

Міністерство освіти і науки України  
Харківський національний автомобільно-дорожній університет

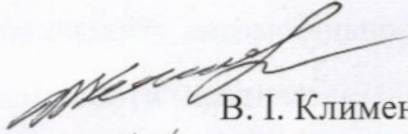
Автомобільний факультет

Кафедра автомобілів ім. А. Б. Гредескула

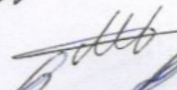
### КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА МАГІСТРА

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ГАЛЬМУВАННЯ  
ТРИВІСНОГО ТРАНСПОРТНОГО ЗАСОБУ ОБЛАДНАНОГО  
АНТИБЛОКУВАЛЬНОЮ СИСТЕМОЮ

Завідувач кафедри д-р техн. наук, проф.

  
В. І. Клименко

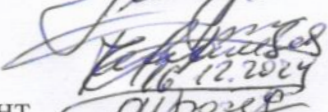
Нормоконтролер, доцент, к.т.н.

  
М.П. Холодов

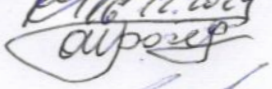
Керівник д-р. техн. наук, проф.

  
Д.М. Леонтьев


Консультант д-р. техн. наук, проф.

  
М. Г. Михалевич

Консультант канд. техн. наук, доцент

  
О. І. Богатов

Студент гр. АА-61-23

  
В.В. Дігтяр

Харків – 2024

# Харківський національний автомобільно-дорожній університет

(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет автомобільний

Кафедра автомобілів ім. А.Б. Гредескула

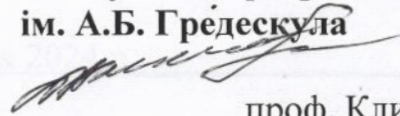
Освітній рівень магістр

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

**Віталій Вікторович Дігтяр**

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Дослідження ефективності гальмування тривісного транспортного засобу обладнаного антиблокувальною системою.

керівник роботи Леонтьєв 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

2. Строк подання студентом роботи грудня 2024 року

3. Вихідні дані до роботи: Тривісний транспортний засіб з антиблокувальною системою.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): Вступ. 1. Аналіз складових елементів гальмового керування

2. Аналіз схем гальмових приводів транспортних засобів; 3 Аналіз питання оцінки ефективності гальмування тривісного транспортного засобу; 4 Математична модель ефективності гальмування тривісного транспортного засобу в аварійному режимі.

5. Результати імітаційного моделювання ефективності гальмування тривісного транспортного засобу. 6. Охорона праці. 7. Економічне обґрунтування доцільності прийнятих рішень. Висновки. Перелік літератури. Додаток.

5. Перелік графічного матеріалу: Титульний аркуш (Слайд 1) Предмет та задачі дослідження (Слайд 2); Аналіз складових елементів гальмового керування (Слайд 3);


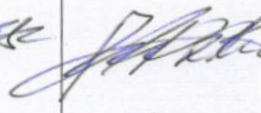
Аналіз схем гальмових приводів транспортних засобів (Слайд 4); Аналіз питання оцінки ефективності гальмування тривісного транспортного засобу (Слайд 5); Аналіз

модуляторів електропневматичного приводу гальм транспортного засобу (Слайд 6);

Математична модель ефективності гальмування тривісного транспортного засобу в аварійному режимі (Слайд 7); Результати імітаційного моделювання ефективності

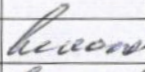
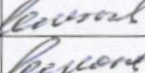
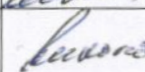
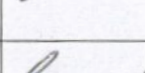
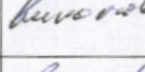
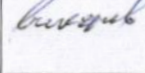
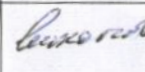
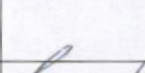
гальмування тривісного транспортного засобу (Слайд 8); Висновки (Слайд 9).

6. Консультанти розділів проекту

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

7. Дата видачі завдання 1 вересня 2024 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломної роботи	Строк виконання етапів проекту	Примітка
1	Предмет та задачі дослідження.	06.09.24	
2	Аналіз складових елементів гальмового керування	19.09.24	
3	Аналіз схем гальмових приводів транспортних засобів	20.09.24	
4	Аналіз питання оцінки ефективності гальмування тривісного транспортного засобу	11.10.24	
5	Математична модель ефективності гальмування тривісного транспортного засобу в аварійному режимі	21.11.24	
6	Результати імітаційного моделювання ефективності гальмування тривісного транспортного засобу	25.11.24	
9	Охорона праці. Економічне обґрунтування доцільності прийнятих рішень. Оформлення пояснювальної записки.	28.11.24	
10	Підготовка презентації до захисту.	05.12.24	

Студент

(підпис)

Дігтяр В.В.

(прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи)

(підпис)

Леонт'єв Д.М.

(прізвище та ініціали)

## РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота магістра містить: 77 с., 34 рис., 2 табл., 2 додатку, 11 джерел.

### ГАЛЬМУВАННЯ, МОДУЛЯТОР ТИСКУ, ГАЛЬМОВИЙ МЕХАНІЗМ, ТРИВІСНИЙ ТРАНСПОРТНИЙ ЗАСІБ

Об'єкт дослідження - процес гальмування тривісного транспортного засобу в аварійному режимі.

Мета роботи – дослідження ефективності гальмування тривісного транспортного засобу в аварійному режимі.

Предмет дослідження – робоча гальмова система тривісного транспортного засобу.

Методи дослідження включають аналіз гальмівної системи та оцінку ефективності гальмування транспортного засобу, дослідження автоматизованої системи регулювання гальмівного зусилля та її компонентів, а також дискових гальмівних механізмів із пневматичним приводом. Проведено математичне та імітаційне моделювання процесу гальмування автомобіля, оснащеного антиблокувальною системою, що працює в адаптивному режимі.

У роботі виконано всебічний аналіз гальмівної системи тривісного транспортного засобу з антиблокувальною системою, яка може працювати в адаптивному режимі, а також систем регулювання гальмівного зусилля з детальним вивченням їх компонентів. Досліджено ефективність гальмування коліс транспортного засобу у випадках виходу з ладу одного чи декількох контурів гальмівного приводу. Проведено моделювання ефективності гальмування тривісного транспортного засобу в аварійних умовах.

Створена модель може бути застосована в навчальному процесі.

## ЗМІСТ

Вступ.....	5
1 Аналіз складових елементів гальмового керування .....	6
2 Аналіз схем гальмових приводів транспортних засобів .....	11
3 Аналіз питання оцінки ефективності гальмування тривісного транспортного засобу.....	20
4 Математична модель ефективності гальмування тривісного транспортного засобу в аварійному режимі.....	38
4.1 Блок визначення тиску в першому, другому та третьому контурах.....	42
4.2 Блок визначення реалізованого зчеплення коліс КТЗ з дорого.....	43
4.3 Блок визначення коефіцієнта гальмування ( $z$ ) тривісного КТЗ .....	44
4.4 Блок визначення швидкості руху автомобіля, його уповільнення та гальмового шляху.....	44
4.5 Блок визначення зміни навантаження $R_{z_d}$ на мостах КТЗ.....	45
5 Результати імітаційного моделювання ефективності гальмування тривісного транспортногозасобу.....	46
6 Охорона праці.....	48
6.1 Аналіз техніки безпеки .....	49
6.2 Аналіз промислової санітарії .....	51
6.3 Аналіз пожежної безпеки .....	53
6.4 Аналіз екологічної безпеки .....	55
6.5 Розрахунок по техніці безпеки.....	56
7 Економічне обґрунтування доцільності прийнятих рішень .....	59
7.1 Загальна характеристика методу аналізу ієрархій.....	59
7.2 Етапи застосування методу аналізу ієрархій.....	60
Висновки .....	76
Список літератури .....	77

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Функціональний розрахунок гальмівної системи автомобіля з барабанними гальмами та регулятором гальмівних сил: / [А.М. Туренко, В.О. Богомолів, В.І. Клименко та інш.]. – Харків: ХНАДУ, 2003. – 120 с.;
2. Крайник Л.В. Обґрунтування та оцінка ефективності схеми гальмового приводу тривісного моноблочного автобуса / Л.В. Крайник, І.Г. Дуфанець // Сб. науч. тр. ХНАДУ: Автомобільний транспорт. - Харків, 2008. -Вип. 42. - С. 17-19.;
3. Леонтьєв Д. М., Тимонін В. О., Савчук А. Д., Губарьков С. С. Оцінка ефективності гальмування чотиривісного транспортного засобу в разі виходу з ладу одного з контурів його робочої гальмової системи // Сб. науч. тр. ХНАДУ: Автомобіль і електроніка. Сучасні технології – Харків, 2019. - Вып. 16. - С. 26-34.;
4. Богомолів В. О., Клименко В. І., Леонтьєв Д. М., Тимонін В. А., Дон Є. Ю., Вербицький В. І. Особливості вибору раціональних схем компонування гальмового приводу при забезпеченні високої ефективності гальмування багатоосного транспортного засобу.. Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів. 2019. № 17. С. 62-73.;
5. Крайник Л.В. Динаміка і параметрична оптимізація гальмового приводу тривісного автобуса з моноблочним кузовом / Л.В. Крайник, І.Г. Дуфанець // Сб. науч. тр. ХНАДУ: Вісті Автомобільно-дорожнього інституту. – Харків, 2009. 2(9);
6. Utkin, V., Guldner, J. and Shi, J., Sliding mode control in electromechanical systems, The Taylor & Francis systems and control book series. Taylor & Francis, Philadelphia, PA, 1999;
7. Savitski, D., Ivanov, V., Augsburg, K., Shyrokau, B., Wragge-Morley, R., Pütz, T., Barber, P. The New Paradigm of Anti-Lock Braking System for Full Electric Vehicle: Experimental Investigation and Benchmarking, Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers: Part D-Journal of Automobile Engineering, 2015;
8. Реалізація інтелектуальних функцій в електронно-пневматичном гальмовом керуванні транспортних засобів: монографія / А.М. Туренко, В.І. Клименко, Л.О. Рижих та інш. – Х.: ХНАДУ, 2015. – 450 с.;

9. Леонтъєв Д. М. Реалізація інтелектуальних функцій в електропневматичному гальмовому керуванні транспортного засобу: монографія / Д. М. Леонтъєв, А. М. Туренко, В. О. Богомолів та інші. – 2-е вид., допов. – Харків: ХНАДУ, 2015. – 450 с.;

10. Закон України “Про охорону праці”. – К.: 1993–40 с.;

11. Ткачук К.М., Іванчук Д.Ф. та інші. Довідник з охорони праці на промисловому підприємстві. – К: “Техніка”, 1991.;