

Міністерство освіти і науки України

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

Автомобільний факультет

Кафедра автомобілів ім. А. Б. Гредескула

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

бакалавра

А.АВТ-АА-36т1-22.4101.1700.000 ПЗ

ТРАНСПОРТНИЙ ЗАСІБ КАТЕГОРІЇ M_1 . РОЗРОБКА КОРОБКИ ПЕРЕДАЧ ТА
АНАЛІЗ ПАЛИВНОЇ ЕКОНОМІЧНОСТІ ТРАНСПОРТНИХ ЗАСОБІВ У
МІСЬКОМУ ЦИКЛІ.

Завідувач кафедри д-р техн. наук, проф.

Нормоконтролер канд. техн. наук, доц.

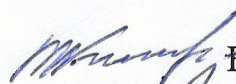
Керівник канд. техн. наук, доц.

Консультант канд. техн. наук, доц.

Консультант канд. техн. наук, проф.

Консультант д-р техн. наук, проф.

Здобувач гр. АА-36т1-22



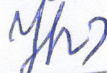
Валерій КЛИМЕНКО



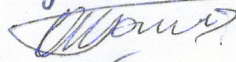
Олександр ЯРИТА



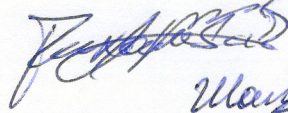
Михайло ХОЛОДОВ



Юрій ДУДУКАЛОВ



Олег БОГАТОВ



Микола МИХАЛЕВИЧ



Єгор ШАПОРОВ

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет автомобільний

Кафедра автомобілів ім. А.Б. Гредескула

Освітньо-кваліфікаційний рівень бакалавр

Галузь знань 27 «Транспорт»

(шифр і назва)

Спеціальність 133 «Галузеве машинобудування»

(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри автомобілів,

ім. А.Б. Гредескула

проф. Клименко В.І.

“ _____ ” _____ 2025 рік

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ БАКАЛАВРА СТУДЕНТУ

Шапореву Єгору Сергійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема: «Транспортний засіб категорії M_1 . Розробка коробки передач та аналіз паливної економічності транспортних засобів у міському циклі.»

керівник роботи Савченко Євген Лукіч, асистент.

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

затверджені наказом ректора ХНАДУ від “ 24 ” 03 2025 року № 53

2. Строк подання студентом роботи 01 червня 2025 року

3. Вихідні дані до проекту:

– Тип автомобіля – Транспортний засіб категорії M_1 ;

– Кількість пасажирів $n = 4$;

– Максимальна швидкість $v_{\max} = 182$ км/год;

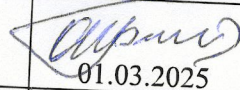
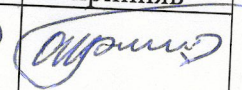
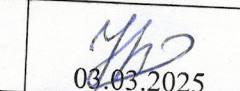

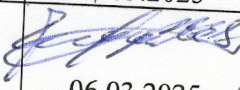
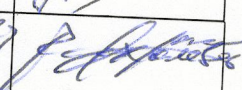
– Максимальний коефіцієнт сумарного дорожнього опору, який може здолати автомобілем на першій передачі $\psi_{\max} = 0,42$;

– Максимальний коефіцієнт сумарного дорожнього опору, який може здолати проектованим автомобілем при русі з максимальною швидкістю $\psi_v = 0,018$.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): Вступ. 1. Аналіз та обґрунтування параметрів автомобіля 2 . Тяговий розрахунок автомобіля 3 Визначення навантажувальних режимів для розрахунку на міцність і довговічність деталей і вузлів автомобіля 4 Розробка коробки передач. 5 Аналіз паливної економічності транспортних засобів у міському циклі. 6. Проектування технологічних процесів виробництва муфти синхронізатора 7 Аналіз безпеки життєдіяльності людини на виробництві. 8. Вартість розробки коробки передач. Висновки. Список літератури. Додатки. 5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслеників):

Транспортний засіб категорії М 1 (ф. А1); Кінематична схема трансмісії(ф. А1); Аналіз тягово-швидкісних властивостей автомобіля(ф. А1) . Коробка передача (складальне креслення) (ф. А1); Робочий кресленик: муфта синхронізатора, шестерня першої передачі, блокуюче кільце синхронізатора (ф. А4); Проектування технологічних процесів виробництва муфти синхронізатора (ф. А1).

6. Консультанти розділів проекту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці	Богатов О.І., доц.	 01.03.2025	
Технологічна частина	Дудукалов Ю.В., доц..	 03.03.2025	
Економіка	Михалевич М.Г., проф.	 06.03.2025	

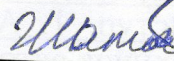
7. Дата видачі завдання 15 лютого 2025 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

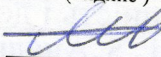
№ з/п	Назва етапів дипломного проекту	Строк виконання етапів проекту	Примітка
1	Вибір основних параметрів автомобіля.	01.03. 2025	
2	Визначення навантажувальних режимів трансмісії та ходової частини.	29.03. 2025	
3	Розрахунок каданної передачі.	07.04. 2025	
4	Аналіз взаємодії колеса з опорною поверхнею.	05.05. 2025	
5	Проектування технологічних процесів виробництва корпусу голчастого підшипника	12.05. 2025	
6	Вартість розробки карданної передачі	15.05. 2025	
7	Аналіз безпеки життєдіяльності людини на виробництві	22.05. 2025	
8	Оформлення пояснювальної записки.	25.05.2025	
9	Підготовка презентації до захисту.	01.06. 2025	

Студент

Керівник проекту (роботи)


(підпис)

Ігор ШАПОРЕВ
(прізвище та ініціали)


(підпис)

Михайло ХОЛОДОВ
(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота містить: 122 с., 5 рис., 18 табл., 10 джерел, 6 додатків.
ТРАНСПОРТНИЙ ЗАСІБ, ТРАНСМІСІЯ, КОРОБКА ПЕРЕДАЧ, КРУТНИЙ
МОМЕНТ, ПАЛИВНА ЕКОНОМІЧНІСТЬ.

Об'єкт дослідження – транспортний засіб категорії М1.

Мета роботи – розробка коробки передач транспортного засобу категорії М1.

У процесі виконання роботи було здійснено аналіз конструкцій транспортних категорії М1. Особлива увага приділялася конструкції коробок передач та аналізу паливної економічності транспортних засобів у міському циклі. Проаналізувавши переваги та недоліки існуючих конструкцій, була розроблена коробка передач транспортного засобу категорії М1, яка відповідає всім вимогам, має високі технологічні і експлуатаційні показники.

Результати кваліфікаційної роботи можуть бути використані при проектуванні трансмісій для транспортних засобів категорії М1 або модернізації вже існуючих.

ЗМІСТ

Вступ.....	7
1 Вибір, обґрунтування і розрахунок параметрів проектного автомобіля	8
1.1 Аналіз параметрів автомобілів-аналогів	8
1.2 Вибір і обґрунтування габаритно-вагових параметрів автомобіля.....	10
1.3 Опис кінематичної схеми автомобіля.....	11
2 Аналіз тягово-швидкісних характеристик проектного автомобіля.....	13
2.1 Розрахунок максимальної потужності двигуна	13
2.2 Побудова зовнішньої швидкісної характеристики двигуна (ЗШХД).....	14
2.3 Визначення передавальних чисел трансмісії	16
2.4 Тяговий розрахунок	17
2.5 Оцінка показників розгону автомобіля	19
2.6 Розрахунок потужностного балансу автомобіля	22
2.7 Аналіз тягово-швидкісних характеристик автомобіля.....	23
3 Визначення навантажувальних режимів ходової частини автомобіля.....	25
3.1 Визначення навантажувальних режимів трансмісії при розрахунку на міцність	25
4 Розрахунок коробки передач.....	28
4.1 Опис обраної конструкції вузла.....	28
4.2 Вибір основних параметрів коробки передач	28
4.3 Розрахунок елементів коробки передач на міцність і довговічність	37
4.4 Розрахунок валів на статичну міцність і жорсткість	42
4.4.1 Розрахунок валів на статичну міцність.....	42
4.5 Вибір підшипників.....	48
4.6 Розрахунок синхронізаторів	52
5 Аналіз паливної економічності транспортних засобів у міському циклі ...	56
5.1 Теоретичні основи паливної економічності та міського циклу	56
5.2 Сучасний стан паливної ефективності легкових автомобілів.....	58
5.3 Показники витрати пального в міському циклі (2019–2023)	61

5.4 Порівняльний аналіз ефективності бензинових, дизельних, гібридних та електричних авто	63
6 Розробка технологічного процесу виготовлення муфти синхронізатора	68
6.1 Технологічна підготовка виробництва коробки передач транспортного засобу категорії М1	68
6.1.1 Опис деталі.....	72
6.2 Розробка технологічного процесу.....	69
6.2.1 Вибір типу виробництва	70
6.3 Розрахунок режимів різання.....	72
6.4 Розрахунок норми часу	72
7 Охорона праці	73
7.1 Охорона праці при експлуатації транспортного засобу категорії М1	73
7.1.1 Виробнича санітарія	73
7.1.2 Загальні вимоги до плавності ходу автомобіля	74
7.1.3 Техніка безпеки.....	75
7.1.4 Пожежна безпека.....	76
7.2 Охорона навколишнього середовища	77
7.3 Розрахунок транспортного засобу на ковзання і перекидання в повороті без поперечного ухилу	80
7.4 Розрахунок повітрообміну	82
8 Розрахунок вартості розробки коробки передач.....	82
8.1 Загальні положення.....	82
8.2 Норми часу	83
Висновки	88
Додаток А Кінематична схема трансмісії автомобіля	92
Додаток Б Графіки до тягово-швидкісного аналізу автомобіля	93
Додаток В Навантажувальні режими трансмісії та ходової частини.....	101
Додаток Г Розрахунок режимів різання, норм часу та програми для верстата ЧПК 110	
Додаток Д Специфікація складальної одиниці	122

ВСТУП

Автомобільний транспорт займає ключове місце в системі перевезень, забезпечуючи мобільність населення і виконання значної частини логістичних операцій у містах. Зокрема, транспортні засоби категорії М1, до яких належать легкові автомобілі, є основним типом приватного транспорту в умовах міського середовища.

Сучасні вимоги до таких транспортних засобів охоплюють не лише комфорт і безпеку, а й паливну економічність, екологічність та ефективність експлуатації в щільному міському трафіку. В умовах зростання вартості пального та посилення екологічних стандартів особливу увагу слід приділяти оптимізації агрегатів трансмісії, зокрема коробки передач, яка відіграє ключову роль у забезпеченні економного режиму роботи двигуна.

Коробка передач повинна забезпечити оптимальне співвідношення між крутним моментом і частотою обертання двигуна при різних режимах руху. Правильно підібрані передавальні числа дозволяють знизити витрату пального, покращити динаміку автомобіля, а також зменшити навантаження на двигун. У міських умовах, де переважають часті зупинки, розгони та короткі маршрути, роль трансмісії у формуванні паливної ефективності зростає в рази.

Беручи до уваги зазначені тенденції, у межах цієї кваліфікаційної роботи було поставлено завдання розробити коробку передач для транспортного засобу категорії М1 та проаналізувати паливну економічність транспортних засобів у міському циклі.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. 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.
2. Методичні вказівки до виконання курсової роботи «Проектування автомобіля. Тяговий розрахунок та аналіз тягово-швидкісних властивостей» з дисципліни «Теорія, експлуатаційні властивості та проектування автомобілів» для студентів спеціальності 133 «Галузеве машинобудування» за освітньою програмою «Автомобілебудування» / С. М.Шуклінов, М. М. Альокса, А. В. Ужва, О. О. Ярита – Харків: ХНАДУ, 2021. – 50 с.
3. Методичні вказівки до виконання практикуму «Визначення навантажувальних режимів для розрахунку деталей та вузлів автомобіля » з дисципліни «Теорія, експлуатаційні властивості та проектування автомобілів» / С. М. Шуклінов, С.І. Ломака, М.П. Холодов – Харків: ХНАДУ, 2021. – 23 с.
4. Методичні вказівки до виконання курсового проекту «Розрахунок та проектування коробки передач автомобіля» с дисципліни «Теорія, експлуатаційні властивості та проектування автомобіля». Укладачі: С.М. Шуклінов, М.Г. Михалевич, А.В. Ужва, Є.Л. Савченко – Харків: ХНАДУ, 2024 – 54 стор.
5. Методичні вказівки до виконання курсового проекту «Розрахунок і проектування карданної передачі приводу ведучих мостів» з дисципліни «Теорія, експлуатаційні властивості та проектування автомобіля» / С.М. Шуклінов, О.О. Ярита, М.П. Холодов, М. М. Сильченко – Харків: ХНАДУ, 2021. – 43 с.
6. Ванін В.В., Блюк А.В., Гнітецька Г.О. Оформлення конструкторської документації. – Навч.посіб. – К.:Каравела, 2003. – 160 с.
7. [ДСТУ ISO 9084:2006. Розраховування навантажувальної здатності циліндричних прямозубих і косозубих зубчастих передач.Застосування для швидкісних зубчастих передач та зубчастих передач з подібними вимогами \(62774\).](#)
8. ДСТУ ISO 6336-2:2005 Розрахунок навантажувальної здатності циліндричних прямозубих і косозубих передач. Частина 2. Розрахунок міцності активної поверхні зубців (ISO 6336-2:1996, IDT).

9. Tietge, U., Mock, P., Franco, V., Zacharof, N., German, J., Bandivadekar, A. (2021). *European vehicle market statistics – Pocketbook 2021* (11th ed.). The International Council on Clean Transportation (ICCT). Retrieved from: <https://theicct.org/wp-content/uploads/2021/12/ICCT-EU-Pocketbook-2021-Web-Dec21.pdf>
10. Середні експлуатаційні витрати палива для легкових автомобілів. — Studfile.net. Навчальні матеріали. Retrieved from: <https://studfile.net/preview/9365616>
11. Car and Driver. *EV Range Explained: Everything You Need to Know About Electric Vehicle Range*. — Car and Driver, 2020. Retrieved from: <https://www.caranddriver.com/shopping-advice/a32603216/ev-range-explained/>
12. Infoshina. *Як дізнатися, скільки бензину "їсть" ваш автомобіль*. — infoshina.com.ua. Retrieved from: <https://infoshina.com.ua/uk/info/sovety/kak-uznat-skolko-benzina-kushaet-vash-avtomobil.html>.
13. International Energy Agency (IEA). *Official website*. — iea.org. Retrieved from: <https://www.iea.org>.
14. AutoTrader South Africa. *We compared Volkswagen Golf engines, and the efficiency crown goes to...* — autotrader.co.za, 2023. Retrieved from: <https://www.autotrader.co.za/cars/news-and-advice/buying-a-car/we-compared-volkswagen-golf-engines-and-the-efficiency-crown-goes-to/5227>.
15. Statista. *Average fuel consumption of new cars in Great Britain from 2000 to 2019, by fuel type*. — statista.com. Retrieved from: <https://www.statista.com/statistics/780748/new-car-fuel-consumption-great-britain>.
16. U.S. Environmental Protection Agency (EPA). *Light-Duty Automotive Technology, Carbon Dioxide Emissions, and Fuel Economy Trends: 1975 Through 2022*. — EPA Report 420R22029, December 2022. Retrieved from: <https://www.epa.gov/system/files/documents/2022-12/420r22029.pdf>
17. AutoTrader South Africa. *We compared Volkswagen Golf engines, and the efficiency crown goes to...* — AutoTrader.co.za, 2023. Retrieved from: <https://www.autotrader.co.za/cars/news-and-advice/buying-a-car/we-compared-volkswagen-golf-engines-and-the-efficiency-crown-goes-to/5227>.
18. Car4You. *Дизель, гібрид чи електромобіль — що економічніше?* — car4you.ua. Retrieved from: <https://car4you.ua/uk/dizel-gibrid-ili-ehlektromobil-chto-ehkonomichnej>.
19. Auto 24. *Бензин, дизель, газ, гібрид чи електро: яке авто економічніше у місті?* — auto.24tv.ua, 2023. Retrieved from: https://auto.24tv.ua/benzyn_dyzel_haz_hibryd_chy_elektro_yake_avto_ekonomnishe_u_misti_n58876.
20. Quora. *What is the fuel efficiency of hybrid vehicles? Do their sticker prices accurately reflect their fuel efficiency?* — quora.com. Retrieved from: <https://www.quora.com/What-is-the-fuel-efficiency-of-hybrid-vehicles-Do-their-sticker-prices-accurately-reflect-their-fuel-efficiency>.
21. Consumer Reports. *Why Hybrid Vehicles Are a Smart Choice Right Now*. — consumerreports.org, 2023. Retrieved from: <https://www.consumerreports.org/cars/hybrids-evs/why-hybrid-vehicles-are-a-smart-choice-right-now-a2736240282>

22. Quora. *What is the electricity consumption of an electric car in kWh/km?* — quora.com. Retrieved from: <https://www.quora.com/What-is-the-electricity-consumption-of-an-electric-car-in-kW-hr-km>.
23. EV Database. *Energy consumption of electric cars – Cheatsheet.* — ev-database.org. Retrieved from: <https://ev-database.org/cheatsheet/energy-consumption-electric-car>.
24. Motointegrator. *Витрата палива зросла – які причини цього?* — motointegrator.com, 2023. Retrieved from: <https://motointegrator.com/ua/uk/ctatti/obslugovuvannja-ta-dogljad/vitrata-paliva-zrosla-qk-prichini-cxogo>.
25. MyEVDiscussion. *Real-world test: Honda Civic petrol vs. hybrid – in town and on the highway.* — myevdiscussion.com. Retrieved from: <https://myevdiscussion.com/threads/real-world-test-honda-civic-petrol-vs-hybrid-in-town-and-on-the-highway.627>
26. Beev. *Understanding the real consumption of electric cars.* — beev.co, 2023. Retrieved from: <https://www.beev.co/en/blog/electric-cars/comprendre-la-consommation-reelle-des-voitures-electriques>.