

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 СТІЙКІСТЬ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ ПРОТИ ЗАНОСУ

Завідувач кафедри доктор технічних наук, проф.



В. І. Клименко

Контролер норм к.т.н., доцент.



О. О. Ярита

Керівник к. т. н., доцент



М. П. Холодов

Студент групи АА-61-23



Д. В. Кучменко

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

Кучменко Данилу Вадимовичу

- Тема роботи: дослідження факторів які впливають на стійкість транспортних засобів проти заносу
керівник проекту Холодоав Михайло Павлович, канд. техн. наук, доцент
затверджені наказом ректора ХНАДУ від “ 10 ” 10 2024 року № 136
- Строк подання студентом проекту 09 грудня 2024 року.
- Вихідні дані до проекту: Повна маса автомобіля $m_a = 1890$ кг;
Споряджена маса автомобіля $m_0 = 1320$ кг;
Максимальна швидкість $V_{max} = 300$ км/год;
Коефіцієнт опору $C_x = 0,35$
Кількість пасажирів $n = 5$ чоловік;
Коефіцієнт сумарного дорожнього опору при русі з максимальною швидкістю $\psi_v = 0,015$.
- Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): Вступ. 1 Вступ. Вибір основних параметрів автомобіля. 2 Дослідження факторів які впливають на стійкість транспортних засобів проти заносу. 3 Вплив конструктивних і експлуатаційних чинників на стійкість автомобіля проти заносу.. Висновки. Список літератури.

6. Консультанти розділів проекту

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

7. Дата видачі завдання “ 01 ” вересня 2024 р.


КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№з/п	Назва етапів дипломного проекту	Строк виконання етапів проекту	Примітка
1	Вступ. Вибір основних параметрів автомобіля	05.10.2024	
2	Дослідження факторів які впливають на стійкість транспортних засобів проти заносу	18.11.2024	
3	Вплив конструктивних і експлуатаційних чинників на стійкість автомобіля проти заносу	02.12.2024	
8	Оформлення пояснювальної записки	15.12.2024	
9	Підготовка презентації до захисту	18.12.2024	

Студент

 Кучменко Д.В.

Керівник проекту (роботи)

 Холодов М.

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота магістра містить: 86 с., 25 рис., 3 табл., 34 джерела.
КОЛІСНИЙ ТРАНСПОРТНИЙ ЗАСІБ, СТІЙКОСТІ РУХУ АВТОМОБІЛЯ,
МОДЕЛЮВАННЯ ДИНАМІКИ, БЕЗПЕКА ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ.

Об'єктом дослідження виступають Системи та методи забезпечення стійкості руху автомобілів.

Предмет дослідження – Методи моделювання, аналізу та управління стійкістю руху автомобілів за різних умов експлуатації.

Мета дослідження – аналіз сучасних підходів до оцінки стійкості руху автомобілів і розробка рекомендацій щодо підвищення їхньої ефективності в реальних умовах експлуатації.

В роботі проведено огляд сучасних підходів до оцінки та забезпечення стійкості руху автомобілів. Розглянуто кінематичні та динамічні моделі, методи активного управління стабільністю та аналізу ризиків перекидання. Значна увага приділена електронним системам стабілізації, технологіям інтегрованого управління динамікою автомобілів, а також використанню сучасних математичних моделей для оцінки стійкості. Представлений матеріал сприяє розумінню сучасних тенденцій у сфері безпеки автомобілів та розробці новітніх систем управління, що можуть ефективно застосовуватися в умовах реального дорожнього руху. Результати досліджень у цій галузі мають велике значення для забезпечення безпеки водіїв та пасажирів, а також для оптимізації роботи транспортних засобів в умовах складних дорожніх ситуацій.

ЗМІСТ

Вступ.....	7
1 Вибір основних параметрів автомобіля.....	8
1.1 Аналіз автомобілів-аналогів та вибір основних параметрів.....	8
1.2 Кінематична схема трансмісії.....	11
1.3 Вибір параметрів двигуна та побудування зовнішньої швидкісної характеристики двигуна.....	14
1.4 Визначення передавальних чисел трансмісії та побудування динамічної характеристики.....	17
1.5 Визначення показників тягово – швидкісних та паливо – економічних властивостей автомобіля.....	19
2 Дослідження факторів які впливають на стійкість транспортних засобів проти заносу.....	22
2.1 Загальні положення теорії стійкості автомобіля у історичному аспекті..	22
2.2 Вплив конструктивних та експлуатаційних факторів та їх нестабільності на стійкість руху автомобіля.....	27
3 Вплив конструктивних і експлуатаційних чинників на стійкість автомобіля проти заносу.....	31
3.1 Стійкість автомобіля при бортовій нерівномірності коефіцієнтів зчеплення коліс із дорогою.....	31
3.1.1. Динаміка ведучого моста автомобіля.....	31
3.1.2 Задньопривідний автомобіль.....	36
3.1.3 Передньопривідний автомобіль.....	40
3.1.4. Повнопривідний автомобіль.....	43
3.2 Стійкість автомобіля проти заносу при асиметричному розташуванні центру мас.....	46
3.2.1. Задньопривідний автомобіль.....	49
3.2.2. Передньопривідний автомобіль.....	51
3.2.3. Повнопривідний транспортний засіб.....	54

3.3 Стійкість автомобіля при різниці динамічних радіусів ведучих коліс різних сторін	57
3.3.1. Визначення різниці кутових швидкостей ведучих коліс автомобіля. ...	59
3.3.2. Визначення моменту повороту при відсутності тертя в диференціалі.....	64
3.3.3. Визначення крутного моменту повороту на диференціалі підвищеного тертя.	66
3.3.4. Оцінка стійкості транспортного засобу.	72
3.4 Вплив кутових і лінійних переміщень ведучих мостів на стійкість автомобіля проти заносу.....	74
3.4.1. Оцінка допустимих поперечних лінійних зміщень ведучих мостів. ...	74
Висновки.....	84
Список літератури	85

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. D. Milakis, "Long-term implications of automated vehicles: An introduction", *Transp. Rev.*, vol. 39, no. 1, pp. 1135-1145, 2019.
2. A. Taeihagh and H. S. M. Lim, "Governing autonomous vehicles: Emerging responses for safety liability privacy cybersecurity and industry risks", *Transp. Rev.*, vol. 39, no. 1, pp. 103-128, 2019.
3. J. Kong, M. Pfeiffer, G. Schildbach and F. Borrelli, "Kinematic and dynamic vehicle models for autonomous driving control design", *Proc. IEEE Intell. Veh. Symp.*, pp. 1094-1099, 2015.
4. H. Ohara and T. Murakami, "A stability control by active angle control of front-wheel in a vehicle system", *IEEE Trans. Ind. Electron.*, vol. 55, no. 3, pp. 1277-1285, Mar. 2008.
5. M. K. Aripin, Y. M. Sam, K. A. Danapalasingam, K. Peng, N. Hamzah and M. F. Ismail, "A review of active yaw control system for vehicle handling and stability enhancement", *Int. J. Veh. Technol.*, vol. 2014, pp. 1-15, 2014.
6. M. Jalali, E. Hashemi, A. Khajepour, S. Chen and B. Litkouhi, "A combine-slip predictive control of vehicle stability with experimental verification", *Vehicle Syst. Dyn.*, vol. 56, no. 2, pp. 319-340, 2018.
7. J. H. Park and C. Y. Kim, "Wheel slip control in traction control system for vehicle stability", *Vehicle Syst. Dyn.*, vol. 31, no. 4, pp. 263-278, 1999.
8. S. A. Ferguson, "The effectiveness of electronic stability control in reducing real-world crashes: A literature review", *Traffic Injury Prevention*, vol. 8, no. 4, pp. 329-338, 2007.
9. F. Wang and Y. Chen, "Vehicle rollover propensity detection based on a mass-center-position metric: A continuous and completed method", *IEEE Trans. Veh. Technol.*, vol. 68, no. 9, pp. 8652-8662, Sep. 2019.
10. D. B. Johnson and J. C. Huston, "Nonlinear lateral stability analysis of road vehicles using Lyapunov second method", *SAE Trans.*, vol. 93, pp. 798-805, 1984.
11. J. Samsundar and J. Huston, "Estimating lateral stability region of a nonlinear 2 degree-of-freedom vehicles", *SAE Trans.*, vol. 107, pp. 1791-1797, 1998.
12. S. Sadri and C. Wu, "Stability analysis of a nonlinear vehicle model in plane motion using the concept of Lyapunov exponents", *Vehicle Syst. Dyn.*, vol. 51, no. 6, pp. 906-924, 2013.
13. S. Inagaki, I. Kushiro and M. Yamamoto, "Analysis on vehicle stability in critical cornering using phase-plane method", *JSAE Rev.*, vol. 16, no. 2, pp. 287-292, 1995.
14. E. Ono, S. Hosoe, H. D. Tuan and S. Doi, "Bifurcation in vehicle dynamics and robust front wheel steering control", *IEEE Trans. Control Syst. Technol.*, vol. 6, no. 3, pp. 412-420, May 1998.
15. S. Shen, J. Wang, P. Shi and G. Premier, "Nonlinear dynamics and stability analysis of vehicle plane motions", *Vehicle Syst. Dyn.*, vol. 45, no. 1, pp. 15-35, 2007.

16. R. C. Hoffman, J. L. Stein, L. S. Louca and K. Huh, "Using the Milliken moment method and dynamic simulation to evaluate vehicle stability and controllability", *Int. J. Vehicle Des.*, vol. 48, no. 1, pp. 132-148, 2008.
17. Y. Huang, W. Liang and Y. Chen, "Stability regions of vehicle lateral dynamics: Estimation and analysis", *ASME J. Dyn. Syst. Meas. Control*, 2020, [online] Available: <https://doi.org/10.1115/1.4048932>.
18. E. Mousavinejad, Q. Han, F. Yang, Y. Zhu and L. Vlacic, "Integrated control of ground vehicles dynamics via advanced terminal sliding mode control", *Vehicle Syst. Dyn.*, vol. 55, no. 2, pp. 268-294, 2017.
19. J. He, D. Crolla, M. Levesley and W. Manning, "Coordination of active steering driveline and braking for integrated vehicle dynamics control", *J. Automobile Eng.*, vol. 220, no. 10, pp. 1401-1420, 2006.
20. C. G. Bobier and J. C. Gerdes, "Staying within the nullcline boundary for vehicle envelope control using a sliding surface", *Vehicle Syst. Dyn.*, vol. 51, no. 2, pp. 199-217, 2013.
21. C. G. Bobier, C. E. Beal, J. C. Kegelman, R.Y. Hindiyeh and J. C. Gerdes, "Vehicle control synthesis using phase portraits of planar dynamics", *Vehicle Syst. Dyn.*, vol. 57, no. 9, pp. 1318-1337, 2018.
22. S. M. Erlien, S. Fujita and J. C. Gerdes, "Shared steering control using safe envelopes for obstacles avoidance and vehicle stability", *IEEE Trans. Intell. Transp. Syst.*, vol. 17, no. 2, pp. 441-451, Feb. 2016.
23. J. Funke, M. Brown, S. M. Erlien and J. C. Gerdes, "Collision avoidance and stabilization for autonomous vehicles in emergency scenarios", *IEEE Trans. Control Syst. Technol.*, vol. 25, no. 4, pp. 1204-1216, Jul. 2017.
24. W. F. Milliken and D. L. Milliken, *Race Car Vehicle Dynamics*, 1994.
25. A. Daher, C. Bardawil and N. Daher, "Vehicle stability based on G-G diagram through braking and driveline", *Proc. Amer. Control Conf.*, pp. 309-314, 2017.
26. J. Ni, J. Hu and C. Le, "Envelope control for four-wheel independently actuated autonomous ground vehicle through AFS/DYC integrated control", *IEEE Trans. Veh. Technol.*, vol. 66, no. 11, pp. 9712-9726, Nov. 2017.
27. W. Liang, J. Medanic and R. Ruhl, "Analytical dynamic tire model", *Vehicle Syst. Dyn.*, vol. 46, no. 3, pp. 197-227, 2008.
28. S. Khaleghian, A. Emami and S. Taheri, "A technical survey on tire-road friction estimation", *Friction*, vol. 5, no. 2, pp. 123-146, 2017.
29. Y. Chen and J. Wang, "Adaptive vehicle speed control with input injections for longitudinal motion independent road frictional condition estimation", *IEEE Trans. Veh. Technol.*, vol. 60, no. 3, pp. 839-848, Mar. 2011.
30. Y. Huang and Y. Chen, "Estimation and analysis of vehicle lateral stability region with both front and rear wheel steering", *Proc. ASME Dyn. Syst. Control Conf.*, Oct. 2017, [online] Available: <https://doi.org/10.1115/DSCC2017-5154>.
31. Rasol, M., Schmidt, F., Ientile, S., Adelaide, L., Nedjar, B., Kane, M., & Chevalier, C. (2021). Progress and Monitoring Opportunities of Skid Resistance in Road

Transport: A Critical Review and Road Sensors. *Remote Sensing*, 13(18), 3729.
<https://doi.org/10.3390/rs13183729>

32. Волков В.П. Теорія експлуатаційних властивостей автомобіля: Навч. посібник. – Харків: ХНАДУ, 2003. – 306 с.

33. Волков В.П. Теорія руху автомобіля: Підручник. – Суми: «ВТК «Університетська книга», 2015. – 320 с.

34. Шуклінов С.М. Автомобіль. Теорія та експлуатаційні властивості : навч. посіб. / С.М. Шуклінов, М.М. Альокса. – Харків : ФОП Бровін О.В., 2022. – 280 с. ISBN 978-617-8009-77-9