

Міністерство освіти і науки України
Харківський національний автомобільно-дорожній університет

Автомобільний факультет

Кафедра автомобілів ім. А. Б. Гредескула

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА МАГІСТРА

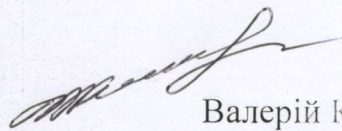
**АНАЛІЗ СУЧАСНИХ ТЕНДЕНЦІЙ РОЗВИТКУ СИСТЕМ АКТИВНОЇ БЕЗПЕКИ
ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ**

Завідувач кафедри д-р техн. наук, проф.

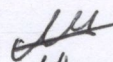
Нормоконтролер асистент

Керівник к.т.н., доцент

Здобувач гр. АА-61-24



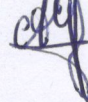
Валерій КЛИМЕНКО



Михайло ХОЛОДОВ



Анатолій УЖВА



Андрій ЧУРІЛОВ

Харків – 2025

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет автомобільний

Кафедра автомобілів ім. А.Б. Гредескула

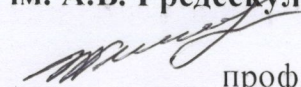
Освітній рівень магістр

Спеціальність 133 «Галузеве машинобудування»

(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

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



проф. Клименко В.І.

20 10 2025

З А В Д А Н Н Я

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ МАГІСТЕРСЬКУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧУ

Чурілову Андрію Олександровичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Аналіз сучасних тенденцій розвитку систем активної безпеки транспортних засобів.

керівник роботи: Ужва Анатолій Вікторович, к.т.н., доцент.

(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: -;

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити):

Вступ. 1. Огляд літературних джерел і сучасного стану питання; 2. Аналіз поняття, призначення та ролі активної безпеки транспортних засобів; 3. Класифікація систем активної безпеки транспортних засобів за функціональними ознаками, рівнем автоматизації, характером взаємодії з водієм та сенсорним забезпеченням; 4. Дослідження принципу дії та особливостей основних систем активної безпеки транспортних засобів; 5. Оцінка впливу систем активної безпеки на рівень безпеки дорожнього руху з використанням статистичних даних та розрахункових методів; 6. Аналіз сучасних тенденцій розвитку систем активної безпеки; Висновки. Перелік посилань.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслеників): Вступ; Активна безпека; Класифікація систем активної безпеки за функціональністю; Антиблокувальна система гальм (ABS), Система антипробуксування (TCS); Електронна система стабілізації курсової стійкості (ESP/ESC); Системи екстреного гальмування (BAS / AEB); Системи контролю та утримання смуги руху (LDW, LKA, LCA); Системи контролю «сліпих зон» (BSD / BLIS); Системи адаптивного круїз-контролю (ACC);

Системи розпізнавання дорожніх знаків (TSR); Система моніторингу стану водія (DMS); Порівняння зупиночного шляху водія та системи AEB + ABS; Вплив системи ESC на критичну швидкість проходження повороту; Оцінка потенційного зниження кількості ДТП завдяки системі DMS; Загальний вплив; Сучасні тенденції активної безпеки; Висновки.

6. Консультанти розділів проекту


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

7. Дата видачі завдання _____ 1 вересня 2025 р. _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

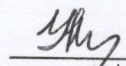
№ з/п	Назва етапів дипломної роботи	Строк виконання етапів проекту	Примітка
1	Предмет та задачі дослідження.	06.09.25	
2	Огляд літературних джерел і сучасного стану питання.	19.09.25	
3	Теоретичні основи процесу стійкого руху транспортних засобів	20.09.25	
4	Дослідження факторів, які впливають на процес руху транспортного засобу	11.10.25	
5	Дослідження конструктивних та функціональних особливостей сучасних систем та засобів забезпечення безпеки і стійкості руху транспортних засобів	21.11.25	
6	Аналіз безпеки життєдіяльності під час виробництва продукції.	25.11.25	
7	Оцінка економічної ефективності розробки. Оформлення пояснювальної записки.	28.11.25	
8	Підготовка презентації до захисту.	05.12.25	

Здобувач


(підпис)

Андрій ЧУРІЛОВ
(ім'я та прізвище)

Керівник проекту (роботи)


(підпис)

Анатолій Ужва
(ім'я та прізвище)

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота магістра містить: 78 с., 12 рис., 4 табл., 26 джерел.

АКТИВНА БЕЗПЕКА, ДОРОЖНЬО-ТРАНСПОРТНІ ПРИГОДИ, ADAS, СЕНСОРНІ СИСТЕМИ, СТІЙКІСТЬ РУХУ, КЕРОВАНІСТЬ, ЛЮДСЬКИЙ ФАКТОР.

Метою магістерської роботи є аналіз сучасних тенденцій розвитку систем активної безпеки транспортних засобів, дослідження їх класифікації, принципів функціонування та сенсорного забезпечення, а також оцінка впливу активних систем безпеки на зниження аварійності й підвищення рівня безпеки дорожнього руху.

Об'єкт дослідження – процес забезпечення безпеки руху транспортних засобів у динамічному дорожньому середовищі.

Предмет дослідження – системи активної безпеки транспортних засобів, їх функціональні та алгоритмічні особливості, а також вплив на стійкість руху, керованість і ймовірність виникнення дорожньо-транспортних пригод.

У роботі виконано аналіз принципів роботи основних систем активної безпеки, зокрема ABS, ESC, AEB, LKA, ACC, BSD та DMS, а також розглянуто їх роль у складі інтегрованих систем допомоги водієві (ADAS). Проведено інженерні розрахунки зупиночного шляху та оцінку курсової стійкості автомобіля, що дозволило кількісно визначити ефективність окремих систем активної безпеки.

Окрему увагу приділено аналізу впливу людського фактора на аварійність та оцінці потенціалу систем моніторингу стану водія. На основі статистичних даних дорожньо-транспортних пригод в Україні виконано сценарну оцінку можливого зниження аварійності при впровадженні комплексу активних систем безпеки. Крім того, застосовано метод аналізу ієрархій для порівняльної оцінки рівня активної безпеки сучасних моделей автомобілів.

Результати магістерської роботи можуть бути використані при аналізі та проєктуванні систем активної безпеки легкових автомобілів, оцінці ефективності ADAS-рішень, а також у навчальному процесі за спеціальністю «Автомобілебудування».

ЗМІСТ

Вступ.....	5
1. Поняття та роль активної безпеки транспортних засобів... ..	9
2. Класифікація систем активної безпеки транспортних засобів... ..	14
2.1. Функціональна класифікація... ..	14
2.2. Класифікація за рівнем автоматизації (SAE International).	15
2.3. Класифікація за характером взаємодії з водієм.....	15
2.4. Класифікація за сенсорним забезпеченням	16
3. Основні системи активної безпеки транспортних засобів.	18
3.1. Антиблокувальна система гальм (ABS).....	18
3.2. Система антипробуксування (TCS).....	20
3.3. Електронна система стабілізації курсової стійкості (ESP/ESC)	23
3.4. Системи екстреного гальмування (BAS/AEB)	25
3.5. Системи контролю та утримання смуги руху (LDW, LKA, LCA)	30
3.6. Системи контролю «сліпих зон» (BSD / BLIS)	36
3.7. Системи адаптивного круїз-контролю (ACC)	39
3.8. Системи розпізнавання дорожніх знаків (TSR).....	41
3.9. Система моніторингу стану водія (DMS).	45
4. Вплив систем активної безпеки на безпеку руху... ..	50
4.1. Статистичний вплив систем активної безпеки	50
4.2. Порівняння зупиночного шляху водія та системи AEB + ABS ...	52
4.3. Вплив системи ESC на критичну швидкість проходження. повороту	58
4.4. Оцінка потенційного зниження кількості ДТП завдяки системі DMS	62
4.5. Сценарна оцінка потенційного зниження ДТП завдяки комплексу систем активної безпеки	65

5. Сучасні тенденції розвитку систем активної безпеки... ..	71
5.1. Інтелектуальні системи допомоги водію (ADAS)	71
5.2. Інтеграція штучного інтелекту у системи активної безпеки транспортних засобів.....	72
5.3. Мережеві технології та концепція V2X.....	72
5.4. Автономне керування як результат еволюції систем активної безпеки	73
Висновки	74
Використані джерела.....	76

ВИСНОВКИ

У магістерській роботі виконано комплексний аналіз сучасних тенденцій розвитку систем активної безпеки транспортних засобів, що дозволило системно оцінити їх роль у підвищенні безпеки дорожнього руху та зниженні аварійності. У ході дослідження підтверджено, що активна безпека є ключовим напрямом розвитку сучасного автомобілебудування та основою реалізації міжнародних стратегій зі зменшення кількості дорожньо-транспортних пригод і їх наслідків.

У роботі систематизовано еволюцію систем активної безпеки — від окремих механічних та електронних рішень до інтегрованих інтелектуальних комплексів ADAS. Показано, що сучасний автомобіль перетворюється на кіберфізичну систему, здатну не лише реагувати на небезпеку, а й прогнозувати розвиток дорожньої ситуації та автономно втручатися в керування.

Детальний аналіз принципів роботи ключових систем (ABS, TCS, ESC, АЕВ, LKA/LCA, BSD, ACC, TSR, DMS) дозволив встановити їх функціональне призначення, механізми взаємодії з іншими підсистемами автомобіля та внесок у загальну архітектуру активної безпеки. Доведено, що найбільший ефект досягається не окремими системами, а їх комплексним використанням у складі ADAS.

На основі статистичних даних міжнародних організацій та виконаних інженерних розрахунків підтверджено практичну ефективність активних систем безпеки. Розрахунок зупиночного шляху показав, що поєднання АЕВ та ABS дозволяє суттєво скоротити повну зону ризику за рахунок мінімізації часу реакції, а аналіз роботи ESC довів зростання запасу курсової стійкості автомобіля навіть без зміни фізичного коефіцієнта зчеплення. Оцінка ефективності DMS засвідчила її значний потенціал у зниженні аварій, пов'язаних з людським фактором.

Сценарна оцінка для умов України показала, що масове впровадження комплексу систем ESC, АЕВ, LKA та DMS потенційно здатне запобігти до 33 %

дорожньо-транспортних пригод у «наївному» сценарії, а з урахуванням перетину факторів — забезпечити реалістичне зниження загальної аварійності на рівні 20–25 %. Це свідчить про значний соціальний та економічний ефект активної безпеки та доцільність її широкого впровадження.

Узагальнюючи результати дослідження, можна зробити висновок, що системи активної безпеки є не лише важливим елементом конструкції сучасного автомобіля, а й базою для подальшого розвитку автономного транспорту. Їх удосконалення, інтеграція штучного інтелекту та мережевих технологій V2X визначатимуть рівень безпеки дорожнього руху в найближчі десятиліття та формуватимуть нову парадигму автомобільної інженерії, орієнтовану на превентивну безпеку і збереження життя.

ВИКОРИСТАНІ ДЖЕРЕЛА

1. Ahangarnejad A. H., Radmehr A., Ahmadian M. A review of vehicle active safety control methods: From antilock brakes to semiautonomy // *Journal of Vibration and Control*. – 2021. – Т. 27, № 13–14. – С. 1683–1712.
2. Кашканов А. А., Грисюк О. Г., Гуменюк І. І. Безпека дорожнього руху : навч. посіб. – Вінниця : ВНТУ, 2017. – 90 с.
3. Zack S., Shadbolt K., Brown S. *Advanced Driver Assistance Systems (ADAS)*. – Tinley Park : Goodheart-Willcox, 2024. – 250 с.
4. SAE International. *SAE J3016: Taxonomy and Definitions for Terms Related to Driving Automation Systems*. – Warrendale, PA: SAE, 2021. – 41 p.
5. Liebherr M., Staab V., de Waard D. Classification of advanced driver assistance systems according to their impact on mental workload // *Theoretical Issues in Ergonomics Science*. – 2025. – Т. 26, № 3. – С. 332–348.
6. CIECA. *Guidelines for the Conduction of Practical Tests in Vehicles with ADAS*. – Brussels : CIECA, 2025. – 31 с.
7. Winner H., Hakuli S., Lotz F., Singer C. (Eds.). *Handbook of Driver Assistance Systems: Basic Information, Components and Systems for Active Safety and Comfort*. – Cham : Springer, 2016. – 1602 с.
8. Schöneburg R. (Ed.). *Integral Vehicle Safety: Biomechanics – Accident Prevention – Occupant Protection – Sensors – Vehicle Safety in the Development Process*. – Wiesbaden : Springer Vieweg, 2026. – 636 с.
9. Joseph L., Mondal A. K. (Eds.). *Autonomous Driving and Advanced Driver-Assistance Systems (ADAS): Applications, Development, Legal Issues, and Testing*. – Boca Raton : CRC Press, 2022. – 540 с.
10. National Highway Traffic Safety Administration (NHTSA). *The Long-Term Effect of ABS in Passenger Cars and LTVs : Technical Report*. – Washington, DC : NHTSA, 2009. – 120 с.

11. National Highway Traffic Safety Administration (NHTSA). Statistical Analysis of the Effectiveness of Electronic Stability Control (ESC) Systems : Final Report. – Washington, DC : NHTSA, 2007. – 150 с.
12. MITRE Corporation. A Study on Real-world Effectiveness of Model Year 2015–2023 Advanced Driver Assistance Systems. – McLean, Virginia : MITRE, 2024. – 85 с.
13. AAA Foundation for Traffic Safety. Potential Reduction in Crashes, Injuries and Deaths from Large-Scale Deployment of Advanced Driver Assistance Systems. – Washington, DC : AAA Foundation, 2018. – 92 с.
14. Traffic Injury Prevention Journal. The Effectiveness of Lane Departure Warning Systems – A Reduction in Real-World Passenger Car Injury Crashes // Traffic Injury Prevention. – 2017. – Vol. 18, № 8. – С. 927–936.
15. Insurance Institute for Highway Safety (IIHS). Effects of Blind Spot Monitoring Systems on Police-Reported Lane-Change Crashes. – Arlington, VA : IIHS, 2018. – 32 с.
16. Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour. Risk Compensation and ADAS Use // Transportation Research Part F. – 2022. – Vol. 89. – С. 263–275.
17. Insurance Institute for Highway Safety (IIHS). Subaru Owners See Value in Driver Attention System. – Arlington, VA : IIHS, 2025. – 14 с.
18. AAA Foundation for Traffic Safety. Potential reduction in crashes, injuries and deaths from large-scale deployment of advanced driver assistance systems. – Вашингтон: AAA, 2020. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://aaafoundation.org/benefits-of-adidas/>
19. World Health Organization. Global status report on road safety 2018. – Женева: ВООЗ, 2018.[Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://www.who.int/publications/i/item/9789241565684>
20. **Dong, Y., Hu, Z., Uchimura, K., & Murayama, N.** Driver Inattention Monitoring System for Intelligent Vehicles: A Review / *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, **2011**. –Режим доступа:

https://www.researchgate.net/publication/220109129_Driver_Inattention_Monitoring_System_for_Intelligent_Vehicles_A_Review

21. **Forest Industry Safety Accord.** Driver fatigue: Safety Bulletin / UK FISA, **10 Oct. 2023** [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://ukfisa.com/News-Events/News/driver-fatigue>
22. **Конобєєва, О., Масна, О.** Рекордна кількість ДТП: 2024 рік показав значне погіршення ситуації з безпекою мотоциклістів / *Ресурсний центр ГУРТ*, **01.03.2025** [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://gurt.org.ua/articles/106165/>
23. Costa, M. et al. Evaluating the global safety impact of ADAS deployment: a research review. – ResearchGate, 2025. [Електронний ресурс] – Режим доступу: https://www.researchgate.net/publication/ADAS_global_impact_review_2025
24. European Road Safety Observatory (ERSO). Effectiveness of Intelligent Speed Assistance systems. – Європейська Комісія, 2018. [Електронний ресурс] – Режим доступу: https://road-safety.transport.ec.europa.eu/statistics-and-analysis/european-road-safety-observatory-erso_en
25. Eboli, L., Forciniti, C., Mazzulla, G. The impact of ADAS on safety and driving confidence in elderly drivers. – Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour. – Т. 93. – 2024. – С. 1–11. [Електронний ресурс] – Режим доступу: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1369847824000011>
26. U.S. Department of Transportation. U.S. DOT Advances Deployment Of Connected Vehicle Technology To Prevent Hundreds Of Thousands Of Crashes [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://www.transportation.gov/briefing-room/us-dot-advances-deployment-connected-vehicle-technology-prevent-hundreds-thousands>