

Міністерство освіти і науки України

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

Автомобільний факультет

Кафедра автомобілів ім. А.Б. Гредескула

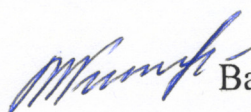
**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

бакалавра

А.АВТ-АА-36т1-22.5301.2400.001 ПЗ

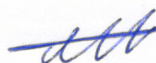
ТРАНСПОРТНИЙ ЗАСІБ КАТЕГОРІЇ N<sub>3</sub>. РОЗРОБКА ГОЛОВНОЇ ПЕРЕДАЧІ  
ТА АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЙ ПНЕВМАТИЧНИХ СИСТЕМ  
ПІДРЕСОРЮВАННЯ.

Завідувач кафедри д-р техн. наук, проф.



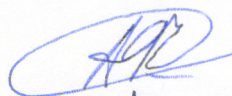
Валерій КЛИМЕНКО

Нормоконтролер канд. техн. наук, доц.



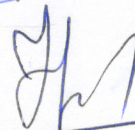
Михайло ХОЛОДОВ

Керівник Phd, асист.



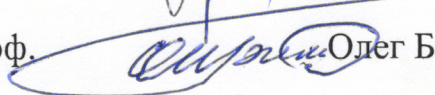
Андрій ФРОЛОВ

Консультант канд. техн. наук, доц.



Юрій ДУДУКАЛОВ

Консультант канд. техн. наук, проф.



Олег БОГАТОВ

Здобувач гр. АА-36т1-22



Михайло ЖУРАВЛЬОВ

Харків - 2025

# Харківський національний автомобільно-дорожній університет

(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет автомобільний

Кафедра автомобілів ім. А.Б. Гредескула

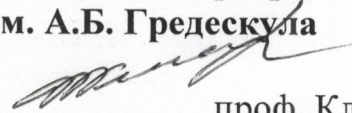
Освітній рівень магістр

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

**Михайло ЖУРАВЛЬОВ**

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Транспортний засіб категорії N<sub>3</sub>. Розробка головної передачі та аналіз конструкцій пневматичних систем підресорювання

керівник роботи Андрій ФРОЛОВ, PhD, асист.

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

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

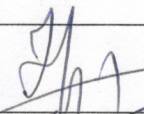

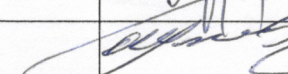
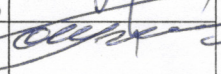
2. Строк подання студентом роботи 20.06.2025 року

3. Вихідні дані до роботи: Транспортний засіб категорії N<sub>3</sub>

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 головної передачі 5. Пневматичні системи підресорювання транспортного засобу. 6. Охорона праці. 7. Технологія виготовлення сателітів головної передачі

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслеників): Предмет та задачі дослідження (A1); Габаритний кресленик транспортного засобу категорії N<sub>3</sub> (A1); Кінематична схема трансмісії транспортного засобу категорії N<sub>3</sub> (A1); Аналіз тягово-швидкісних властивостей транспортного засобу категорії N<sub>3</sub> (A1); Складальний кресленик головної передачі (A1); Робочі кресленики деталей головної передачі (A1); Кресленик технологічної частини розробки сателіту головної передачі (A1); Теоретичний кресленик аналіз конструкцій пневматичних підвісок транспортних засобів категорії N<sub>3</sub> (A1);

6. Консультанти розділів проекту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
<i>Технологічна частина.</i>	<i>Юрія Дудукалов</i>		
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 головної передачі	01.06.25	
6	Аналіз конструкцій пневматичних систем підресорювання	10.06.25	
7	Охорона праці. Розділ з технології	15.06.25	
8	Підготовка презентації до захисту.	18.06.25	

Здобувач

  
(підпис)

Михайло ЖУРАВЛЬОВ  
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

  
(підпис)

Андрій ФРОЛОВ  
(прізвище та ініціали)

## РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота бакалавра: 85 с., 16 рис., 19 табл., 1 додаток, 45 джерел.

**ГОЛОВНА ПЕРЕДАЧА, СИСТЕМА ПІДРЕСОРЮВАННЯ, ПІДВІСКА, ВАНТАЖНИЙ АВТОМОБІЛЬ.**

Об'єкт дослідження – головна передача транспортного засобу категорії  $N_3$ .

Мета проекту – розробка головної передачі транспортного засобу категорії  $N_3$ , та аналіз пневматичних систем підресорювання.

Метод дослідження – розробка транспортного засобу категорії  $N_3$  та аналіз пневматичних систем підресорювання.

На сьогоднішній день система підресорювання транспортного засобу є одним з найголовніших факторів які впливають на комфортабельність перевезення вантажів та пасажирів. При виконанні кваліфікаційної роботи бакалавра було розглянуто особливості будови та умови експлуатації вантажного автомобіля, що відноситься до транспортних засобів категорії  $N_3$ . Було розглянуто різні схеми компонування системи підресорювання на транспортному засобі. Було спроектовано головну передачу, виконано аналіз тягово-швидкісних властивостей автомобіля.

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 автомобілів-аналогів, розрахунок маси і розподілу мас по осям	7
1.2 Розрахунок повної маси автомобіля для якого виконується удосконалення гальмового привода .....	9
1.3 Вибір потужності і визначення максимального крутного моменту двигуна .....	9
1.4 Вибір передавальних чисел трансмісії.....	12
1.5 Тяговий розрахунок .....	14
2 Визначення навантажувальних режимів для розрахунку на міцність і довговічність деталей ходової частини та трансмісії.....	18
2.1 Навантажувальні режими транспортного засобу .....	18
2.2 Навантажувальні режими для розрахунку на міцність .....	24
2.3 Навантажувальні режими для розрахунку на довговічність .....	25
3 Розрахунок головної передачі транспортного засобу категорії $N_3$ .....	27
3.1 Визначення геометричних параметрів головної передачі .....	27
3.2 Визначення основних геометричних параметрів шестерні .....	29
3.3 Розрахунок зубчастих коліс головної передачі на втому і міцність.....	30
3.4 Розрахунок вхідного валу головної передачі на міцність.....	33
3.5 Вибір підшипника вхідного валу.....	37
3.6 Розрахунок диференціала.....	39
3.7 Розрахунок півосей на міцність .....	41
3.8 Розрахунок півосей на втому .....	44
4 Аналіз конструкцій пневматичних систем підресорювання .....	47
5 Аналіз безпеки життя і діяльності людини .....	52
5.1 Техніка безпеки .....	52
5.2 Промислова санітарія .....	54

5.3 Пожежна безпека.....	55
5.4 Цивільний захист .....	56
5.5 Екологічна безпека.....	57
5.6 Розрахунок автомобіля на ковзання і перекидання в повороті без поперечного ухилу .....	58
6 Проектування технологічних процесів виробництва сателіта .....	61
6.1 Аналіз технологічності зубчатого вінця.....	61
6.2 Маршрут виготовлення деталі.....	62
6.3 Розрахунок допусків, відхилень та припусків на поковки .....	63
6.4 Нормування операцій .....	68
Перелік посилань.....	70
Додаток А. Презентаційний матеріал до кваліфікаційної роботи .....	76

## ВСТУП

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

У ході виконання роботи було здійснено всебічне дослідження широкого кола наявних аналогів – як вітчизняного, так і зарубіжного походження. На основі зібраної інформації було розроблено, детально проаналізовано та технічно обґрунтовано компоувальну схему, а також визначено ключові технічні параметри, характеристики й особливості конструкції як усього транспортного засобу, так і окремого вузла, що проєктується. Такий підхід дав змогу врахувати набутий досвід, сучасні інженерні тенденції й досягти збалансованості між технічними, експлуатаційними та економічними показниками.

Враховуючи, що елементи та вузли транспортного засобу працюють в умовах підвищених навантажень – із постійною зміною величини та напрямку динамічних сил, які часто значно перевищують статичні навантаження, – до їхнього проєктування висуваються особливо жорсткі вимоги. Крім того, необхідність зниження маси конструкції зумовлює застосування зменшених коефіцієнтів запасу міцності, що ще більше ускладнює завдання для конструкторів. У зв'язку з цим традиційні методи розрахунків та нормативні підходи класичного машинобудування не можуть бути безпосередньо застосовані. Це потребує поглибленого опрацювання спеціалізованих технічних джерел, що дозволяють краще зрозуміти специфіку проєктування, методики силових розрахунків і шляхи 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 М<sub>3</sub> та N<sub>3</sub>*. (PhD dissertation, Харківський національний автомобільно-дорожній університет).
5. 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.
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. Леонтьєв, Д. М. (2021). *Теоретичні основи гальмування багатовісних транспортних засобів з електронневатичною гальмовою системою* (Doctoral dissertation, Харківський національний автомобільно-дорожній університет).

8. Леонт'єв, 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. Leontiev, D., & Don, E. (2016). Specifics of automobile dual wheels interaction with the supporting surface. *Automobile transport*, (39), 74-79.
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. 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.
12. Махлай, С. М., & Леонт'єв, Д. М. (2018). Визначення зупинного шляху автомобіля, що обладнаний антиблокувальною системою. *Вісник ОНДІСЕ*, (4), 44-50.
13. Frolov A., Leontiev D. (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.
14. 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.
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. Леонт'єв, Д. М. (2015). Про розрахунковий спосіб визначення висоти координати центру ваги типових автомобілів. *Автомобільний транспорт*, (37), 101-107.

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. 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.
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. 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.
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. 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.
25. Клименко В.І., Капский Д.В., Леонтьев 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. Леонтьев, 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.
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. Туренко А. М., Клименко В. И., Богомолов В. О., Леонтьев 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
29. Богомолов В. О., Клименко В. І., Леонтьев Д. М., Ужва А. В. (2025). *Історія інженерної діяльності. Розвиток автомобілебудування : навч. посіб.* – 3-тє вид. – ISBN 978-617-8587-01-7
30. Леонтьев, 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.

31. Богомолів В. О., Леонт'єв Д. М. (2025). *Математичне моделювання робочих процесів колісних та гусеничних транспортних засобів* : навч. посіб. – ISBN 978-617-8238-74-2
32. Александров Є. Є., Богомолів В. О., Клименко В. І., Леонт'єв Д. М. (2025). *Прикладна теорія коливань для студентів автомобільних спеціальностей вищів* : навч. посіб. – ISBN 978-617-8238-75-9
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. 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.*
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. 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
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. Леонтьєв 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.
40. Клименко В.І., Богомолів В.О., Михалевич М.Г., Леонтьєв Д.М., Ярита О.О., Сільченко М.М. (2018). *Розробка адаптивних систем керування трансмісією : монографія*.
41. Клименко В. І., Богомолів В. О., Михалевич М. Г., Леонтьєв Д. М. (2018). *Автоматизація механічної трансмісії автобусів та вантажних транспортних засобів : монографія*.
42. Рижих, Л. О., Ломака, С. Й., Леонтьєв, 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. Пат. 114176 Україна, МКИ G06F 13/00, G01C 23/00, H04N 21/00. Система контролю вихідних параметрів руху транспортного засобу / Леонтьєв Дмитро Миколайович, Клименко Валерій Іванович, Рижих Леонід Олександрович, Ломака Степан Йосифович ; власники : Харків. нац. автомоб.-дор. ун-т, Леонтьєв 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.
44. Туренко А.М., Клименко В.І., Рижих Л.О., Ломака С.Й., & Леонтьєв Д.М. (2006). Сучасні електронні гальмівні системи автомобілів. *Вісник КДПУ*, - (2), - 64-66.
45. Леонтьєв Д.М., Крамський О.В. (2010). *Програма розрахунку пневматичних гальмівних приводів двохвісних транспортних засобів*. А.с. 33767 Україна, Департамент авторського права в Україні.

Додаток А

ПРЕЗЕНТАЦІЙНИЙ МАТЕРІАЛ ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ