

Міністерство освіти і науки України

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

Автомобільний факультет

Кафедра автомобілів ім. А.Б. Гредескула

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

МАГІСТРА

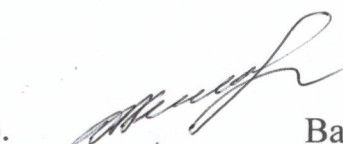
ДОСЛІДЖЕННЯ АЕРОДИНАМІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ТРАНСПОРТНОГО
ЗАСОБУ N_2

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

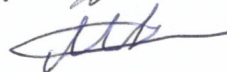
Нормоконтролер, канд. техн. наук, доц.

Керівник, асистент

Здобувач, гр. АА-61-24



Валерій КЛИМЕНКО



Михайло ХОЛОДОВ



Наталія НОВІНА



Михайло ДЕМЧЕНКО

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

(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

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

“ 20 ” 10 2025 рік

З А В Д А Н Н Я НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ МАГІСТРА

Демченко Михайло Романович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту: Дослідження аеродинамічних властивостей транспортного засобу N₂

керівник проекту Новіна Наталія Нарсенівна, асистент

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

затверджені наказом ректора ХНАДУ від «08» жовтня 2025 року №155

2. Строк подання студентом проекту 12.12.2025 року

3. Вихідні дані до проекту: -

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): Вступ. 1. Основи аеродинаміки; 2. Пристрої для зниження аеродинамічного опору вантажних автомобілів та автопоїздів; 3. Пристрої які встановлюються на бампері; 4. Взаємодія автомобіля з повітряним середовищем; 5. Дорожні випробування шин. Висновки; Перелік посилань.

5. Перелік графічного матеріалу: -

6. Консультанти розділів проекту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
-	-	-	-
-	-	-	-

7. Дата видачі завдання: 01.09.2025 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту	Строк виконання етапів проекту	Примітка
1	Вступ. Основи аеродинаміки	01.09.2025- 12.09.2025	
2	Пристрої для зниження аеродинамічного опору вантажних автомобілів та автопоїздів	13.09.2025- 20.09.2025	
3	Пристрої які встановлюються на бампері	21.10.2025- 27.10.2025	
4	Взаємодія автомобіля з повітряним середовищем	28.10.2025- 15.11.2025	
5	Висновки	17.11.2025- 21.11.2025	
6	Оформлення пояснювальної записки	24.11.2025- 28.11.2025	
7	Підготовка матеріалів до захисту	01.12.2025- 12.12.2025	

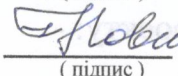
Студент


(підпис)

Михайло ДЕМЧЕНКО

(прізвище та ім'я)

Керівник проекту (роботи)


(підпис)

Наталія НОВІНА

(прізвище та ім'я)

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота містить: 83 с., 30 рис., табл.3, 10 джерел.

АЕРОДИНАМІКА, ВАНТАЖНИЙ АВТОМОБІЛЬ, КОЕФІЦІЄНТ ОБТІЧНОСТІ, СУПРОТИВ ПОВІТРЯ, АЕРОДИНАМІЧНІ ПРИСТРОЇ, АЕРОДИНАМІЧНИЙ ОПІР, КУЗОВ.

Об'єкт дослідження – аеродинамічні елементи вантажного автомобіля N_2 .

Мета роботи – дослідження аеродинамічних властивостей транспортного засобу N_2 що впливає на паливну економічність.

Методи дослідження – аналітичні та теоретичні методи.

Поряд з експериментальною аеродинамічною розвиваються та вдосконалюються чисельні методи визначення аеродинамічних характеристик автотранспортних засобів з розробкою відповідних алгоритмів та програм розрахункової оптимізації їх параметрів обтічної. Розробляються нові методи визначення та доведення аеродинамічних характеристик автомобілів у дорожніх умовах, коли забезпечується повна геометрична та кінематична аеродинамічна подоба. Дослідженнями встановлено, що зниження аеродинамічного опору на 4% забезпечує зменшення витрат палива автотранспортним засобом приблизно 1%. З огляду на необхідність підвищення рівня аеродинамічних якостей легкових і вантажних автомобілів, а також автопоїздів, можна очікувати, що вдосконалення їх дозволить забезпечити зниження витрати палива на 4-5%. При цьому за рахунок розробки, постановки на виробництво та накопичення в автомобільному парку країни автотранспортних засобів зі зниженим на 15-20% аеродинамічний опір орієнтовно може бути досягнута економія палива близько 2 млн. т. Поряд з економікою палива дуже гостро стоїть проблема підвищення продуктивності автотранспортних засобів, поліпшення їхньої аеродинамічної стійкості та керованості, зниження рівня забруднення та аеродинамічного шуму.

ЗМІСТ

Вступ.....	6
1. Основи аеродинаміки.....	9
1.1 Аеродинаміка тіл і можливості її застосування при проектуванні вантажних автомобілів.....	9
1.2 Аналіз досліджень та практична доцільність результатів	11
1.3 Аеродинамічні характеристики вантажних автомобілів.....	17
2 Пристрої для зниження аеродинамічного опору вантажних автомобілів та автопоїздів.....	23
2.1 Лобові обтічники на дахах кабіни	23
2.2 Щитові обтікачі повітря вантажного автомобіля	24
2.3 Об'ємні обтікачі	31
3. Пристрої які встановлюються на бампері	35
3.1 Пристрої, що встановлюються на передній стінку кузова	36
3.2 Аеродинамічні пристрої для зниження вплив бічного вітру.....	40
3.3 Пристрої для зниження бокового вітру під автопоїздом	41
3.4 Пристрої для зниження бокового вітру позаду автопоїзда.....	43
4. Взаємодія автомобіля з повітряним середовищем.....	44
4.1 Аеродинаміка погано обтічних тіл.....	44
4.2 Стендові випробування.....	53
4.3 Дорожний метод.....	60
4.4 Дослідження аеродинамічних властивостей автопоїзда	65
Висновки	71
Перелік посилань.....	72
Додаток А Презентаційний матеріал до кваліфікаційної роботи магістра.....	73

ВСТУП

Поряд із розвитком експериментальних методів аеродинаміки активно вдосконалюються чисельні підходи до визначення аеродинамічних характеристик автотранспортних засобів. Створюються нові алгоритми та програмні засоби, призначені для розрахункової оптимізації їхніх обтічних параметрів. Паралельно розробляються сучасні методики оцінювання та підтвердження аеродинамічних властивостей автомобілів у реальних дорожніх умовах, де забезпечується повна геометрична й кінематична подібність потоку.

Дослідження показали, що зменшення аеродинамічного опору на 4% приводить до приблизно 1% економії палива. Враховуючи потребу підвищення аеродинамічної досконалості легкових і вантажних автомобілів, а також автопоїздів, можна очікувати, що їх подальше вдосконалення здатне забезпечити зниження витрати палива на 4–5%. За умови створення та масового впровадження автотранспортних засобів із на 15–20% нижчим аеродинамічним опором, загальний ефект може становити близько 2 млн т зекономленого палива на рівні автопарку країни.

Окрім економії пального, надзвичайно важливими залишаються питання підвищення продуктивності транспортних засобів, покращення їх аеродинамічної стійкості й керованості, а також зниження рівня викидів і аеродинамічного шуму [1–4].

Таким чином, дослідження та вдосконалення аеродинаміки автотранспортних засобів слід розглядати як важливу техніко-економічну проблему для нашої країни. Одним із ключових напрямів її вирішення є експериментальні випробування в аеродинамічних трубах. Це підтверджується світовою практикою, у якій модельні дослідження є першим і найвідповідальнішим етапом аеродинамічного проектування.

Під час руху автопоїзда в зоні між тягачем і причепом, а також на верхній, нижній та бічних кромках передньої стінки напівпричепа утворюються значні відривні течії, на формування яких витрачається велика кількість енергії. Відмінність

геометричних форм тягача й напівпричепа, суттєво велика лобова площа та недостатня обтічність у поєднанні з наявністю зазору між ними істотно збільшують аеродинамічний опір. Необтічна прямокутна форма причепа призводить до підвищеної витрати палива, погіршення швидкісних і динамічних характеристик, а також зниження безпеки руху через виникнення значної підйомної сили, що діє на причіп.

Тому виникає необхідність проведення комплексних досліджень і створення конструктивних рішень, спрямованих на покращення обтічності високих причепів та зменшення аеродинамічного опору автопоїздів. Для цього застосовуються різні технічні заходи та конструктивні елементи, що підвищують аеродинамічну ефективність напівпричепа.

ВИСНОВКИ

Розгляд наведених у цій роботі матеріалів показує, що зовнішні аеродинамічні пристрої набули в даний час широкого поширення як ефективний засіб зниження аеродинамічного опору автомобілів і автопоїздів. Найбільш уживаними з числа пристроїв, призначених для зниження аеродинамічного опору вантажних автомобілів та автопоїздів, є лобові обтічники, що встановлюються на даху кабіни і на передній стінці кузова, а також пристрої, що перекривають зазор між кабіною і напівпричепом (для сидельних автопоїздів). Крім цього знаходять застосування нижні лобові обтічники та спойлери на бампері. Серед лобових обтічників на даху кабіни найбільшого поширення набули щитові. Застосування щитового обтічника дозволяє знизити аеродинамічний опір автопоїзду на 20-30%. Поряд із щитовими використовуються об'ємні обтічники, що знижують аеродинамічний опір на 25-35%. Однак при порівняно рівній з кращими щитовими ефективністю об'ємні обтічники мають більшу порівняно з ними: масу (майже вдвічі), матеріаломісткість, складність у виготовленні, висока вартість — стримують широке використання об'ємних обтічників. Кріпляться лобові обтічники в основному за ринви даху кабіни. З обтічників, що встановлюються на передню стінку кузова, найбільшого поширення набули лобові обтічники типу "носовий конус". Застосування такого обтічника дозволяє знизити аеродинамічний опір на 15-20%. Крім того, з метою зниження впливу бокового вітру на сидельних автопоїздах використовуються вертикальні розсікачі клинового типу, що навішуються на передню стінку напівпричепа, що дозволяють додатково знизити аеродинамічний опір на 5-10 %. Починають застосовуватися нижні обтічники і передні спойлери на бампері, використання яких дає можливість знизити аеродинамічний опір на 5-15%.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Шуклінов С.М., Альокса М.М. *Автомобіль: теорія та експлуатаційні властивості*. — Харків: ХНАДУ, 2018. — 312 с.
2. Демчук М.В. *Аеродинаміка автомобіля та шляхи її вдосконалення*. — Львів: Вид-во Львівської політехніки, 2020. — 256 с.
3. Михайлов О.В. *Динаміка та аеродинаміка автомобілів: монографія*. — Київ: НАУ, 2019. — 280 с.
4. Гаврилюк О.М., Сидоренко А.Ю. *Опір руху та енергетична ефективність автомобілів*. — Харків: ХНТУСГ, 2021. — 234 с.
5. Ковальчук І.В. *Проектування вантажних автомобілів з урахуванням аеродинамічних факторів*. — Вінниця: ВНТУ, 2022. — 198 с.
6. Дубовик Ю.П. *Сучасні методи дослідження обтікання транспортних засобів*. — Дніпро: ДНУ, 2017. — 215 с.
7. Чумаченко С.В. *Аеродинамічні процеси в автомобільній техніці*. — Харків: УкрДАЗТ, 2020. — 276 с.
8. Бондар А.В. *Оптимізація конструкції кузовів вантажних автомобілів*. — Київ: КНУБА, 2019. — 245 с.
9. Соловей П.М. *Моделювання повітряних потоків у транспортних системах*. — Львів: НУ “Львівська політехніка”, 2021. — 268 с.
10. Козир І.П. *Аеродинамічна ефективність транспортних засобів: теорія та практика*. — Одеса: ОНАХТ, 2018. — 230 с.
11. 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
12. Туренко, А. М., Клименко, В. І., Рижих, Л. О., Ломака, С. Й., Леонтъев, Д. М. (2006). Сучасні електронні гальмівні системи автомобілів. *Вісник КДПУ*. (2). 64-66.

13. Hucho W.-H. *Aerodynamics of Road Vehicles*. 4th ed. SAE International, 1998. 915 p.
14. Katz J. *Race Car Aerodynamics: Designing for Speed*. Bentley Publishers, 2016. 280 p.
15. McBeath S. *Competition Car Aerodynamics: A Practical Handbook*. Haynes Publishing, 2020. 224 p.
16. Versteeg H., Malalasekera W. *An Introduction to Computational Fluid Dynamics: The Finite Volume Method*. Pearson, 2007. 503 p.
17. Silva R., Alves M., Teixeira J. CFD Analysis of Front Splitter Effects on a Road Vehicle. SAE Technical Paper, 2019-01-0654, 2019. 12 p.
18. Yadav A., Das S. Numerical Investigation of Rear Diffuser Angle Variation on Aerodynamic Performance of Sedan. *Journal of Applied Fluid Mechanics*, 2023, vol. 16, no. 5, pp. 1551–1564.
19. Zhang P., Wang T., Li X. Aerodynamics of Curved Underbody Diffusers Using CFD. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, 2020, vol. 203, 104205.
20. Kumar S., Patel B. Optimization of Car Underbody Flow Using Rear Diffuser Geometries. *Applied Vehicle Technology*, 2022, vol. 11, no. 4, pp. 35–42.
21. Shu X., Wang Y. Adaptive Active Aerodynamic Devices for Energy-Efficient Vehicles: A CFD-Based Study. *SAE International Journal of Passenger Cars – Mechanical Systems*, 2021, vol. 14, no. 2, pp. 203–214.
22. Ahmed M., Khalid T. Full Vehicle CFD Investigations on the Influence of Front-End Configuration on Cooling Drag. *International Journal of Thermal Sciences*, 2018, vol. 129, pp. 201–213.
23. Papageorgiou D., Balabani S., Graham M. Aerodynamic Drag Reduction via Active Grille Shutters: A Numerical Study. *Energy Conversion and Management*, 2020, vol. 224, 113363.
24. Adler J., Bourke L. Computational Aerodynamics of a Passenger Car with Modified Spoiler Geometries. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part D: Journal of Automobile Engineering*, 2022, vol. 236, no. 12, pp. 2501–2516.

25. Li H., Zhou R. CFD Simulation of Passenger Car Aerodynamics and Body Parameter Optimization. *Journal of Computational Design and Engineering*, 2025, vol. 12, no. 1, pp. 55–67.
26. Nguyen T., Lee J. Effect of Rear Spoiler Angle on Lift and Drag of a Hatchback Vehicle. *International Journal of Automotive Technology*, 2020, vol. 21, no. 3, pp. 597–606.
27. Sovran G., Morel T. Design and Evaluation of Aerodynamic Devices for Road Vehicles. *Annual Review of Fluid Mechanics*, 1983, vol. 15, pp. 459–485.
28. Carr G. Review of Automotive Aerodynamic Development. *Progress in Aerospace Sciences*, 2019, vol. 105, pp. 34–58.
29. Авершин А. Г. Вдосконалення аеродинамічних характеристик автомобіля шляхом оптимізації конструкції зовнішніх елементів кузова: дис. ... канд. техн. наук. Харків: ХНАДУ, 2018. 178 с.
30. Сидоренко В. М., Мельник Д. Ю. Особливості аеродинаміки автомобіля при бічному ковзанні. *Вісник Вінницького національного технічного університету*, 2022, № 3, с. 56–63.
31. A Numerical Aerodynamic Analysis on the Effect of Rear Underbody Diffusers on Road Cars. *Applied Sciences*, 2022. Режим доступу: <https://www.mdpi.com/10.3390/app12083763> (дата звернення: 30.09.2025).
32. Aerodynamics of Road Vehicles — ScienceDirect. Режим доступу: [<https://www.sciencedirect.com/book/9780750612678/aerodynamics-of-road-vehicles>] (<https://www.sciencedirect.com/book/9780750612678/aerodynamics-of-road-vehicles>) (дата звернення: 30.09.2025).
33. Tovt, B., 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>