

Міністерство освіти і науки України

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

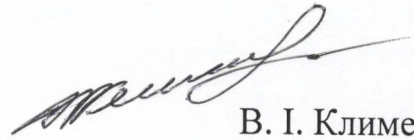
Автомобільний факультет

Кафедра автомобілів ім. А.Б Гредескула

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА МАГІСТРА

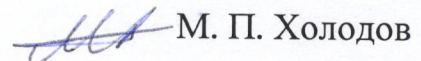
**ДОСЛІДЖЕННЯ ФАКТОРІВ, ЩО ВПЛИВАЮТЬ НА АЕРОДИНАМІЧНІ
ВЛАСТИВОСТІ КУЗОВІВ СУЧАСНИХ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ**

Завідувач кафедри д. т. н. проф.



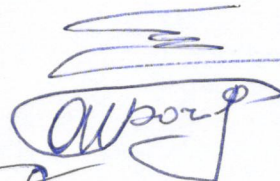
В. І. Клименко

Нормоконтролер к. т. н., доцент.



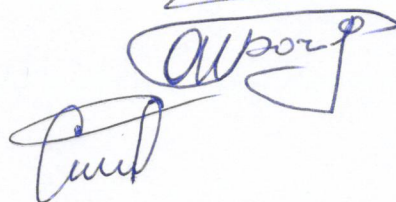
М. П. Холодов

Керівник к. т. н., доцент



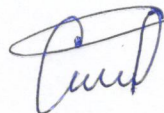
Ю. Є. Овчаренко

Консультант, к. т. н., доцент



О.І. Богатов

Студент гр. АА-61-23



Д. Р. Селезньов

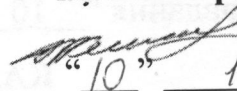
Харківський національний автомобільно-дорожній університет

(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет автомобільний
Кафедра автомобілів ім. А.Б. Гредескула
Освітній рівень магістр
Спеціальність 133 Галузеве машинобудування

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри автомобілів
ім. А.Б. Гредескула

 проф. Клименко В.І.
"10" 10 2024 року

З А В Д А Н Н Я

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Селезньову Даніїлу Руслановичу

- Тема роботи: Дослідження факторів, що впливають на аеродинамічні властивості кузовів сучасних транспортних засобів
керівник проекту Овчаренко Юрій Євгенович, канд. техн. наук, доцент
затверджені наказом ректора ХНАДУ від "10" 10 2024 року № 136
- Строк подання студентом проекту 13 грудня 2024 року.
- Вихідні дані до проекту: Повна маса автомобіля $m_a = 1890$ кг;
Споряджена маса автомобіля $m_0 = 1320$ кг;
Максимальна швидкість $V_{\max} = 225$ км/год;
Коефіцієнт опору $C_x = 0,36$
Кількість пасажирів $n = 5$ чоловік;
Коефіцієнт сумарного дорожнього опору при русі з максимальною швидкістю $\psi_v = 0,014$.
- Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): Вступ. 1 Аналіз науково-технічних заходів з питань досліджень аеродинамічних характеристик автомобілів. 2 Устрої що забезпечують покращення аеродинаміки транспортних засобів. 3 Рішення аеродинамічних елементів автомобілів з підвищеними вимогами до економічності. 4 Дослідження аеродинаміки автомобіля зі спойлерами. 5. Аналіз аеродинамічних властивостей проєктованого автомобіля. Безпека життєдіяльності. Експертна оцінка транспортних засобів категорії M_1 . Висновки. Список літератури. Додатки.
- Перелік графічного матеріалу: порівняння елементів дизайну; розробка екстер'єру автомобіля; створення 3D – моделі автомобіля для аеродинамічних розрахунків; деталізація 3D – моделі автомобіля; розрахунки аеродинаміки автомобіля з різними видами спойлерів;

6. Консультанти розділів проекту

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

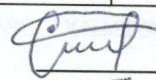
7. Дата видачі завдання “ 10 ” 10 2024 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№з/п	Назва етапів дипломного проекту	Строк виконання етапів проекту	Примітка
1	Вступ. Аналіз науково-технічних заходів з питань досліджень аеродинамічних характеристик автомобілів	05.10.2024	
2	Устрої що забезпечують покращення аеродинаміки транспортних засобів	17.10.2022	
3	Рішення аеродинамічних елементів автомобілів з підвищеними вимогами до економічності	28.10.2024	
4	Дослідження аеродинаміки автомобіля зі спойлерами	18.11.2024	
5	Аналіз аеродинамічних властивостей проектованого автомобіля	02.12.2024	
6	Охорона праці – ергономічні показники проектованого автомобіля	07.12.2024	
7	Безпека життєдіяльності. Експертна оцінка транспортних засобів категорії М ₁	11.12.2024	
8	Оформлення пояснювальної записки	15.12.2024	
9	Підготовка презентації до захисту	18.12.2024	

Студент

Керівник проекту (роботи)



Селезньов Д.Р.



Овчаренко Ю.Є.

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота: 97 с., 102 рис., 22 табл., 4 дод., 61 джерело.

КОЛІСНИЙ ТРАНСПОРТНИЙ ЗАСІБ, АЕРОДИНАМІЧНИЙ ОПІР, АЕРОДИНАМІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ, ПРИЙНЯТТЯ РІШЕННЯ, КУЗОВНІ ДЕТАЛІ СКЛАДНИХ ПРОФІЛЕЙ, СКІНЧЕНО-ОБ'ЄМНИЙ РОЗРАХУНОК, СИСТЕМИ АКТИВНОЇ АЕРОДИНАМІКИ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ, СПОЙЛЕРИ.

Об'єктом дослідження виступають процеси прийняття рішень щодо розрахунку аеродинамічних характеристик транспортних засобів категорії M_1 .

Предмет дослідження – сучасні розрахунки аеродинамічних характеристик.

Мета дослідження – створення 3-D моделей конфігурацій легкових колісних транспортних засобів та використання скінчено-об'ємного розрахунку в сучасних CAE – системах.

В роботі вирішується технічна задача пошуку конструктивного виконання додаткових кузовних деталей складних профілів для зменшення аеродинамічного опору автомобілів, що є актуальною на теперішній час. Конкуренентоспроможність транспортних засобів (ТЗ) попередньо може оцінюватися лише після вибору їх техніко-експлуатаційних параметрів, серед яких не останнім є аеродинамічний опір автомобіля. Це обумовлено його рухом з деякою відносною швидкістю в навколишньому повітряному середовищі. Сила опору повітря є основною складовою силового балансу автомобіля, вона являє собою найбільшу зацікавленість через тенденції зростання швидкостей пересування ТЗ. Аеродинаміка є однією з проблем, яку необхідно вирішувати в процесі розробки ТЗ, тому що цей фактор є основною силою опору на автомобіль при русі, та визначає його пробіг виходячи з залежності паливно- економічної характеристики, та складає основу технічного завдання.

ЗМІСТ

Вступ	6
1 Аналіз науково-технічних заходів з питань досліджень аеродинамічних характеристик автомобілів	7
1.1 Розробка зовнішнього виду (екстер'єру) транспортного засобу категорії M_1	7
1.2 Практичні випробування автомобільної аеродинаміки в аеродинамічній трубі	15
1.3 Теоретичне дослідження впливу обтічності на експлуатаційні властивості магістральних автопоїздів	19
2 Устрої що забезпечують покращення аеродинаміки транспортних засобів.....	28
2.1 Загальні положення аеродинаміки автомобіля	28
2.2 Проблеми аеродинаміки автомобіля. Види опору повітря.....	30
2.3 Вирішення проблем, пов'язаних з аеродинамічним опором автомобіля	32
3 Рішення аеродинамічних елементів автомобілів з підвищеними вимогами до економічності	34
3.1 Способи дослідження аеродинамічних властивостей транспортних засобів.....	34
3.1.1 Порівняння елементів дизайну	35
3.1.2 Розробка екстер'єру автомобіля	39
3.1.3 Тривимірна модель автомобіля з кузовом типу універсал	41
3.1.4 Тривимірна модель автомобіля з кузовом типу седан	43
3.1.5 Відповідність правилам ЄЕК ООН	46
3.2 Адаптивні аеродинамічні елементи легкових та вантажних транспортних засобів	48
3.2.1 Призначення і різновиди антикрила	49
3.2.2 Основні поняття автомобільної аеродинаміки	50

3.2.3 Аеродинаміка транспортних засобів	57
3.2.3.1 Аеродинаміка легкових автомобілів	57
3.2.3.2 Аеродинаміка вантажних автомобілів та автопотягів	60
3.2.3.3 Шляхи покращання обтікаємості вантажних автомобілів та автопотягів	65
4 Дослідження аеродинаміки автомобіля зі спойлерами	69
4.1 Створення 3D – моделі автомобіля для аеродинамічних розрахунків	70
4.1.1 Створення моделі автомобіля	70
4.1.2 Вибір деталізації 3D – моделі автомобіля	77
4.2 Види досліджуваних спойлерів	80
4.3 Розрахунки аеродинаміки автомобіля з різними видами спойлерів	81
Висновки	91
Список літератури	93
Додаток А Демонстраційний матеріал до кваліфікаційної роботи магістра	99
Додаток Б Експертна оцінка транспортних засобів категорії M_1	103
Додаток В Аналіз аеродинамічних властивостей проєктованого автомобіля	115
Додаток Г Безпека життєдіяльності людини при експлуатації транспортного засобу категорії M_1	129

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Назарько О.О. Дослідження аеродинаміки спорткару при використанні методу комп'ютерного моделювання / Назарько О.О., Рагулін В.М., Ярижко О.В., Зайцев І.С. // Вісник ХНАДУ, Вип. 99, 2022. – С. 146-150.

2. Назарько О.О. Використання методу комп'ютерного моделювання при дослідженні обтічності легкового автомобіля обладнаного аеродинамічними елементами / Назарько О.О., Рагулін В.М., Зайцев І.С. // Сучасні проблеми моделювання. № 22, 2021/6/16. – С. 104-110.

3. http://avtonov.info/aerodynamika_avtomobilya.php

4. <http://www.autoexpert.in.ua/ua/258-aerodinamichni-sili-koefitcient-cx.html>

5. Єгоров А.А. Використання деталей складних профілів для зменшення аеродинамічного опору / Єгоров А.А., Куличенко П.Н., Русанов С.А., Лобов О.О. // Вісник ХНТУ №3(70), 2019 – С. 30-38.

6. <https://mercedes-benz-kyiv.com/novyuy-mercedes-benz-cla-kupe-2019-vyprobuvannya-v-aerodynamichniy-trubi-720>

7. <https://mercedes-benz-kyiv.com/ru/novyuy-mercedes-benz-cla-2019-v-sravnitelnom-obzore-715>

8. J. Lizbetin, M. Hlatka, L. Bartuska, Issues concerning declared energy consumption and greenhouse gas emissions of FAME biofuels. Sustainability, 10(9), 2018: 3025. <https://doi.org/10.3390/su10093025>

9. M. Škorupa, T. Čechovič, M. Kendra, B. Jereb, Case study of the impact of the CO2 emissions trend from transport on the external costs in slovakia and slovenia. Transport technic and technology, 12(2), 2018: 23-27. <https://doi.org/10.2478/ttt-2018-0007>

10. S. Milojević, Sustainable application of natural gas as engine fuel in city buses - Benefit and restrictions. Journal of Applied Engineering Science, 15(1), 2017: 81-88. <https://doi.org/10.5937/jaes15-12268>

11. S. Milojević, T. Skrucany, H. Milošević, D. Stanojević, M. Pantić, B. Stojanović, Alternative Drive Systems and Environmentaly Friendly Public Passengers

Transport. Applied Engineering Letters, 3(3), 2018: 105-113.
<https://doi.org/10.18485/aeletters.2018.3.3.4>

12. A. Lebkowski, Studies of Energy Consumption by a City Bus Powered by a Hybrid Energy Storage System in Variable Road Conditions. Energies, 12(5), 2019: 951.
<https://doi.org/10.3390/en12050951>

13. C. Csiszár, D. Földes, System Model for Autonomous Road Freight Transportation. Promet – Traffic & Transportation, 30(1), 2018: 97-103.
<https://doi.org/10.7307/ptt.v30i1.2566>

14. J.Y. Wong, Theory of ground vehicles. John Wiley&Sons. Inc., Ottawa, 2001.

15. T. Skrucany, M. Vojtek, G. Šuchter, Fixation of tarpaulin sheet of platform HDV and its impact to air resistance. Transport technic and technology, 12(1), 2018: 6-10. <https://doi.org/10.2478/ttt-2018-0002>

16. www.plasmastreamtech.com

17. Belzile Marc. Review of Aerodynamic Drag Reduction Devices for Heavy Trucks and Buses. Technical Report [Електронний ресурс] / Marc Belzile. – Канада, 2012. – Режим доступу : www.tc.gc.ca.

18. <https://ua.motofocus.eu/news/46928>, значення-аеродинаміки-в-транспортних

19. https://uk.wikipedia.org/wiki/Коефіцієнт_аеродинамічного_опору_автомобіля

20. Форум: Аеродинаміка автомобіля – основи. Режим доступу:
<https://carspec.info/>.

21. Аеродинаміка // Українська радянська енциклопедія : у 12 т. / гол. ред. М. П. Бажан ; редкол.: О. К. Антонов та ін. — 2-ге вид. — К. : Головна редакція УРЕ, 1974–1985.

22. Аеродинаміка // Енциклопедія сучасної України / ред. кол.: І. М. Дзюба [та ін.] ; НАН України, НТШ. — К. : Інститут енциклопедичних досліджень НАН України, 2001–2024. — ISBN 966-02-2074-X.

23. Аерогідрогазодинаміка: підручник / В. Г. Лебедь, Ю. І. Миргород, Є. О. Українець. — Х. : ХУПС ім. Івана Кожедуба, 2011. — 415 с.

24. Аеродинаміка / Н. І. Ахієзер, В. І. Путятя. — Харків ; Київ: ОНТВУ «Транспорт і зв'язок», 1932. — 148 с.¹

25. Методичні вказівки з дипломного проектування для студентів спеціальності 133 «Галузеве машинобудування» / Упоряд. В.М. Алексеєнко, С.Й. Ломака, С.М. Шуклінов, М.Ю. Залогін. – Харків: ХНАДУ, 2020. – 99 с.

26. Morello L. Historical Evolution. The Automotive Body / L. Morello, Lorenzo Rosti Rossini, Giuseppe Pia, Andrea Tonoli — Springer Science & Business Media, 2011. — Vol. I: Components Design. — 668 p.

27. UN Vehicle Regulations - 1958 Agreement / Addenda to the 1958 Agreement (Regulations 0-20) / URL: <http://www.unece.org/trans/main/wp29/wp29regs1-20.html> (15/01/2019).

28. European Broadcasting Union : web-site. URL: <https://www.ebu.ch/home> (accessed 03 September 2018).

29. Šarčević S. New Approach to Legal Translation. The Hague : Kluwer Law International, 1997. 308 p.

30. Pevitt C. A Computational Simulation of Aerodynamic Drag Reductions for Heavy Commercial Vehicles / C. Pevitt, H. Chowdury, H. Moriaand, F. Alam // 18th Australasian Fluid Mechanics Conference. – Launceston, Australia. – 3–7 December 2012. – P. 54–84.

31. Ki, K. Lee, J. Cheon, and H. Ahn. Design and Implementation of a new Clamping force estimator in Electro-Mechanical Brake systems: J. Automotive Technology Internerional, 2013. Vol. 14. pp. 739–745.

32. Park, D. Hyun, and S. B. Choi. Development of Clamping Force Estimation Algorithm and Clamp-force Sensor Calibration on Electromechanical Brake Systems: Transactions of KSAE, 2016. Vol. 24, pp. 365-371

33. https://u.wikipedia.org/wiki/Число_Рейнольдса

34. Теплюх З.М. Гідродинамічні дросельні методи та пристрої аналізу і синтезу газових сумішей: автореф. дис. на здобут. наук. ступеня докт. техн. наук: спец. 05.11.13 «Прилади і методи контролю та визначення складу речовин» / З.М. Теплюх.- Львів, 2005.- 35 с.

35. Горяїнов О. М. Практика вантажних перевезень і логістики / О. М. Горяїнов. – Харків : Видавництво "Кортес-2001", 2008. – 323 с.

36. <https://wiki.tntu.edu.ua/%D0%A4%D0%B0%D0%B9%D0%BB:Urbee-featured.jpg>

37. Єгоров А.О. Використання деталей складних профілів для зменшення аеродинамічного опору / Єгоров А.О., Куличенко П.М., Русанов С.А., Лобов О.О. // Вісник ХНТУ 3(70), 2019. – С. 30-38.

38. Єгоров А.О. Системи активної аеродинаміки з використанням регульованих дифузорів / Єгоров А.О., Лобов О.О., Ключова О.О. // Матеріали IV Всеукраїнської науково-практичної конференції «Сучасні технології промислового комплексу», 2019, С. 256-259.

39. Mook D. Simulation of the interaction between aerodynamics and vehicle dynamics in general unsteady ground effect / Mook D., Nuhait A // Advanced Marine Vehicles Conference, Arlington, VA, U.S.A, 1989. – pp. 430-437. <https://doi.org/10.2514/6.1989-1498>

40. Katz J. Aerodynamics of Race Cars / Katz J // Annu. Rev. Fluid Mech. 2006 – 38: 27 – 63, pp. 27-65. <https://doi.org/10.1146/annurev.fluid.38.050304.092016>

41. Rose McCallen. DOE's Effort to Reduce Truck Aerodynamic Drag through Joint Experiments and Computations [Електронний ресурс] / Rose McCallen et al. – США, 2006. – Режим доступу : www1.eere.energy.gov.

42. Nielsen E., Recent improvements in aerodynamic design optimization on unstructured meshes / Nielsen E., Anderson W. // AIAA Journal, 2000. – vol. 40 (6), pp. 1155-1163.

43. <https://wiki.tntu.edu.ua/%D0%A4%D0%B0%D0%B9%D0%BB:Aerodinamika.gif>

44. Virchenko Viktor Теоретичне дослідження впливу обтічності на експлуатаційні властивості магістральних автопоїздів із встановленим рухомих даховим обтічником / Viktor Virchenko, Махум Skoryk, Anatolii Kryvorot, Oleksandr Meshko // ACADEMIC JOURNAL Industrial Machine Building, Civil Engineering. – Полтава: ПНТУ, 2018. – Т. 2 (51). – С. 187-195. – doi:<https://doi.org/10.26906/znp.2018.51.1314>.

45. Belzile Marc. Review of Aerodynamic Drag Reduction Devices for Heavy Trucks and Buses. Technical Report [Електронний ресурс] / Marc Belzile. – Канада, 2012. – Режим доступу : www.tc.gc.ca.

46. Pevitt C. A Computational Simulation of Aerodynamic Drag Reductions for Heavy Commercial Vehicles / C. Pevitt, H. Chowdury, H. Moriaand, F. Alam // 18th Australasian Fluid Mechanics Conference. –Launceston, Australia. – 3–7 December 2012. – P. 54–84.

47. Rose McCallen. DOE's Effort to Reduce Truck Aerodynamic Drag through Joint Experiments and Computations [Електронний ресурс] / Rose McCallen et al. – США, 2006. – Режим доступу : www1.eere.energy.gov.

48. Евграфов А.Н. Аэродинамика автомобиля / А. Н. Евграфов. – М. : МГИУ, 2010. – 356 с.

49. Пилипенко О. М. Моделювання аеродинаміки сидельного автопотягу / О.М. Пилипенко, О.В. Батраченко, І.М. Литовченко // Вісник Хмельницького національного університету. – Хмельницький : ХНУ, 2017. – № 2. – С. 27–34.

50. Андрейчик А. Ф. Влияние заднего спойлера полуприцепа на общее аэродинамическое сопротивление седельного автопоезда / А.Ф. Андрейчик и др. // Механика машин, механизмов и материалов. – 2014. – № 2. – С. 30–33.

51. Пилипенко О. М. Дослідження аеродинамічних властивостей задніх спойлерів сидельних автопотягів / О. М. Пилипенко, О. В. Батраченко, І. М. Литовченко // Вісник Хмельницького національного університету. – Хмельницький : ХНУ, 2017. – № 3.

52. Заявка на патент на винахід. Україна, МПК (2012) В 62В 35/00. Спосіб зменшення аеродинамічного опору вантажного автомобіля / Пилипенко О.М., Батраченко О. В. ; заявник і власник патенту Батраченко О. В.

53. Буда А.Г. Графічні моделі конструювання форм кузова автомобіля / Буда А. Г, Кужель В. П., Юров А. Р. // Сучасні технології в машинобудуванні та транспорті. Науковий журнал. – Луцьк : Луцький НТУ, 2016. – Випуск №1(5). – С. 32-37.

54. Euler [Електронний ресурс]:[Веб-сайт]. – Режим доступу <http://www.euler.u/>(дата звернення 10.09.2018) – Назва з екрана

55. Avershin A.G. Experimental study of aerodynamic characteristics of racing car/ A.G. Avershin, V.G. Solodov. // Транспорт, екологія – устойчиво развитие: XVI научно-техническая конференция с международным участием, 21–23 мая 2009 г.: – Варна, Болгария, 2009. – С. 462–469.

56. Кужель В. П. Сучасні підходи до моделювання зовнішніх форм легкового автомобіля в 3D середовищі / Буда А. Г., Кужель В. П., Юров А. Р. // Вісник Житомирського державного технологічного університету. Серія : Технічні науки. №2 (82), 2018. – С. 74 – 82.

57. Кужель В. П. Варіанти моделювання зовнішніх форм автомобіля застосуванням сучасних технологій 3D графіки / Буда А. Г, Кужель В. П., Юров А. Р. // Сучасні технології в машинобудуванні та транспорті. Науковий журнал. – Луцьк: Луцький НТУ, 2018. – Випуск №1(10). – С. 38-43.

58. Буда А. Г. Моделювання зовнішніх поверхонь легкового автомобіля в тривимірному просторі за допомогою сплайнів / Буда А. Г, Кужель В. П., Юров А. Р. // Вісник Машинобудування та транспорту. №1(7), 2018.– С. 26 – 34.

59. Бударин В.А. Аналіз прихованих властивостей системи Нав'є – Стокса // Тез. докл. 6 Мінськ. межд. форум, ИТМО. – 2008 – т.1. – С.75-76.

60. Методичні вказівки щодо розробки розділу «Охорона праці» у дипломних проектах (роботах) студентів всіх форм навчання та слухачів екстернату ЦПК та ІПО випускних курсів університету. /Укладачі: М.Д. Каслін, Л.В. Штода – Харків; ХНАДУ, 2012 – 24 с.

61. Михалевич Н.Г. Методичні вказівки до виконання дипломного проекту бакалавра за спеціальністю 133 Галузеве машинобудування Освітня програма «Автомобілебудування». Розділ дипломного проекту: «Оцінка вартості розробки». – ХНАДУ, 2019. – 23 с.

62. Електронний ресурс: <https://ua.trud.com/ua/ukrayina/salary/2/3601.html>.
Дата звернення: 01.11.2024.