

Міністерство освіти і науки України
Харківський національний автомобільно-дорожній університет
Автомобільний факультет
Кафедра автомобілів ім. А.Б. Гредескула

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА МАГІСТРА

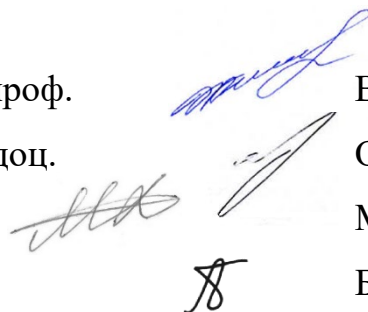
Аналіз гідромеханічної та роботизованої автоматичної трансмісії
з точки зору енергоефективності

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

Нормоконтролер, канд. техн. наук, доц.

Керівник, канд. техн. наук, доц.

Здобувач гр. АА-61-24

Three handwritten signatures in blue ink are positioned between the text of the signatories. The top signature is the most prominent, followed by a second signature below it, and a third, smaller signature at the bottom.

Валерій КЛИМЕНКО

Олександр ЯРИТА

Михайло ХОЛОДОВ

Богдан АРШИННІКОВ

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

Аршинніков Богдан Вячеславович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту Аналіз гідромеханічної та роботизованої автоматичної трансмісії з точки зору енергоефективності

керівник проекту Холодов Михайло Павлович, канд, техн. наук, доцент.

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

затверджені наказом ректора ХНАДУ від “08.10.” 2025 року №155

2. Строк подання студентом проекту 11 грудня 2025 року

3. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): Вступ. 1 Загальний огляд гідромеханічної і роботизованої автоматичних трансмісій легкових автомобілів; 2 Енергоефективність гідромеханічної і роботизованої автоматичних трансмісій. Основні положення; 3 Параметричне порівняння гідромеханічної і роботизованої автоматичних трансмісій; 4 Аналіз та порівняння енергоефективності коробок передач Toyota AISIN та VW DSG; Висновки. Перелік посилань. Додатки.

4. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслеників): - .

5. Консультанти розділів роботи

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

6. Дата видачі завдання 1 вересня 2025р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломної роботи	Строк виконання етапів проекту	Примітка
1	Вступ. Загальний огляд гідромеханічної та роботизованої автоматичних трансмісій.	15.09.25	
2	Енергоефективність гідромеханічної і роботизованої трансмісій. Основні положення.	09.10.25	
3	Параметричне порівняння гідромеханічної і роботизованої автоматичних трансмісій.	25.10.25	
4	Аналіз та порівняння енергоефективності на прикладі моделей Toyota AISIN та VW DSG.	20.11.25	
5	Висновки. Перелік посилань. Додатки.	01.12.25	
6	Оформлення пояснювальної записки.	05.12.25	
7	Підготовка презентації до захисту.	10.12.25	

Студент


(підпис)

Аршинніков Б.В.
(прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи)


(підпис)

Холодов М.П.
(прізвище та ініціали)

ЗМІСТ

Вступ.....	7
1 Загальний огляд гідромеханічної і роботизованої автоматичних трансмісій легкових автомобілів.....	9
1.1 Огляд гідромеханічної автоматичної коробки передач.....	9
1.1.1 Визначення і призначення.....	9
1.1.2 Історична довідка	10
1.1.3 Загальна будова	11
1.1.4 Основні компоненти та їх призначення	13
1.1.5 Принцип роботи	16
1.1.6 Основні переваги і недоліки	18
1.1.7 Сучасні тенденції і напрямки покращення.....	19
1.1.8 Сфери застосування.....	10
1.1.9 Висновок.....	10
1.2 Огляд роботизованої автоматичної коробки передач.....	21
1.2.1 Історична довідка.....	22
1.2.2 Загальна будова.....	23
1.2.3 Основні компоненти та їх конструкція	24
1.2.4 Принцип роботи.....	25
1.2.5 Основні переваги і недоліки.....	26
1.2.6 Сучасні тенденції вдосконалення	27
1.2.7 Сфери застосування.....	28
1.2.8 Висновок.....	29
2 Енергоефективність гідромеханічної і роботизованої автоматичних трансмісій. Основні положення.....	30
2.1 Енергоефективність гідромеханічної автоматичної трансмісії.....	30
2.2 Енергоефективність роботизованої автоматичної трансмісії.....	33
3 Параметричне порівняння гідромеханічної і роботизованої автоматичних трансмісій...38	
3.1 Коефіцієнт корисної дії.....	40

	6
3.2 Втрати потужності.....	43
3.3 Динаміка перемикання.....	46
3.4 Витрата пального.....	48
3.5 Вартість обслуговування.....	50
3.6 Маса і габарити.....	52
3.7 Висновки з розділу.....	54
4 Аналіз та порівняння енергоефективності коробок передач Toyota AISIN та VW DSG.....	56
4.1 Принципи функціонування та конструктивні особливості трансмісій.....	57
4.1.1 Архітектура гідромеханічної трансмісії (Aisin 8-ст. AWF8F35/UB80E).....	57
4.1.2 Архітектура роботизованої трансмісії з подвійним зчепленням (VW DSG) ..	59
4.2 Декомпозиція та аналіз джерел енергетичних втрат.....	62
4.2.1 Класифікація втрат в НМТ (Aisin)	62
4.2.2 Класифікація втрат в DCT (DSG)	63
4.3 Порівняльний аналіз ефективності на основі емпіричних даних та симуляцій.....	65
4.3.1 Аналіз карт ефективності та втрат крутного моменту.....	65
4.3.2 Вплив на паливну економічність у стандартизованих їздових циклах.....	66
4.4 Висновки з розділу.....	68
Висновки.....	70
Перелік посилань.....	73
Додаток А. Презентаційний матеріал.....	75

ВИСНОВКИ

У результаті виконання роботи проведено комплексний порівняльний аналіз гідромеханічних та роботизованих автоматичних трансмісій, що дозволив систематизувати їхні переваги та недоліки в контексті енергоефективності, конструктивних особливостей та експлуатаційних характеристик. Дослідження підтвердило, що з погляду суто механічного коефіцієнта корисної дії та мінімізації паразитних втрат роботизовані трансмісії, особливо з сухим подвійним зчепленням, мають беззаперечну перевагу над класичними гідромеханічними автоматами, проте розрив у показниках ефективності між сучасними багатоступеневими гідроавтоматами та роботизованими коробками з мокрим зчепленням суттєво скоротився і становить у змішаному циклі лише близько 2% на користь останніх.

Встановлено, що роботизовані трансмісії з подвійним зчепленням (DCT) є найбільш технологічно досконалим рішенням для забезпечення паливної економічності без втрати динаміки розгону. У цій категорії абсолютним лідером енергоефективності є трансмісії з сухим зчепленням (типу VW DQ200), оскільки у них повністю відсутні гідравлічні втрати на перемішування оливи та енерговитрати на привід потужних насосів охолодження. Завдяки цьому їхній ККД наближається до показників механічних коробок передач і сягає понад 96%. Однак застосування таких агрегатів обмежене двигунами з крутним моментом до 250 Нм. Роботизовані трансмісії з мокрим зчепленням (типу VW DQ250), хоч і здатні передавати значно вищий крутний момент та забезпечувати стабільність температурного режиму, характеризуються помітними паразитними втратами в міських умовах експлуатації через опір рідини, що нівелює частину їхніх переваг. Автоматизовані механічні трансмісії з одним зчепленням (АМТ) залишаються найбільш економічним та легким варіантом, проте через розрив потоку потужності та низький комфорт перемикання вони поступово витісняються з ринку пасажирських авто, залишаючись нішевим продуктом.

Стосовно гідромеханічних трансмісій (ГМТ) аналіз показав, що сучасні 8- та

10-ступеневі агрегати (на прикладі Aisin) позбулися більшості історичних недоліків. Завдяки впровадженню агресивних алгоритмів блокування гідротрансформатора на всіх передачах, оптимізації кінематичних схем та використанню олив зі зниженою в'язкістю, вони забезпечують високий рівень паливної ефективності, зберігаючи при цьому недосягну для «роботів» плавність ходу та надійність при старті з місця. Головним джерелом втрат у них залишається насос, що підтримує тиск у гідросистемі, та гідродинамічні втрати в моменти розблокування трансформатора.

На основі проведеного дослідження сформульовано висновки щодо доцільності застосування розглянутих типів трансмісій для різних видів транспортних засобів. Для легкових автомобілів малого та середнього класу з двигунами невеликої потужності, що експлуатуються переважно в місті та на трасі в спокійному режимі, найбільш ефективним рішенням є роботизована трансмісія з сухим подвійним зчепленням, яка забезпечує максимальну економію пального. Для легкових автомобілів преміум-класу, кросоверів та позашляховиків, де пріоритетом є комфорт, надійність та передача високого крутного моменту, оптимальним вибором залишається сучасна багатоступенева гідромеханічна трансмісія. Для спортивних версій авто краще підходить «мокрый робот», який забезпечує найкращу динаміку перемикавання. Для вантажних автомобілів та комерційного транспорту, що здійснюють магістральні перевезення, найбільш доцільним є використання автоматизованих механічних трансмісій, оскільки вони мінімізують витрату палива на довгих дистанціях. Водночас для будівельної техніки, міських автобусів та вантажівок, що працюють у важких умовах з частими зупинками, більш ефективною та надійною є гідромеханічна трансмісія, яка завдяки гідротрансформатору збільшує крутний момент при рушанні та захищає двигун від перевантажень. Для гібридних автомобілів найбільш перспективним є використання роботизованих трансмісій (DCT), оскільки їхня конструкція дозволяє легко інтегрувати електродвигун між ДВЗ та коробкою передач або на один із валів, використовуючи електротягу для згладжування моментів перемикавання та рекуперації енергії, що створює синергетичний ефект для загальної енергоефективності.

Практичні рекомендації, що впливають з роботи, зводяться до наступного. При виборі автомобіля для переважно міської експлуатації в заторах доцільно надавати перевагу гідромеханічним автоматам, оскільки роботизовані коробки (особливо сухі) в таких режимах піддаються підвищеному зносу зчеплення та перегріву мехатроніка. Для змішаного циклу та трасового режиму, де важлива економія пального, пріоритетним вибором є DCT. Власникам автомобілів з роботизованими коробками передач з «мокрим» зчепленням рекомендується суворо дотримуватися скорочених інтервалів заміни оливи (кожні 40-60 тис. км), оскільки продукти зносу фрикціонів безпосередньо впливають на ресурс дороговартісного мехатроніка. Інженерам та розробникам трансмісій рекомендується зосередити зусилля на подальшому зниженні паразитних втрат у «мокрих» DCT шляхом впровадження систем мащення на вимогу та розділення контурів охолодження і керування, а в сегменті ГМТ – на подальшому розширенні діапазону передавальних чисел та інтеграції з м'якими гібридними системами для повної компенсації насосних втрат.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. advanceadapters.com (дата звернення: 14.09.2025)
2. <https://green-way.com.ua> (дата звернення: 15.09.2025)
3. man-westtrucks.com (дата звернення: 15.09.2025)
4. hydromechanical.com (дата звернення: 15.09.2025)
5. <https://www.media.stellantis.com/em-en/alfa-romeo/press/> (дата звернення: 23.09.2025)
6. <https://www.autocentre.ua/> (дата звернення: 23.09.2025)
7. <https://avtoad.com.ua/en/base/mechanical-gearbox-robotic-checkpoint> (дата звернення: 24.09.2025)
8. <https://www.marketgrowthreports.com> (дата звернення: 25.09.2025)
9. <https://mrdriver.ua/> (дата звернення: 17.09.2025)
10. Stepanov I., Mokhov Y. Improving energy performance of hydraulic torque converters. *Journal of Physics: Conference Series* 1546 (2020) 012124
11. Vacca F., De Pinto S., Hartavi Karci A.E., et al. On the Energy Efficiency of Dual Clutch Transmissions and Automated Manual Transmissions. *Energies*, 2017;10(10):1562
12. Liu, Z., et al. (2024). Energy loss and efficiency investigations of a dual clutch transmission based on adaptive experiment and analytical simulation.
13. Sun, Z., (2021). Power Loss Evaluation of Automated Manual Transmission.
14. Moskalik, A., Stuhldreher, M., & Kargul, J. (2020). Benchmarking a 2018 Toyota Camry UB80E eight-speed automatic transmission (SAE Technical Paper No. 2020-01-1286). U.S. Environmental Protection Agency.
15. Evosoft.dk. (n.d.). 6-Speed / DSG — diagrams [PDF].
16. Volkswagen Group of America, LLC. (2010). Service Training — The 8-Speed Automatic Transmission 0C8: Design and Function (Self-Study Program). (Printed 08/2010). Available via Scribd.
17. Volkswagen Clarksburg. (n.d.). DSG vs. Traditional Automatic: What Every Volkswagen Owner Needs to Know.

18. Vacca, F., De Pinto, S., Hartavi Karci, A. E., Gruber, P., Viotto, F., Cavallino, C., Rossi, J., & Sorniotti, A. (2017). On the Energy Efficiency of Dual Clutch Transmissions and Automated Manual Transmissions. *Energies*, 10(10), 1562.
19. Kluger, M., & Greenbaum, J. J. (1993). Automatic transmission efficiency characteristics and gearbox torque loss data regression techniques (SAE Technical Paper No. 930907). SAE International.
20. Andersson, M. (2014). Churning losses and efficiency in gearboxes (Licentiate thesis, KTH Royal Institute of Technology, TRITA-MMK 2014:11).
21. Volkswagen Group of America, LLC. (2019). Self Study Program 850193: The 8-Speed Automatic Transmission 09P – Design and Function (VW Course No. 850193) [PDF]. NHTSA.
22. Moawad, A., & Rousseau, A. (2014). Impact of Transmission Technologies on Fuel Efficiency to Support 2017-2025 CAFE Regulations (SAE Technical Paper No. 2014-01-1082). Argonne National Laboratory / SAE.
23. Team TREMEC. (2020, April 28). The differences between a DCT and a traditional automatic transmission. TREMEC Blog.
24. SGCarMart. (n.d.). Different types of automatic transmission explained – CVT, DCT & AMT. SGCarMart.
25. ZF Friedrichshafen AG. (n.d.). Products – Cars (product page). ZF.
26. MILTA Technology. (2021, July 16). Most important differences between the wet and dry clutch. MILTA.
27. Actronics Ltd. (n.d.). How does a DSG gearbox operate and what are the differences between a DSG6 and DSG7. Actronics.
28. Audi Jacksonville. (n.d.). Audi fuel-efficiency tips – Jacksonville drivers. Audi Jacksonville.
29. Kia Motors Corporation. (n.d.). Owner's Manual – Chapter 5.6.2 (online). Kia Owners Manual.
30. Kim, J. (2013). Advanced transmission impact on fuel displacement [Conference paper / PDF]. U.S. Department of Energy.
31. BusinessCar. (n.d.). Final report: Volkswagen Passat long-term test. BusinessCar.