

Міністерство освіти і науки України

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

Автомобільний факультет

Кафедра автомобілів ім. А.Б. Гредескула

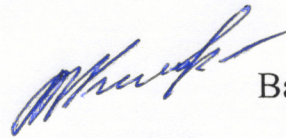
КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

бакалавра

А.АВТ-АА-36т1-22.4201.1700.001 ПЗ

ТРАНСПОРТНИЙ ЗАСІБ КАТЕГОРІЇ M_2 . РОЗРОБКА КОРОБКИ ПЕРЕДАЧ
ТА АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЇ МЕХАНІЗМУ ПЕРЕМИКАННЯ ПЕРЕДАЧ.

Завідувач кафедри д-р техн. наук, проф.



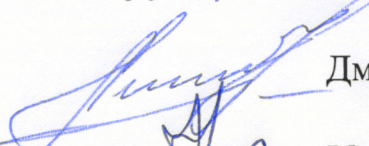
Валерій КЛИМЕНКО

Нормоконтролер канд. техн. наук, доц.



Михайло ХОЛОДОВ

Керівник д-р техн. наук, проф



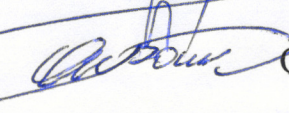
Дмитро ЛЕОНТЬЄВ

Консультант канд. техн. наук, доц.



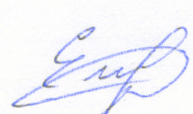
Юрій ДУДУКАЛОВ

Консультант канд. техн. наук, проф.



Олег БОГАТОВ

Здобувач гр. АА-36т1-22



Андрій ЄЛФІМОВ

Харків - 2025

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет автомобільний

Кафедра автомобілів ім. А.Б. Гредескула

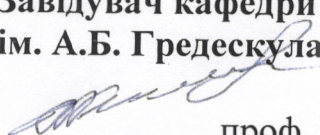
Освітній рівень магістр

Спеціальність 133 «Галузеве машинобудування»

(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри автомобілів
ім. А.Б. Гредескула



проф. Клименко В.І.

2025

З А В Д А Н Н Я

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Андрія ЄЛФІМОВА

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Транспортний засіб категорії M₂. Розробка коробки передач та аналіз конструкції механізму перемикання передач

керівник роботи Дмитро ЛЕОНТЄВ, д-р техн. наук, професор.

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

затверджені наказом ректора ХНАДУ від " 24 " 03 2025 року № 53

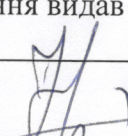
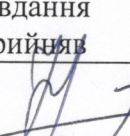
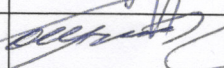
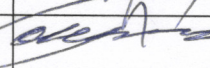
2. Строк подання студентом роботи 20.06.2025 року

3. Вихідні дані до роботи: Транспортний засіб категорії M₂

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): Вступ. 1. Аналіз і обґрунтування параметрів автомобіля 2. Тяговий розрахунок автомобіля 3. Визначення навантажувальних режимів трансмісії і ходової частини 4. Функціональний розрахунок коробки передач 5. Електромеханічний привід механізму перемикання передач транспортного засобу категорії M₂ 6. Охорона праці

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслеників): Предмет та задачі дослідження (A1); Габаритний кресленик транспортного засобу категорії M₂ (A1); Кінематична схема трансмісії транспортного засобу категорії M₂ (A1); Аналіз тягово-швидкісних властивостей транспортного засобу категорії M₂ (A1); Аналіз конструкцій приводів перемикання передач (A1); Дослідження можливості використання електромеханічного приводу перемикання передач на розробленій коробці передач (A1); Електромеханічний механізм перемикання передач (A1); Робочий кресленик деталі (A1); Дослідження навантаження важеля механізму перемикання передач (A1);

6. Консультанти розділів проекту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Технологічна частина	Юрій Дзудзюков		
Охорона праці	Олег БОГАТОВ		

7. Дата видачі завдання 07.04.2025 р.

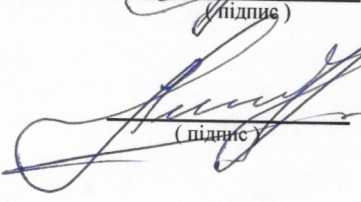
КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломної роботи	Строк виконання етапів проекту	Примітка
1	Предмет та задачі дослідження	07.04.25	
2	Аналіз і обґрунтування параметрів автомобіля	17.04.25	
3	Тяговий розрахунок автомобіля	10.05.25	
4	Визначення навантажувальних режимів трансмісії і ходової частини	25.05.25	
5	Функціональний розрахунок коробки передач	01.06.25	
6	Електромеханічний привід механізму перемикачів передач транспортного засобу категорії M ₂	10.06.25	
7	Охорона праці	15.06.25	
8	Підготовка презентації до захисту.	18.06.25	

Здобувач 
(підпис)

Андрій ЄЛФІМОВ
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи


(підпис)

Дмитро ЛЕОНТЬЄВ
(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота бакалавра: 88 с., 18 рис., 17 табл., 1 додаток, 45 джерел.

КОРОБКА ПЕРЕДАЧ, АВТОБУС, МЕХАНІЗМ ПЕРЕМИКАННЯ ПЕРЕДАЧ, СИНХРОНІЗАТОР.

Об'єкт дослідження – коробка передача транспортного засобу категорії M_2 .

Мета роботи – розробка коробки передач транспортного засобу категорії M_2 , та аналіз механізмів перемикання передач.

Метод дослідження – розробка транспортного засобу категорії M_2 та аналіз механізмів перемикання передач.

На сьогоднішній день перемикання передач є одним з найголовніших факторів які впливають на втомленість водія під час експлуатації транспортного засобу, особливо автобусів. При виконанні кваліфікаційної роботи бакалавра було розглянуто особливості будови та умови експлуатації автобуса, що відноситься до транспортних засобів категорії M_2 . Було розглянуто різні варіанти компонування механізмів перемикання передач. Було обрано електромеханічний механізм перемикання передач для шестиступеневої коробки передач.

Результати кваліфікаційної роботи можуть бути використані в навчальному процесі та при проектуванні нових транспортних засобів.

ЗМІСТ

Вступ.....	6
1 Аналіз і обґрунтування параметрів автомобіля	7
1.1 Аналіз транспортних засобів аналогів	7
1.2 Коробка передач.....	8
1.3 Вибір основних вагових і геометричних параметрів	9
1.4 Визначення потужності двигуна і його зовнішньої швидкісної характеристики	10
1.5 Визначення передавальних чисел трансмісії	14
2 Тяговий розрахунок автомобіля	13
2.1 Побудова графіків силового балансу	15
2.2 Оцінка показників розгону транспортного засобу	18
2.3 Побудова графіку балансу потужності транспортного засобу	23
3 Визначення навантажувальних режимів трансмісії і ходової частини	26
3.1 Визначення навантажувальних режимів трансмісії при розрахунку на міцність.....	26
3.2 Визначення навантажувальних режимів ходової частини при розрахунку на довговічність.....	27
3.3 Визначення режимів навантажень ходової частини при розрахунку на міцність.....	29
3.4 Визначення режимів навантажень при розрахунку на довговічність ...	34
4 Функціональний розрахунок коробки передач	35
4.1 Вибір чисел зубів шестерень коробки передач.....	35
4.2 Розрахунок зубчастих коліс коробки передач на міцність	36
4.3 Розрахунок валів	39
4.4 Розрахунок синхронізаторів коробки передач	52
4.5 Вибір підшипників коробки передач	56

5 Електромеханічний привід механізму перемикачів передач транспортного засобу категорії М ₂	63
6 Охорона праці.....	66
6.1 Охорона праці при складанні коробки передач.....	66
6.2 Розрахунок природного освітлення	67
7 Технологія виготовлення зубів проміжного вала трьох вальної коробки передач.....	70
7.1 Призначення деталі та її конструктивні особливості.....	72
7.2 Механічні властивості деталі і хімічний склад матеріалу	72
7.3 Розробка технологічного процесу виготовлення деталі	73
Перелік посилань.....	75
Додаток А. Презентаційний матеріал до кваліфікаційної роботи	81

ВСТУП

Метою роботи є засвоєння прийомів інженерно-конструкторської творчості, розвиток вміння застосовувати знання на практиці .

У процесі виконання роботи було проведено ґрунтовний аналіз широкого спектру існуючих вітчизняних та закордонних аналогічних конструкцій, на основі чого розроблено, детально опрацьовано та технічно обґрунтовано компоувальну схему, а також визначено основні технічні характеристики, параметри та особливості як усього транспортного засобу загалом, так і проєктованого вузла зокрема. Такий підхід дозволив максимально врахувати наявний досвід, сучасні тенденції у конструюванні, а також забезпечити оптимальне поєднання експлуатаційних, технічних та економічних показників.

Оскільки робочі вузли й елементи транспортного засобу експлуатуються в складних умовах, що характеризуються постійними, непередбачуваними та часто різко змінними за величиною й напрямком динамічними навантаженнями, які нерідко в кілька разів перевищують статичні сили, до їхнього проєктування висуваються особливі вимоги. Крім того, прагнення до мінімізації власної маси транспортного засобу змушує застосовувати малі коефіцієнти запасу міцності, що ще більше ускладнює завдання конструкторів. У зв'язку з цим методики розрахунку, а також нормативна база, яка використовується при проєктуванні агрегатів і вузлів транспортного засобу, суттєво відрізняються від загальноприйнятих підходів у сфері класичного машинобудування. Тому виникає необхідність у поглибленому вивченні спеціалізованої технічної літератури, яка дозволяє отримати всебічне уявлення про специфіку конструювання, особливості силових розрахунків та методики забезпечення надійності конструкцій транспортних засобів.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Mikhalevich, M., Yarita, A., Leontiev, D., Gritsuk, I. V., Bogomolov, V., Klimenko, V., & Saravas, V. (2019). *Selection of rational parameters of automated system of robotic transmission clutch control on the basis of simulation modelling* (No. 2019-01-0029). SAE Technical Paper.
2. Mikhalevich, M., Yarita, A., Turenko, A., Leontiev, D., Gritsuk, I. V., Bogomolov, V., ... & Smieszek, M. (2018). *Assessment of operation speed and precision of electropneumatic actuator of mechanical transmission clutch control system* (No. 2018-01-1295). SAE Technical Paper.
3. Leontiev, D., Klimenko, V., Mykhalevych, M., Don, Y., & Frolov, A. (2019, June). Simulation of working process of the electronic brake system of the heavy vehicle. In *International scientific-practical conference* (pp. 50-61). Cham: Springer International Publishing.
4. Леонтьєв, Д. М. (2011). *Системний підхід до створення автоматизованого гальмівного керування транспортних засобів категорій М₃ та N₃*. (PhD dissertation, Харківський національний автомобільно-дорожній університет).
5. Леонтьєв, Д. М. (2021). *Теоретичні основи гальмування багатовісних транспортних засобів з електронневатичною гальмовою системою* (Doctoral dissertation, Харківський національний автомобільно-дорожній університет).
6. Bogomolov, V. A., Klimenko, V. I., Leontiev, D. N., Ponikarovska, S. V., Kashkanov, A. A., & Kucheruk, V. Y. (2021). Plotting the adhesion utilization curves for multi-axle vehicles. *Bulletin of the Karaganda University "Physics Series"*, 101(1), 35-45.
7. Leontiev, D., & Don, E. (2016). Specifics of automobile dual wheels interaction with the supporting surface. *Automobile transport*, (39), 74-79.
8. Леонтьєв, Д. М., Михалевич, М. Г., & Фролов, А. А. (2018). Вплив вертикального навантаження на гальмівну силу та коефіцієнт зчеплення

- шини автомобільного колеса. *Теорія та практика судової експертизи і криміналістики*, (18), 383-392.
9. Bogomolov, V. O., Klimenko, V. I., Leontiev, D. M., Frolov, A. A., Suhomlin, O. S., & Kuripka, O. V. (2021). Features of braking of multi-axle vehicles depending on the layout of their axles. *Automobile transport*, (49), 23-35.
 10. Bogomolov V. O., Klimenko V. I., Leontiev D. M., Kuripka O. V., Frolov A. A., Don E. Yu. (2021). Features of adaptive brake control of the secondary brake system of a multi-axle vehicle. *Automobile transport*, (48), 27-37.
 11. Леонт'єв, Д. М., Тимонін, В. О., Савчук, А. Д., Губарьков, С. С., Леонт'єв, Д. Н., & Тимонин, В. А. (2019). Оцінка ефективності гальмування чотиривісного транспортного засобу в разі виходу з ладу одного з контурів його робочої гальмової системи. *Автомобіль і електроніка. Сучасні технології*, (16), 26-34.
 12. Махлай, С. М., & Леонт'єв, Д. М. (2018). Визначення зупинного шляху автомобіля, що обладнаний антиблокувальною системою. *Вісник ОНДІСЕ*, (4), 44-50.
 13. Leontiev, D., & Frolov, A. (2022). Determination of the average torsional stiffness of tires of a double vehicle wheel during its interaction with the road surface. *Automobile Transport*, (51), 14–25. <https://doi.org/10.30977/AT.2219-8342.2022.51.0.02>
 14. Леонт'єв, Д. М. (2015). Про розрахунковий спосіб визначення висоти координати центру ваги типових автомобілів. *Автомобільний транспорт*, (37), 101-107.
 15. Смірнова Н.В., Леонт'єв Д.М. (2014). Аналіз режимів руху в задачах проектування та експлуатації автомобільних доріг. *Автошляховик України*, (5), 23-25.
 16. Дон Є.Ю., Леонт'єв Д.М., Журавський О.О. (2016). *Комп'ютерна програма "Програма обробки показників вихідних параметрів гальмування транспортних засобів"*. А.с. 24904 Україна, Департамент авторського права в Україні.

17. Пат. 91121 Україна, МКИ В60Т 13/36, В60Т 13/68, В60Т 8/60. Електронно-пневматична гальмівна система / Туренко А.М., Клименко В.І., Ломака С.Й., Рижих Л.О., Михалевич М.Г., Леонт'єв Д.М., Чебан А.А., Красюк О.М.; власник : Харків. нац. автомоб.-дор. ун-т. - N а 2008 11089 ; заявл. 12.09.2008 ; опубл. 25.06.2010, Бюл. N 12. - 4 с.
18. Леонт'єв Д.М., Рижих Л.О., Бикадоров О.В. та інші. (2010). Методи розрахунку коефіцієнту зчеплення, що реалізується при коченні колеса в гальмівному режимі. *Автомобільний транспорт*, (27), 7-12.
19. Пат. 84437 Україна, МПК В60Т 8/36. Модулятор електронно-пневматичної гальмівної системи / Туренко А.М., Ломака С.Й., Клименко В.І., Рижих Л.О., Леонт'єв Д.М., Чебан А.А., Красюк О.М., Тишковець С.В. (Україна). - № 200602536 заява. 09.03.2006; видан. 27.10.2008. – 7 с.
20. Пат. 114176 Україна, МКИ G06F 13/00, G01C 23/00, H04N 21/00. Система контролю вихідних параметрів руху транспортного засобу / Леонт'єв Д.М., Клименко В.І., Рижих Л.О., Ломака С.Й.; власники : Харк. нац. автомоб.-дор. ун-т, Леонт'єв Д.М., Клименко В.І., Рижих Л.О., Ломака С.Й. - № u201610368 ; заявл. 11.10.2016 ; опубл. 27.02.2017, Бюл. № 4.- 2 с.
21. Riabushenko, O., Sierpiński, G., Bogomolov, V., Nahliuk, I., & Leontiev, D. (2024). Study of Distribution of Free Flow Speeds on Urban Road Sections Depending on Their Functional Purpose and One-Way Traffic—Evidence from Kharkiv (Ukraine). *Applied Sciences*, 14(23), 11302. <https://doi.org/10.3390/app142311302>
22. Leontiev D., Klymenko V., Aloksa M., Sylchenko M. (2022) Regarding the issue of determining the deceleration of a two-axle vehicle with a damaged brake system. *Automobile transport*, (50), 21-28.
23. Леонт'єв Д. М., Фролов А. А., Федорченко В. І., Сухомлін О. В. (2021). Особливості гальмування багатовісних колісних транспортних засобів. *Новітні технології в автомобілебудуванні, транспорті і при підготовці фахівців : наук. пр. Міжнар. наук.-практ. конф.*, 27–29 жовт. 2021 р. / Харків. нац. автомоб.-дор. ун-т. – Харків, – 40–42.

24. Леонтьєв, Д. М., Куріпка О. В., Рижих Л. О. (2021). Імітаційне моделювання динаміки руху колісного транспортного засобу під час гальмування. *Новітні технології в автомобілебудуванні, транспорті і при підготовці фахівців : наук. пр. Міжнар. наук.-практ. конф.*, 27–29 жовт. 2021 р. / Харків. нац. автомоб.-дор. ун-т. – Харків,. – 38–40.
25. Клименко В.І., Капский Д.В., Леонтьєв Д. М., Куріпка О. В., Фролов А.А. (2021). Визначення тангенціальних властивостей одинарної пневматичної шини у режимі гальмування транспортного засобу. *Автомобіль і електроніка. Сучасні технології*, (19), 28-34.
26. Туренко А. М., Клименко В. И., Богомолов В. О., Леонтьєв Д. М., Михалевич М. Г., Куріпка О. В. (2020). *Розрахунок та дослідження взаємодії структурних модулів електропневматичного гальмового приводу : монографія.* – ISBN 978-966-303-768-4
27. Рижих, Л. О., Ломака, С. Й., & Дон, Є. Ю. (2016). Контроль вихідних параметрів пневматичного гальмівного керування в експлуатації. *Вісник Харківського національного автомобільно-дорожнього університету*, (75), 145-150.
28. Леонтьєв, Д. М., Ломака С. Й. (2015). Про розрахунковий спосіб визначення координати центру мас типових автомобілів. *Новітні технології в автомобілебудівництві та транспорті : наук. пр. Міжнар. наук.-практ. конф.*, 15–16 жовт. 2015 р. / Харків. нац. автомоб.-дор. ун-т. – Харків, – Ч. 1. – 43–44.
29. Богомолов В. О., Клименко В. І., Леонтьєв Д. М., Ужва А. В. (2025). *Історія інженерної діяльності. Розвиток автомобілебудування : навч. посіб.* – 3-тє вид. – ISBN 978-617-8587-01-7
30. Александров Є. Є., Богомолов В. О., Клименко В. І., Леонтьєв Д. М. (2025). *Прикладна теорія коливань для студентів автомобільних спеціальностей вищів : навч. посіб.* – ISBN 978-617-8238-75-9
31. Богомолов В. О., Леонтьєв Д. М. (2025). *Математичне моделювання робочих процесів колісних та гусеничних транспортних засобів : навч. посіб.* – ISBN 978-617-8238-74-2

32. Леонт'єв Д. М., Малий В. М. (2024). Автономні транспортні засоби: перспективи, структура та проблеми напрямку. *Сучасне автомобілебудування, автотехнічна експертиза, експлуатація автомобільного транспорту та підготовка фахівців галузі транспорт : зб. тез доп. Міжнар. наук.-практ. конф. до Дня автомобіліста та дорожника, 22–23 жовт. 2024 р.* / Харків. нац. автомоб.-дор. ун-т. – Харків, 27–30.
33. Шуклінов С. М., Леонт'єв Д. М., Ужва А. В., Ткачов О. Ю. (2023). Визначення радіусу кочення колеса при моделюванні динаміки драгстера. *Сучасні технології в автомобілебудуванні, транспорті та при підготовці фахівців : наук. пр. IV Міжнар. наук.-практ. конф. до Дня автомобіліста та дорожника, 23–25 жовт. 2023 р.* / Харків. нац. автомоб.-дор. ун-т. – Харків, 32–37.
34. Klymenko V. I., Voronkov O. I., Leontiev D. M., Mykhalievych M. H., Yaryta O. O., Ponikarovska S. V., Borzenko O. P., Fandieieva A. Ye. (2023). *Construction and layout of automobiles and internal-combustion engines : study guide.* – ISBN 978-617-8009-99-1
35. Shuklinov S. M., Klymenko V. I., Leontiev D. M., Aloksa M. M. (2023). *Automobile. Theory and operational properties : study guide.* – ISBN 978-617-8238-19-3
36. Mikhalevich, M., Oleksandr, D., Leontiev, D., Bogomolov, V. et al., "Research of the Inductive Sensor of the Electropneumatic Clutch Control System for the Mechanical Transmission at Change of Ambient Temperature," *SAE Technical Paper 2021-01-0679*, 2021, <https://doi.org/10.4271/2021-01-0679>
37. Леонт'єв Д.М., Курипка О.В. (2021). Щодо питання закручування одинарної пневматичної шини в плямі її контакту з поверхнею дорожнього покриття. *Тези доповідей Всеукраїнської науково-практичної конференції "Проблеми оперативного та логістичного забезпечення складових сектору безпеки і оборони України"*, 188-189.
38. Leontiev D., Shuklinov S., Makarov V., Verbytskiyi V., Gubin A. (2020). Studies of the rectilinear motion of the axis of the locked wheel after braking the car on uphill. *Математичне та імітаційне моделювання систем. МОДС*

2020 : тези доповідей П'ятнадцятої міжнародної науково-практичної конференції, - 87-90.

39. Клименко В. І., Богомоллов В. О., Михалевич М. Г., Леонтьев Д. М. (2018). *Автоматизація механічної трансмісії автобусів та вантажних транспортних засобів : монографія.*
40. Клименко В.І., Богомоллов В.О., Михалевич М.Г., Леонтьев Д.М., Ярита О.О., Сільченко М.М. (2018). *Розробка адаптивних систем керування трансмісією : монографія.*
41. Пат. 114176 Україна, МКИ G06F 13/00, G01C 23/00, H04N 21/00. Система контролю вихідних параметрів руху транспортного засобу / Леонтьев Дмитро Миколайович, Клименко Валерій Іванович, Рижих Леонід Олександрович, Ломака Степан Йосифович ; власники : Харків. нац. автомоб.-дор. ун-т, Леонтьев Дмитро Миколайович, Клименко Валерій Іванович, Рижих Леонід Олександрович, Ломака Степан Йосифович. - N u 2016 10368 ; заявл. 11.10.2016 ; опубл. 27.02.2017, Бюл. N 4. - 2 с.
42. Рижих, Л. О., Ломака, С. Й., Леонтьев, Д. М., Красюк, О. М., & Чебан, А. А. (2010). Моделювання динамічної зміни тиску на виході з ргс на основі його статичної характеристики при зміні вертикальних навантажень на осях транспортного засобу. *Вісник Вінницького політехнічного інституту*, (2), 89–92. <https://visnyk.vntu.edu.ua/index.php/visnyk/article/view/1711>
43. Леонтьев Д.М., Крамський О.В. (2010). *Програма розрахунку пневматичних гальмівних приводів двохвісних транспортних засобів. А.с. 33767* Україна, Департамент авторського права в Україні.
44. Туренко А.М., Клименко В.І., Рижих Л.О., Ломака С.Й., & Леонтьев Д.М. (2006). Сучасні електронні гальмівні системи автомобілів. *Вісник КДПУ*, - (2), - 64-66.
45. Клименко, В. І., Ломака, С. Й., Рижих, Л. О., & Туренко, А. М. (2006). Аналіз алгоритмів регулювання гальмівних сил регулятором з електронним керуванням. *Вісник ЖДТУ. Серія "Технічні науки"*, 4 (39), 26-35.