних гальмових приводів	19.09.24	
3	Аналіз витратних функцій	20.09.24	
4	Математичний опис динаміки пневматичного гальмового приводу	11.10.24	
5	Теоретичні дослідження динаміки пневматичного приводу на основі різних витратних функцій	21.11.24	
6	Оцінка конкурентноспроможності розробки.	25.11.24	
9	Написання розділу охорони праці. Оформлення пояснювальної записки.	28.11.24	
10	Підготовка презентації до захисту.	05.12.24	

Студент

  
(підпис)

Остахов В.В.  
(прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи)

  
(підпис)

Леонтьев Д.М.  
(прізвище та ініціали)

## РЕФЕРАТ

Дипломна робота: 85 с., 39 рис., 13 табл, 10 джерел.

РОБОЧИЙ ПРОЦЕС ПНЕВМАТИЧНОГО ГАЛЬМОВОГО ПРИВОДУ, ГАЛЬМОВА КАМЕРА, ГАЛЬМОВИЙ ПРИВОД, ВИТРАТНА ФУНКЦІЯ, ФУНКЦІЯ ВИТРАТИ.

Об'єкт дослідження – робочий процес наповнення та спорожнення елементів гальмового приводу гальм транспортного засобу.

Мета роботи – дослідження характеру зміни робочого процесу пневматичного гальмівного приводу при використанні різних витратних функцій шляхом їх моделювання та співставлення одна з одною.

Методи дослідження: фізичні та математичні методи дослідження процесу наповнення та спорожнення елементів гальмового приводу транспортного засобу; методи математичного та комп'ютерного моделювання.

Сьогодні на автомобілях з великими вагово-геометричними параметрами як правило його гальмові системи будують на основі пневматичного гальмового приводу, що керує гальмовими механізмами гальм. Гальмовий привід поділяють на декілька контурів з метою реалізації запасної гальмової системи та підвищення безпеки дорожнього руху таких транспортних засобів у разі виходу з ладу їх основної робочої гальмової системи, тому швидкодія пневматичного гальмового приводу має потенціал з дослідження, що дозволить встановити раціональні параметри для приводу на етапі проектування колісного транспортного засобу.

## ЗМІСТ

Вступ.....	4
1 Аналіз пневматичних гальмових систем колісних транспортних засобів .....	5
1.1 Аналіз пневматичних гальмових систем .....	5
1.2 Види пневматичних гальмових приводів гальм .....	8
1.3 Конструктивні особливості гальмових систем автомобілів з пневматичним гальмовим приводом .....	9
1.4 Принцип роботи типової пневматичної гальмової системи .....	12
1.5 Аналіз електропневматичних елементів гальмового приводу .....	14
2 Аналіз математичних моделей динаміки пневматичних приводів .....	31
2.1 Аналіз методів визначення масової витрати повітря .....	31
2.2 Аналіз моделей динамічних характеристик електропневматичних апаратів ...	34
3 Динамічне моделювання динамічних характеристик електропневматичних апаратів .....	50
4 Порівняльний аналіз моделювання динамічних властивостей пневматичних апаратів гальмового приводу при використанні різних витратних функцій .....	59
5 Визначення конкурентоспроможності електропневматичної гальмової системи .....	62
5.1 Характеристика методу аналізу ієрархій .....	62
5.2 Етапи застосування методу аналізу ієрархій .....	62
6 Охорона праці людини на підприємстві .....	79
6.1 Промислова санітарія .....	79
6.2 Пожежна безпека .....	79
Висновки.....	83
Перелік посилань .....	84

## ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. 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. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-25741-5\\_6](https://doi.org/10.1007/978-3-030-25741-5_6)
2. Дон Є.Ю. (2020) Удосконалення динамічних властивостей електропневматичного гальмового керування колісного транспортного засобу. Харківський національний автомобільно-дорожній університет (Дисертація)
3. Леонтьєв Д.М. (2021) Теоретичні основи гальмування багатовісних транспортних засобів з електропневматичною гальмовою системою. Харківський національний автомобільно-дорожній університет (Дисертація)
4. Богомолів, В. О., Клименко, В. І., Леонтьєв, Д. М., Савченко, Є. Л., & Гармаш, А. А. (2020). Щодо питання використання витратних функцій під час моделювання пневматичних ДЄ-ланок з високою та низькою швидкістю. *Автомобільний транспорт в аграрному секторі: проектування, дизайн та технологічна експлуатація: 72.*
5. Mikhalevich, M., Yarita, A., Leontiev, D., Gritsuk, I. V., Bogomolov, V., Klimenko, V., & Saravas, V. (2019). Selection of rational parameters of automated system of robotic transmission clutch control on the basis of simulation modelling (No. 2019-01-0029). *SAE Technical Paper*.
6. Mikhalevich, M., Yarita, A., Turenko, A., Leontiev, D., Gritsuk, I. V., Bogomolov, V., ... & Smieszek, M. (2018). Assessment of operation speed and precision of electropneumatic actuator of mechanical transmission clutch control system (No. 2018-01-1295). *SAE Technical Paper*.
7. Leontiev, D., Savchenko, Y., Harmash, A., Suhomlyn, O., & Sinelnik, D. (2022). On the issue of using expenditure functions in simulation of pneumatic links of

the "throttle - capacity" type. Automobile Transport, (51), 43–57.  
<https://doi.org/10.30977/AT.2219-8342.2022.51.0.05>

8. Михалевич М.Г. Визначення конкурентоспроможності розробки. – Х.: ХНАДУ, 2020. – 10 с.
9. Закон України “Про охорону праці”. – К.: 1993–40 с.;
10. Михалевич, М. Г. (2021). Теоретичні основи систем керування зчепленням транспортних засобів категорій  $N_3$  та  $M_3$  з механічною трансмісією. Харківський національний автомобільно-дорожній університет (Дисертація)