

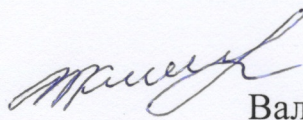
Міністерство освіти і науки України
Харківський національний автомобільно-дорожній університет

Автомобільний факультет
Кафедра автомобілів ім. А.Б.Гредескула

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА МАГІСТРА

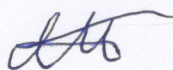
ДОСЛІДЖЕННЯ ФАКТОРІВ, ЯКІ ВПЛИВАЮТЬ НА ГАЛЬМУВАННЯ
ТРАНСПОРТНОГО ЗАСОБУ КАТЕГОРІЇ M_1

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



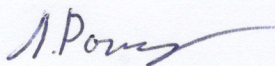
Валерій КЛИМЕНКО

Нормоконтролер, к.т.н., доцент



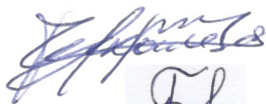
Михайло ХОЛОДОВ

Керівник, к.т.н., проф.




Леонід РИЖИХ

Консультант, д.т.н., проф.



Микола МИХАЛЕВИЧ

Студент гр. ААз-61-24



Інна БЕСКРОВЦЕВА

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет центр освітніх послуг

Кафедра автомобілів ім. А.Б. Гредескула

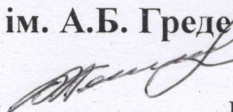
Освітній рівень магістр

Спеціальність 133 «Галузеве машинобудування»

(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри автомобілів
ім. А.Б. Гредескула



проф. Клименко В.І.

20

10

2025

ЗАВДАННЯ

НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Інна Бескровцева

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Дослідження факторів, які впливають на гальмування транспортного засобу категорії M_1 .

керівник роботи Рижих Леонід Олександрович, канд. техн. наук, професор.

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

затверджені наказом ректора ХНАДУ від "08" 10 2025 року № 155




2. Строк подання студентом роботи 10 грудня 2025 року

3. Вихідні дані до роботи: Транспортний засіб категорії M_1 ;

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): Вступ. 1. Огляд літературних джерел і сучасного стану питання; 2. Теоретичні основи процесу гальмування; 3. Дослідження факторів, які впливають на гальмування транспортного засобу; 4. Моделювання процесу гальмування транспортного засобу категорії M_1 ; 5. Аналіз безпеки життєдіяльності під час експлуатації автомобіля; 6. Оцінка економічної ефективності розробки; Висновки. Перелік посилань. Додатки.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслеників): Предмет та задачі дослідження (A1); Аналіз схем гальмівних систем транспортного засобу категорії M_1 (A1); Аналіз типів гальмівних механізмів транспортних засобів категорії M_1 (A1); Аналіз факторів, що впливають на реалізоване зчеплення між шинами та поверхнею дорожнього покриття (3 листа формату A1); Математична модель процесу гальмування транспортного засобу (A1); Результати імітаційного моделювання (A1);

6. Консультанти розділів проекту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Аналіз безпеки життєдіяльності під час експлуатації автомобіля	Бозаатов О.У., доц.		
Оцінка економічної ефективності розробки	Михалевич М. Г., проф.		

7. Дата видачі завдання _____ 1 вересня 2025 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломної роботи	Строк виконання етапів проекту	Примітка
1	Предмет та задачі дослідження.	06.09.25	
2	Огляд літературних джерел і сучасного стану питання.	19.09.25	
3	Теоретичні основи процесу гальмування	20.09.25	
4	Дослідження факторів, які впливають на гальмування транспортного засобу	11.10.25	
5	Моделювання процесу гальмування транспортного засобу категорії M ₁	21.11.25	
6	Аналіз безпеки життєдіяльності під час експлуатації автомобіля.	25.11.25	
9	Оцінка економічної ефективності розробки. Оформлення пояснювальної записки.	28.11.25	
10	Підготовка презентації до захисту.	05.12.25	

Студент


(підпис)

Бескровцева І. О.

(прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи)


(підпис)

Рижих Л.О.

(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота магістра містить: 85 с., 23 рис., 9 табл., 1 додаток, 12 джерел.

ТРАНСПОРТНИЙ ЗАСІБ, ФАКТОРИ, РЕАЛІЗОВАНЕ ЗЧЕПЛЕННЯ, ГАЛЬМУВАННЯ, КОЕФІЦІЄНТ ЗЧЕПЛЕННЯ.

Метою магістерської роботи є дослідження факторів які впливають на гальмування транспортного засобу категорії M_1 .

Для досягнення поставленої мети в роботі необхідно вирішити наступні задачі: проаналізувати фактори, що впливають на гальмування транспортного засобу; виконати імітаційні дослідження процесу гальмування автомобіля.

Об'єкт досліджень процес гальмування транспортного засобу категорії M_1 .

Предмет досліджень параметри гальмування транспортного засобу категорії M_1 .

У роботі розглянуто процес гальмування легкового автомобіля, оснащеного антиблокувальною системою, з урахуванням впливу різних факторів, що впливають на взаємодію його шин з поверхнею дорожнього покриття. Для дослідження процесу розроблено імітаційну модель динаміки гальмування автомобіля в середовищі *MATLAB/Simulink*. За результатами моделювання встановлено закономірності зміни уповільнення, гальмівного шляху та проковзування коліс залежно від різних факторів та особливостей роботи автоматизованої системи АБС. Отримані результати можуть бути використані при удосконаленні систем гальмування транспортних засобів категорії M_1 та розробці рекомендацій щодо налаштування АБС.

Результати магістерської роботи можуть бути використані в начальному процесі Харківського національного автомобільно-дорожнього університету.

ЗМІСТ

1. Огляд літературних джерел і сучасного стану питання.....	7
1.1. Класифікація транспортних засобів категорії M_1	7
1.2. Основні поняття та терміни, пов'язані з процесом гальмування транспортного засобу	23
1.3. Основні фактори, що впливають на ефективність гальмування транспортного засобу	28
1.4. Нормативне регулювання і вимоги до гальмівних властивостей транспортного засобу категорії M_1	29
1.5. Методи та підходи до дослідження гальмівних процесів.....	33
2. Теоретичні основи процесу гальмування.....	35
2.1. Розрахунок дискових гальмівних механізмів.....	36
2.2. Перевірочний розрахунок на знос та нагрів	38
2.3 Вплив кінематичних факторів на процес взаємодії колеса з поверхнею дорожнього покриття	40
2.4. Особливості реалізації зчеплення між шиною та поверхнею дорожнього покриття	42
3. Дослідження факторів, які впливають на гальмування транспортного засобу	48
3.1 Дослідження впливу різних факторів на граничну величину гальмового моменту підведено до гальмового механізму.....	48
3.2 Дослідження впливу різних факторів на граничну величину ковзання шини в плямі контакту між шиною та поверхнею дорожнього покриття.....	51
3.3 Дослідження впливу різних факторів на значення максимального реалізованого зчеплення, що реалізується між шиною та поверхнею дорожнього покриття	54
4. Моделювання процесу гальмування транспортного засобу категорії M_1 .	56
5. Аналіз безпеки життєдіяльності під час експлуатації автомобіля.....	64
5.1. Загальні вимоги до плавності ходу автомобіля	64

5.2. Техніка безпеки.....	65
5.3. Виробнича санітарія	66
5.4. Пожежна безпека.....	66
5.5. Інженерна екологія	67
5.6 Розрахунок з техніки безпеки	68
6. Оцінка економічної ефективності розробки	70
6.1 Вартість виконання креслеників та моделей	70
6.2 Вартість контролю документації.....	72
6.3 Вартість текстової документації.....	72
6.4 Вартість розробки	72
6.5 Календарний план графік для одного виконавця	73
Висновки.....	74
Перелік посилань	75
Додаток А. Презентаційний матеріал до кваліфікаційної роботи магістра ..	78

6.2 Вартість контролю документації

Результати розрахунку вартості контролю конструкторської документації наведені в таблиці 6.2.

Таблиця 6.2 - Вартість контролю документації

Найменування робіт	Загальний об'єм робіт, ф. А4	Норма часу	В цілому часу	Вартість, грн
1	2	3	4	5
Конструкторський контроль	44	0,7	30,8	2772
Нормоконтроль текстової документації	45	0,2	9	810
Нормоконтроль креслеників	44	0,15	6,6	594
Технологічний контроль	44	0,20	8,8	792
Усього	177	1,25	55,2	4968

6.3 Вартість текстової документації

Результати розрахунків вартості текстової документації наведені в таблиці 6.3.

Таблиця 6.3 – Вартість текстової документації

Найменування робіт	Загальний об'єм робіт, ф. А4	Норма часу, год	В цілому часу, год	Вартість, грн.
Функціональний розрахунок	12	2,2	26,4	2376
Розрахунок на міцність деталей	18	3,6	64,8	5832
Технічне завдання	15	3,1	46,5	4185
Пояснювальна записка к технічному проекту	45	3,2	144	12960
Усього	90	12,1	281,7	25353

6.4 Вартість розробки

Результати розрахунку вартості розробки представлені в таблиці 6.4.

ВИСНОВКИ

У даній роботі було виконано комплексне дослідження процесу гальмування легкового автомобіля, оснащеного антиблокувальною системою, з урахуванням взаємодії пневматичних шин з опорною поверхнею дороги. Основну увагу приділено аналізу динаміки гальмування в умовах різних коефіцієнтів зчеплення, а також впливу режимів роботи модуляторів АБС на ефективність уповільнення, гальмівний шлях і стабільність руху транспортного засобу. Окрему увагу в роботі приділено аналізу впливу основних експлуатаційних і конструктивних факторів на показники ефективності гальмування. Встановлено, що вертикальне навантаження на колесо є одним із визначальних параметрів, який істотно впливає як на величину реалізованого зчеплення, так і на характер проковзування шини. Збільшення навантаження призводить до зростання поздовжньої реакції дороги, однак цей процес має виражено нелінійний характер, унаслідок чого коефіцієнт реалізованого зчеплення знижується. Початкова швидкість гальмування також чинить суттєвий вплив на динаміку процесу гальмування: із її зростанням ускладнюється утримання оптимального рівня проковзування, що відображається на стабільності уповільнення та роботі АБС. Вплив параметрів дроселя та ходу поршня циліндру є менш вираженим, проте вони змінюють характер наростання гальмівного моменту та можуть спричинити зростання або зниження пікових навантажень у гальмівній системі. Сукупний аналіз зазначених факторів підтвердив необхідність їх комплексного врахування під час налаштування та оптимізації алгоритмів керування антиблокувальною системою.

У ході роботи було розроблено та реалізовано імітаційну модель динаміки гальмування легкового автомобіля в середовищі *MATLAB* із застосуванням пакета *Simulink*. Ця модель дозволила детально проаналізувати вплив різних факторів на ефективність гальмування транспортного засобу.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Альокса М. М., Алексеєнко В. М. (1990). *Теорія експлуатаційних властивостей автотранспортних засобів в прикладах і завданнях*
2. Шуклінов С.М. (2022). *Автомобіль. Теорія та експлуатаційні властивості : навч. посіб.* ISBN 978-617-8009-77-9.
3. Алексеєнко В.М., Ломака С.Й., Шуклінов С.М., Залогін М.Ю. (2018). *Методичні вказівки з дипломного проектування для студентів спеціальності 133 «Галузеве машинобудування»*
4. Леонт'єв, Д. М. (2011). *Системний підхід до створення автоматизованого гальмівного керування транспортних засобів категорій М₃ та N₃*. (PhD dissertation, Харківський національний автомобільно-дорожній університет).
5. Miles L. D. (1961). *Techniques of Value Analysis and Engineering*.
6. Bogomolov, V. A., Klimenko, V. I., Leontiev, D. N., Ponikarovska, S. V., Kashkanov, A. A., & Kucheruk, V. Y. (2021). Plotting the adhesion utilization curves for multi-axle vehicles. *Bulletin of the Karaganda University "Physics Series"*, 101(1), 35-45.
7. Каслін М. Д., Штода Л.В. (2018). *Методичні вказівки щодо розробки розділу «Охорона праці» у дипломних проектах (роботах) студентів всіх форм навчання випускних курсів університету.*
8. Михалевич М.Г. (2012). *Методичні рекомендації до практичної роботи по дисципліні: Основи САПР КГТЗ «Оцінка вартості розробки»*
9. Леонт'єв, Д. М. (2021). *Теоретичні основи гальмування багатовісних транспортних засобів з електронневатичною гальмовою системою* (Doctoral dissertation, Харківський національний автомобільно-дорожній університет).
10. Махлай, С. М., & Леонт'єв, Д. М. (2018). Визначення зупинного шляху автомобіля, що обладнаний антиблокувальною системою. *Вісник ОНДІСЕ*, (4), 44-50.

11. Leontiev, D., Klimenko, V., Mykhalevych, M., Don, Y., & Frolov, A. (2019, June). Simulation of working process of the electronic brake system of the heavy vehicle. In *International scientific-practical conference* (pp. 50-61). Cham: Springer International Publishing.
12. Клименко, В. І., Ломака, С. Й., Рижих, Л. О., & Туренко, А. М. (2006). Аналіз алгоритмів регулювання гальмівних сил регулятором з електронним керуванням. *Вісник ЖДТУ. Серія "Технічні науки"*, 4 (39), 26-35.
13. Леонтьєв, Д. М., Михалевич, М. Г., & Фролов, А. А. (2018). Вплив вертикального навантаження на гальмівну силу та коефіцієнт зчеплення шини автомобільного колеса. *Теорія та практика судової експертизи і криміналістики*, (18), 383-392.
14. Leontiev, D., & Don, E. (2016). Specifics of automobile dual wheels interaction with the supporting surface. *Automobile transport*, (39), 74-79.
15. Леонтьєв, Д. М., Тімонін, В. О., Савчук, А. Д., Губарьков, С. С., Леонтьєв, Д. Н., & Тимонин, В. А. (2019). Оцінка ефективності гальмування чотиривісного транспортного засобу в разі виходу з ладу одного з контурів його робочої гальмової системи. *Автомобіль і електроніка. Сучасні технології*, (16), 26-34.
16. Смірнова Н.В., Леонтьєв Д.М. (2014). Аналіз режимів руху в задачах проектування та експлуатації автомобільних доріг. *Автошляховик України*, (5), 23-25.
17. Леонтьєв, Д. М. (2015). Про розрахунковий спосіб визначення висоти координати центру ваги типових автомобілів. *Автомобільний транспорт*, (37), 101-107.
18. Леонтьєв Д.М., Рижих Л.О., Бикадоров О.В. та інші. (2010). Методи розрахунку коефіцієнту зчеплення, що реалізується при коченні колеса в гальмівному режимі. *Автомобільний транспорт*, (27), 7-12.
19. Riabushenko, O., Sierpiński, G., Bogomolov, V., Nahliuk, I., & Leontiev, D. (2024). Study of Distribution of Free Flow Speeds on Urban Road Sections Depending on Their Functional Purpose and One-Way Traffic—Evidence from

Kharkiv (Ukraine). *Applied Sciences*, 14(23), 11302.
<https://doi.org/10.3390/app142311302>

20. Leontiev D., Klymenko V., Aloksa M., Sylchenko M. (2022) Regarding the issue of determining the deceleration of a two-axle vehicle with a damaged brake system. *Automobile transport*, (50), 21-28.

21. Клименко В.І., Капский Д.В., Леонтьев Д. М., Куріпка О. В., Фролов А.А. (2021). Визначення тангенціальних властивостей одинарної пневматичної шини у режимі гальмування транспортного засобу. *Автомобіль і електроніка. Сучасні технології*, (19), 28-34.

22. Леонтьев, Д. М., Куріпка О. В., Рижих Л. О. (2021). Імітаційне моделювання динаміки руху колісного транспортного засобу під час гальмування. *Новітні технології в автомобілебудуванні, транспорті і при підготовці фахівців : наук. пр. Міжнар. наук.-практ. конф.*, 27–29 жовт. 2021 р. / Харків. нац. автомоб.-дор. ун-т. – Харків,. – 38–40.

23. Frolov A., Leontiev D. (2022). Determination of the average torsional stiffness of tires of a double vehicle wheel during its interaction with the road surface. *Automobile transport*, (51), 14-25.

24. Богомолов В. О., Клименко В. І., Леонтьев Д. М., Ужва А. В. (2025). *Історія інженерної діяльності. Розвиток автомобілебудування : навч. посіб. – 3-тє вид. – ISBN 978-617-8587-01-7*

25. Леонтьев, Д. М., Ломака С. Й. (2015). Про розрахунковий спосіб визначення координати центру мас типових автомобілів. *Новітні технології в автомобілебудівництві та транспорті : наук. пр. Міжнар. наук.-практ. конф.*, 15–16 жовт. 2015 р. / Харків. нац. автомоб.-дор. ун-т. – Харків, – Ч. 1. – 43–44.

26. Богомолов В. О., Леонтьев Д. М. (2025). *Математичне моделювання робочих процесів колісних та гусеничних транспортних засобів : навч. посіб. – ISBN 978-617-8238-74-2*

27. Александров Є. Є., Богомолов В. О., Клименко В. І., Леонтьев Д. М. (2025). *Прикладна теорія коливань для студентів автомобільних спеціальностей вищів : навч. посіб. – ISBN 978-617-8238-75-9*

28. Шуклінов С. М., Леонтьєв Д. М., Ужва А. В., Ткачов О. Ю. (2023). Визначення радіусу кочення колеса при моделюванні динаміки драгстера. *Сучасні технології в автомобілебудуванні, транспорті та при підготовці фахівців : наук. пр. IV Міжнар. наук.-практ. конф. до Дня автомобіліста та дорожника, 23–25 жовт. 2023 р. / Харків. нац. автомоб.-дор. ун-т. – Харків, 32–37.*

29. Леонтьєв Д. М., Малий В. М. (2024). Автономні транспортні засоби: перспективи, структура та проблеми напрямку. *Сучасне автомобілебудування, автотехнічна експертиза, експлуатація автомобільного транспорту та підготовка фахівців галузі транспорт : зб. тез доп. Міжнар. наук.-практ. конф. до Дня автомобіліста та дорожника, 22–23 жовт. 2024 р. / Харків. нац. автомоб.-дор. ун-т. – Харків, 27–30.*

30. Shuklinov S. M., Klymenko V. I., Leontiev D. M., Aloksa M. M. (2023). *Automobile. Theory and operational properties : study guide.*

31. Фролов, А. А. (2023). *Удосконалення методу визначення реалізованого зчеплення шин здвоєних коліс транспортного засобу в режимі гальмування.* (PhD dissertation, Харківський національний автомобільно-дорожній університет).

32. Klymenko V. I., Voronkov O. I., Leontiev D. M., Mykhalievych M. H., Yaryta O. O., Ponikarovska S. V., Borzenko O. P., Fandieieva A. Ye. (2023). *Construction and layout of automobiles and internal-combustion engines : study guide.* – ISBN 978-617-8009-99-1

33. Леонтьєв Д.М., Курипка О.В. (2021). Щодо питання закручування одинарної пневматичної шини в плямі її контакту з поверхнею дорожнього покриття. *Тези доповідей Всеукраїнської науково-практичної конференції "Проблеми оперативного та логістичного забезпечення складових сектору безпеки і оборони України", 188-189.*

34. Туренко А.М., Клименко В.І., Рижих Л.О., Ломака С.Й., & Леонтьєв Д.М. (2006). Сучасні електронні гальмівні системи автомобілів. *Вісник КДПУ, - (2), - 64-66.*