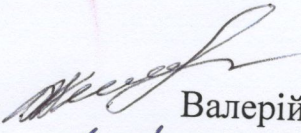
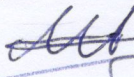
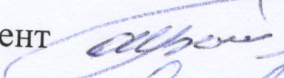
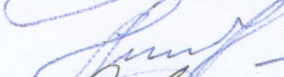



Міністерство освіти і науки України
Харківський національний автомобільно-дорожній університет

Автомобільний факультет
Кафедра автомобілів ім. А.Б.Гредескула

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА МАГІСТРА

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ТЕМПЕРАТУРИ НА РОБОЧИЙ ПРОЦЕС
ПНЕВМАТИЧНОГО ПРИВОДУ ГАЛЬМ ТРАНСПОРТНОГО
ЗАСОБУ КАТЕГОРІЇ N₃

Завідувач кафедри канд. техн. наук, проф.		Валерій КЛИМЕНКО
Нормоконтролер канд. техн. наук, доц.		Михайло ХОЛОДОВ
Консультант канд. техн. наук, доцент		Олег БОГАТОВ
Керівник д-р техн. наук, проф.		Дмитро ЛЕОНТЬЄВ
Студент гр. ААм-61		Вадим СИВОКОНЬ

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет Автомобільний

Кафедра автомобілів ім. А.Б. Гредескула

Освітньо-кваліфікаційний рівень магістр

Галузь знань 13 Механічна інженерія

(шифр і назва)

Спеціальність 133 Галузеве машинобудування

(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

**Завідувач кафедри автомобілів
ім. А.Б. Гредескула**

проф.Клименко В.І.

" 20 " 10 2025 рік

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ МАГІСТРА

Вадима СИВОКОНЬ

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту Дослідження впливу температури на робочий процес пневматичного приводу гальм транспортного засобу категорії N₃ керівник проекту Леонтьєв Дмитро Миколайович, д-р техн. наук, професор.

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

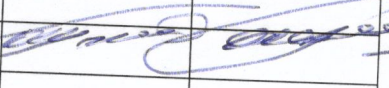
затверджені наказом ректора ХНАДУ від "15.09" 2025 року №

2. Строк подання студентом проекту 11 грудня 2025 року

3. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): Вступ. 1 Аналіз пневматичної гальмової системи; 2 Аналіз методів визначення пневматичних втрат; 3 Моделювання динамічних характеристик електропневматичних апаратів; 4 Аналіз умов безпеки життєдіяльності на автотранспортному підприємстві; Висновок. Перелік посилань.

4. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслеників): Презентаційний матеріал до кваліфікаційної роботи магістра;

5. Консультанти розділів роботи

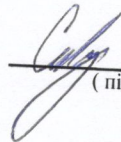
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці	Богатов О.І., канд. тех. наук, доцент		

6. Дата видачі завдання 1 вересня 2025р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

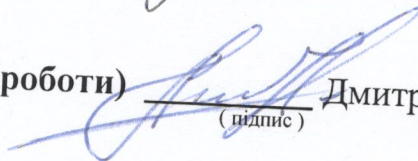
№ з/п	Назва етапів дипломної роботи	Строк виконання етапів проекту	Примітка
1	Вступ. Аналіз пневматичної гальмової системи	06.09.25	
2	Аналіз методів визначення пневматичних втрат	19.09.25	
3	Розрахунок пневматичного привода	20.09.25	
4	Моделювання динамічних характеристик електропневматичних апаратів	30.10.25	
5	Аналіз умов безпеки життєдіяльності на автотранспортному підприємстві	11.10.25	
6	Висновки. Перелік посилань. Додатки.	25.11.25	
7	Оформлення пояснювальної записки.	28.11.25	
8	Підготовка презентації до захисту.	05.12.25	

Студент


(підпис)

Вадим СИВОКОНЬ
(прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи)


(підпис)

Дмитро ЛЕОНТЬЄВ.
(прізвище та ініціали)

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет Автомобільний

Кафедра автомобілів ім. А.Б. Гредескула

Освітньо-кваліфікаційний рівень магістр

Галузь знань 13 Механічна інженерія

(шифр і назва)

Спеціальність 133 Галузеве машинобудування

(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

**Завідувач кафедри автомобілів
ім. А.Б. Гредескула**

проф.Клименко В.І.
“ ” _____ 2025 рік

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ МАГІСТРА

Вадима СИВОКОНЬ

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту Дослідження впливу температури на робочий процес пневматичного приводу гальм транспортного засобу категорії N₃
керівник проекту Леонт'єв Дмитро Миколайович, д-р техн. наук, професор.

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

затверджені наказом ректора ХНАДУ від “15.09” 2025 року №

2. Строк подання студентом проекту 11 грудня 2025 року

3. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): Вступ. 1 Аналіз пневматичної гальмової системи; 2 Аналіз методів визначення пневматичних втрат; 3 Моделювання динамічних характеристик електропневматичних апаратів; 4 Аналіз умов безпеки життєдіяльності на автотранспортному підприємстві; Висновок. Перелік посилань.

4. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслеників): Презентаційний матеріал до кваліфікаційної роботи магістра;

5. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці	Богатов О.І., канд. тех. наук, доцент		

6. Дата видачі завдання 1 вересня 2025р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломної роботи	Строк виконання етапів проекту	Примітка
1	Вступ. Аналіз пневматичної гальмової системи	06.09.25	
2	Аналіз методів визначення пневматичних втрат	19.09.25	
3	Розрахунок пневматичного привода	20.09.25	
4	Моделювання динамічних характеристик електропневматичних апаратів	30.10.25	
5	Аналіз умов безпеки життєдіяльності на автотранспортному підприємстві	11.10.25	
6	Висновки. Перелік посилань. Додатки.	25.11.25	
7	Оформлення пояснювальної записки.	28.11.25	
8	Підготовка презентації до захисту.	05.12.25	

Студент

(підпис)

Вадим СИВОКОНЬ

(прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи)

(підпис)

Дмитро ЛЕОНТЬЄВ.

(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна магістерська робота містить: 73 с., 62 рис., 1 додаток, 32 джерела.

Об'єкт дослідження - процес зміни температури в пневматичному приводі гальм транспортного засобу категорії N_3 .

Мета роботи - є дослідження впливу температури на зміну тиску в пневматичному приводі гальм транспортного засобу категорії N_3 .

Предмет дослідження – температура в пневматичному приводі гальм транспортного засобу категорії N_3 .

Для досягнення поставленої мети та вирішення завдань у роботі застосовано комплекс теоретичних, аналітичних та експериментально-імітаційних методів. Цей комплекс методів дозволив отримати як теоретичне розуміння фізичних процесів, так і кількісні результати, що обґрунтовують практичні рекомендації щодо вдосконалення системи.

Актуальність теми. Ефективність, надійність та екологічна безпека сучасних транспортних засобів нерозривно пов'язані з якістю їх гальмівних систем. Особливе значення це має для важких автомобілів, де застосовуються пневматичні приводи. Дві ключові проблеми в цій галузі потребують поглибленого вивчення: по-перше, необхідність точно прогнозувати динаміку спрацьовування системи з урахуванням реальних термодинамічних процесів; по-друге, вимога суворе дотримання нормативів щодо шумовипромінювання, особливо при скиданні стисненого повітря. Актуальність роботи обумовлена потребою в комплексному інженерному підході, що поєднує точне моделювання фізики процесів із практичними рішеннями щодо покращення експлуатаційних та екологічних характеристик.

Створена в роботі модель процесу гальмування автомобіля може бути використана в навчальному процесі.

ПРОЦЕС ГАЛЬМУВАННЯ, ПНЕВМАТИЧНИЙ ПРИВОД, ТЕМПЕРАТУРА, ТИСК, ГАЛЬМОВА СИСТЕМА.

ЗМІСТ

Вступ	6
1 Аналіз пневматичної гальмової системи.....	7
2 Аналіз методів визначення пневматичних втрат.....	16
2.1 Загальні відомості про пневматичні втрати.....	16
2.2 Аналіз втрат в ДЄ ланках.....	16
2.2.1. Втрати на тертя по довжині трубопроводів	17
2.2.2. Місцеві втрати в розширеннях та звуженнях.....	18
2.3 Розрахунок пневматичного привода	24
2.4 Аналіз методів визначення масової витрати повітря	26
3 Моделювання динамічних характеристик електропневматичних апаратів.....	46
4 Аналіз умов безпеки життєдіяльності на автотранспортному підприємстві	52
4.1 Техніка безпеки	52
4.2 Промислова санітарія та перша допомога	54
4.3 Пожежна безпека	55
4.4 Можливості використання транспортного засобу категорії N_3 у сфері цивільного захисту та ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій ...	56
4.5 Аналіз екологічного впливу автомобільного транспорту	57
4.6 Аналіз акустичного впливу автотранспорту на середовище та здоров'я людини.....	59
4.7 Акустичний розрахунок та оцінка шуму гальмівного крану	61
Висновки.....	69
Перелік літературних джерел	70
Додаток А. Презентаційний матеріал до кваліфікаційної роботи магістра	74

ВИСНОВКИ

У ході виконання кваліфікаційної роботи було проведено комплексне дослідження динамічних характеристик пневматичного гальмівного приводу з акцентом на вивчення впливу температурного фактора на його робочий процес.

Було розроблено уніфіковану математичну модель динаміки пневмоприводу, ключовою особливістю якої є явний облік зміни температури робочого тіла (повітря) при наповненні та спорожненні ємностей (ланок типу "дросель-ємність"). Модель включає функції визначення температури джерела та стоку потоку, що залежать від напрямку руху повітря та його початкових параметрів. Це дозволило провести детальне моделювання неізотермічних перехідних процесів в програмному середовищі *MATLAB Simulink*.

Результати імітаційного моделювання наочно продемонстрували, що відхилення температури повітря, що надходить у порожнину (T_{i-1}), від температури в самій порожнині (T_a) є критичним фактором, що суттєво впливає на динаміку наповнення. Зокрема, було встановлено, що надходження підвищеної температури ($T_{i-1} > T_a$) призводить до більш швидкого наростання тиску в порівнянні з ізотермічним процесом, тоді як надходження зниженої температури ($T_{i-1} < T_a$) значно уповільнює цей процес. Таким чином, ігнорування теплообмінних явищ у розрахунках може призвести до недооцінки реального часу спрацьовування гальмової системи на 15-25% в залежності від початкових умов.

Отримані результати підтверджують необхідність врахування термодинамічних ефектів як при розрахунку та проектуванні пневмоприводів для підвищення точності прогнозування їх динаміки, так і при розробці стратегій керування електропневматичними модуляторами для компенсації температурних впливів та забезпечення стабільності параметрів гальмування в різних кліматичних умовах експлуатації.

ПЕРЕЛІК ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Богомолів, В. О., Клименко, В. І., Леонт'єв, Д. М., Ужва, А. В. (2025). Історія інженерної діяльності. Розвиток автомобілебудування: навчальний посібник.
2. Леонт'єв Д. М. Серікова Є. А., Бикадоров А. В., Дон Є. Ю. (2012) Аналіз та вибір принципів керування електропневматичними модуляторами робочої гальмівної системи автомобілів. *Вісник Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут»*, (60), 67 – 72.
3. Леонт'єв Д. М. (2013) Вплив алгоритмів роботи автоматичних систем на ефективність гальмування транспортного засобу. *Вісник Харківського національного автомобільно-дорожнього університету*, (61-62), 158-161.
4. Леонт'єв Д. М., Рудих Л. А., Бикадоров А. В. (2014) Визначення поздовжньої реалізованої сили зчеплення автомобільного колеса з опорною поверхнею по крутильній деформації шини та її жорсткості. *Журнал "Автомобільна промисловість"*, 10
5. Леонт'єв Д. М., Смирнова Н. В. (2014) Узагальнення рівнянь руху автомобілів для розрахунку швидкості вільного руху. *Автомобільний транспорт*, (34), 44-48.
6. Леонт'єв Д. М., Смирнова Н. В. (2014) Аналіз режимів руху у завданнях проектування та експлуатації автомобільних доріг. *Наукововиробничий журнал «Автошляховик України»*, 5 (241), 23-25.
7. Леонт'єв Д. М. (2015) Про розрахунковий спосіб визначення висоти координати центру ваги типових автомобілів. *Автомобільний транспорт*, 37, 101 – 107.
8. Туренко, А. Н., Клименко, В. І., Богомолів, В. А., Рижих, Л. А., Леонт'єв, Д. М., Красюк, А. Н., Михалевич, М. Г. (2015). Реалізація інтелектуальних функцій в електронно-пневматичному гальмівному керуванні транспортними засобами.

9. Leontiev, D., Klimenko, V., Mykhalevych, M., Don, Y., & Frolov, A. (2019). Simulation of working process of the electronic brake system of the heavy vehicle. In *International scientific-practical conference*. Springer International Publishing. 1019, 50-61. https://doi.org/10.1007/978-3-030-25741-5_6

10. Леонтьєв, Д. М. (2011). *Системний підхід до створення автоматизованого гальмівного керування транспортних засобів категорій M_3 та N_3* . (Дисертація кандидата технічних наук, Харківський національний автомобільно-дорожній університет).

11. 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>

12. Леонтьєв, Д. М. (2021). *Теоретичні основи гальмування багатомісних транспортних засобів з електронне pneumatичною гальмовою системою* (Дисертація доктора технічних наук, Харківський національний автомобільно-дорожній університет).

13. Туренко, А. Н., Клименко, В. І., Рижих, Л. А., Леонтьєв, Д. М., Красюк, А. Н. (2012). *Основи створення та дослідження електронно-пневматичного гальмівного керування транспортних засобів*. Монографія.

14. Александров, С. С., Богомолов, В. О., Клименко, В. І., & Леонтьєв, Д. М. (2025). *Прикладна теорія коливань для студентів автомобільних спеціальностей вищів: навчальний посібник*.

15. Туренко, А. М., Клименко, В. И., Богомолов, В. О., Леонтьєв, Д. М., Михалевич, М. Г., & Куріпка, О. В. (2020). *Розрахунок та дослідження взаємодії структурних модулів електронне pneumatичного гальмового приводу*. Монографія.

16. Леонтьєв Д. М., Туренко А. Н., Ломака С. І., Рудих Л. А., Бикадоров А. В. (2011) Дослідження кочення автомобільного колеса з максимальною ефективністю в гальмівному режимі. *Автомобільний транспорт* (29), 23-28.

17. Рижих, Л.О., Ломака, С.Й., Леонтьєв, Д.М., Красюк, О.М., Чебан, А. (2010). Моделювання динамічної зміни тиску на виході з ргс на основі його статичної характеристики при зміні вертикальних навантажень на осях транспортного засобу. *Вісник Вінницького політехнічного інституту*, (2), 89–92.
18. Богомолов, В. О., & Леонтьєв, Д. М. (2025). *Математичне моделювання робочих процесів колісних та гусеничних транспортних засобів*: навчальний посібник.
19. Shuklinov S.M., Klymenko V.I., Leontiev D.M., Alokxa M.M. (2023). *Automobile. Theory and operational properties: study guide*. ISBN 978-617-8238-19-3.
20. 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.
21. Leontiev, D., & Don, Y. (2019). Обґрунтування раціонального закону зміни тиску в електропневматичному гальмовому приводі під час екстреного гальмування. *Вісник Харківського національного автомобільно-дорожнього університету*, (84), 21-21.
22. 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.
23. Рижих, Л. О., Леонтьєв, Д. М., & Куріпка, О. В. (2020). Щодо питання моделювання електропневматичного гальмового приводу. *Науково-практична конференція «Автомобільний транспорт в аграрному секторі: проєктування, дизайн та технологічна експлуатація»*. 15-16.
24. Леонтьєв Д.М., Серикова Е.А., Быкадоров А.В., Дон Е.Ю. (2012). Аналіз та вибір принципів керування електропневматичними модуляторами робочої гальмівної системи автомобілів. *Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Автомобіле- та тракторобудування*. (60). 67 – 72.

25. WABCO. (2016). *Systems and components for commercial transport* (Каталог № 815 080 003 3)

26. WABCO. (2007) *EBS System and functional description*. (Каталог № 815 080 015 3)

27. Богомолов, 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 швидкодією. *Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції ННІ механотроніки і систем менеджменту*. 72-73.

28. Туренко, А. М., Ломака, С. Й., Клименко, В. І., Рижих, Л. О., Леонтьєв, Д. М., Чебан, А. А., Красюк, О. М., & Тишковець, С. В. (2008). *Модулятор електронної гальмівної системи* (Патент України № 84437 С2). ХНАДУ. Заявка № а 2006 02536, подана 09.03.2006. Опубліковано 27.10.2008 у Бюлетені № 20.

29. Туренко, А. М., Ломака, С. Й., Клименко, В. І., Рижих, Л. О., Тишковець, С. В., Леонтьєв, Д. М., Чебан, А. А., & Красюк, О. М. (2008). *Пропорціональний модулятор електронно-пневматичної гальмівної системи* (Патент України № 36321 U). ХНАДУ. Заявка № и 2008 05078, подана 21.04.2008. Опубліковано 27.10.2008 у Бюлетені № 20.

30. Леонтьєв, Д. М., and О. В. Крамський. (2010): *Програма розрахунку пневматичних гальмівних приводів двохвісних транспортних засобів*. Авторське свідоцтво 33767.

31. Рижих, Л. А., Леонтьєв, Д. М. (2011). Особливості електронно-пневматичної гальмівної системи транспортних засобів. *Автомобільний транспорт*, (29), 68-70.

32. Tovt, V., Leontiev, D., & Malyi, V. (2025). Formulation of the problem of topology optimization of automobile and agricultural machinery structures. *Automobile Transport*, (56), 19–28. <https://doi.org/10.30977/AT.2219-8342.2025.56.0.03>