

Міністерство освіти і науки України

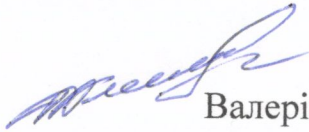
Харківський національний автомобільно-дорожній університет

Автомобільний факультет

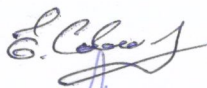
Кафедра автомобілів ім. А.Б. Гредескула

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
бакалавра
А.АВТ-АА41-22.5777.1600.023 ПЗ

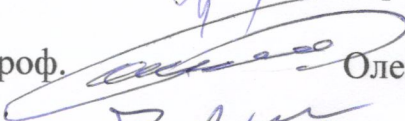
Транспортний засіб категорії N₃. Розробка зчеплення та аналіз дискових
гальмівних механізмів

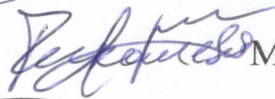
Завідувач кафедри д-р. техн. наук, проф.  Валерій КЛИМЕНКО

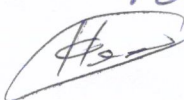
Нормоконтролер канд. техн. наук, доцент  Михайло ХОЛODOВ

Керівник, асистент  Євген САВЧЕНКО

Консультант, канд. техн. наук, проф.  Юрій ДУДУКАЛОВ

Консультант, канд. техн. наук, проф.  Олег БОГАТОВ

Консультант, д-р. техн. наук, проф.  Микола МИХАЛЕВИЧ

Здобувач гр. АА-41-22  Олег НЕЧЕПУРЕНКО

ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АВТОМОБІЛЬНО-ДОРОЖНІЙ УНІВЕРСИТЕТ

(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет автомобільний

Кафедра автомобілів імені А.Б. Гредескула

Освітній рівень перший (бакалаврський)

Спеціальність 133 «Галузеве машинобудування»

Освітня програма Автомобілебудування

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри автомобілів

ім. А.Б. Гредескула,

проф. Клименко В.І.

“30” 03 2026 року

З А В Д А Н Н Я НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧУ

Нечепуренку Олегу Денисовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Транспортний засіб категорії N₃. Розробка зчеплення та аналіз дискових гальмівних механізмів

керівник Савченко Євген Лукич, асистент

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

затверджені наказом ректора ХНАДУ від 31 березня 2026 року №56

Строк подання студентом 08 червня 2026 року

3. Вихідні дані: Коефіцієнт сумарного дорожнього опору

який може подолати транспортний засіб, $\psi_{\max}=0,55$. Максимальна швидкість

$V_{\max}=120$ км/год. Коефіцієнт сумарного дорожнього опору при русі з максимальною швидкістю $f_v=0,035$, $i_{v\max}=0,012$

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): Вступ; Вибір основних параметрів проєктованого автомобіля; Проєктування зчеплення для АТЗ; Розробка технологічного процесу виготовлення маточини; Аналіз дискових гальмівних механізмів; Охорона праці; Аналіз вартості розробки зчеплення. Висновки. Перелік посилань. Додатки.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): Загальний вид транспортного засобу категорії N₃ (ГК, ф. А1); Кінематична схема трансмісії (КЗ, ф. А1); Аналіз тягово-швидкісних властивостей (ТК, ф. А1); Складальне креслення зчеплення (СК, ф. А1); Робочі кресленики (ф. А2); Технологічний процес виготовлення маточини (КЕ, ф. А2); Аналіз дискових гальмівних механізмів (ТК, ф. А1);

6. Консультанти розділів проекту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці	Богатов О.І., к.т.н, проф.	01.05.2026	03.05.2026
Технологічна частина	Дудукалов Ю.В., к.т.н, проф.	01.05.2026	03.05.2026
Оцінка вартості розробки	Михалевич М.Г., д.т.н, проф.	01.05.2026	03.05.2026

7. Дата видачі завдання 31 березня 2026 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

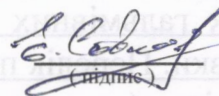
№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Вступ; Вибір основних параметрів проектного автомобіля	03.05.26	
2	Проектування зчеплення для АТЗ	12.05.26	
3	Розробка технологічного процесу виготовлення маточини	17.05.26	
4	Аналіз дискових гальмівних механізмів	22.05.26	
5	Охорона праці	26.05.26	
6	Аналіз вартості розробки зчеплення	01.06.26	
7	Оформлення пояснювальної записки	06.06.26	
8	Підготовка презентації до захисту	08.06.26	

Здобувач


(підпис)

Олег НЕЧЕПУРЕНКО
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи


(підпис)

Євген САВЧЕНКО
(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота бакалавра містить: 75 с., 17 рис., 16 табл., 3 додатки, 35 джерел.

ВАНТАЖНИЙ АВТОМОБІЛЬ, ЗШХД, КІНЕМАТИЧНА СХЕМА, ЗЧЕПЛЕННЯ, ГАЛЬМІВНА СИСТЕМА, ДИСКОВІ ГАЛЬМІВНІ МЕХАНІЗМИ, ГАЛЬМІВНЕ ЗУСИЛЛЯ.

Об'єкт дослідження – зчеплення транспортного засобу категорії N_3 .

Мета проєкту – розробка зчеплення та аналіз дискових гальмівних механізмів.

Метод дослідження – аналітичний з використанням наукових підходів і класичних теорій.

Гальмівна система є однією з найважливіших складових сучасного транспортного засобу, оскільки саме вона забезпечує безпеку руху, ефективне зниження швидкості та повну зупинку автомобіля. Серед різноманітних типів гальмівних систем найбільшого поширення набули дискові гальмівні механізми, які застосовуються як у легкових автомобілях, так і у вантажному, спортивному та спеціальному транспорті. Їх популярність пояснюється високою ефективністю гальмування, стабільністю роботи, кращим тепловідведенням та підвищеною надійністю порівняно з барабанними гальмами.

Результати можуть бути використані в навчальному процесі для лабораторних та практичних.

ЗМІСТ

Вступ.....	7
1 Вибір основних параметрів проектного автомобіля.....	8
1.1 Визначення основних параметрів автомобілів-аналогів та маси проектного автомобіля	8
1.2 Визначення максимальної потужності двигуна і побудова ЗШХД.....	10
1.3 Визначення передавальних чисел трансмісії	14
1.4 Оцінка показників розгону автомобіля.....	17
1.5 Баланс потужностей автомобіля.....	20
1.6 Аналіз тягово-швидкісних властивостей автомобіля.....	21
1.7 Кінематична схема трансмісії	22
2 Проектування зчеплення для АТЗ.....	24
2.1 Визначення основних параметрів зчеплення	24
2.2 Розрахунок деталей	25
2.3 Розрахунок провідних і ведених деталей	31
2.4 Розрахунок показників зносостійкості зчеплення	32
2.5 Визначення параметрів приводу.....	35
3 Розробка технологічного процесу виготовлення маточини	38
3.1 Призначення деталі	38
3.2 Розрахунок величини припуску на одну поверхню деталі	39
3.3 Розрахунок режимів різання	42
3.3.1 Токарна обробка	42
3.3.2 Свердління	46
3.3.3 Протягування	50
3.4 Розрахунок норми часу	51
3.4.1 Основний час на токарну обробку.....	51
3.4.2 Основний час на свердління.....	52
3.4.3 Основний час на протягування	53
3.4.4 Загальний час на розраховані операції	53

4 Аналіз дискових гальмівних механізмів.....	55
5 Охорона праці.....	69
5.1 Розрахунок по техніці безпеки.....	69
5.2 Виробнича санітарія.....	70
6 Аналіз вартості розробки зчеплення	72
Висновки	77
Перелік посилань.....	78
Додаток А Графіки до тягово-швидкісного аналізу автомобіля	79
Додаток Б Специфікація	85
Додаток В Презентаційний матеріал.....	87

ВСТУП

Гальмівна система є однією з найважливіших складових сучасного транспортного засобу, оскільки саме вона забезпечує безпеку руху, ефективне зниження швидкості та повну зупинку автомобіля. Серед різноманітних типів гальмівних систем найбільшого поширення набули дискові гальмівні механізми, які застосовуються як у легкових автомобілях, так і у вантажному, спортивному та спеціальному транспорті. Їх популярність пояснюється високою ефективністю гальмування, стабільністю роботи, кращим тепловідведенням та підвищеною надійністю порівняно з барабанними гальмами.

Перші гальмівні системи транспортних засобів були механічними та мали примітивну конструкцію. На ранніх етапах автомобілебудування переважно використовувалися барабанні гальма, оскільки вони були простішими у виробництві та забезпечували достатню ефективність для транспортних засобів із невеликою швидкістю руху.

Ідея використання дискових гальм виникла ще наприкінці XIX століття, однак широке застосування стало можливим лише у середині XX століття. Основними причинами повільного впровадження були недостатній розвиток матеріалознавства та технологій виготовлення термостійких фрикційних матеріалів.

ВИСНОВКИ

В ході виконання кваліфікаційної роботи бакалавра я ознайомився із загальними даними існуючих АТС, аналогічних по проектуваному класу і на їх основі встановив параметри проектуваного автомобіля на базі вантажного автомобіля. Визначив і обґрунтував основні параметри автомобіля, виконав тяговий розрахунок, в результаті якого отримав необхідні дані для проектування зчеплення. Розробив кінематичну схему автомобіля і охарактеризував її елементи. Застосовуючи емпіричні залежності, наближені та проектні розрахункові методи, державні та галузеві стандарти вибрав і розрахував основні параметри коробки передач на міцність та довговічність.

У науково-дослідній частині виконав аналіз дискових гальмівних механізмів транспортного засобу категорії N_3 . Виконав аналіз діючих нормативних документів за якими виконують розрахунок дискових гальмівних механізмів. На підставі Правил № 13 ЄЕК ООН дослідив та розробив конструкцію дискового гальмівного механізму для вантажного автомобіля, та виконав розрахунок на термічний аналіз методом кінцевих елементів.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Алюкса М. М., Алексеєнко В. М. (1990). *Теорія експлуатаційних властивостей автотранспортних засобів в прикладах і завданнях*
2. Шуклінов С.М. (2022). *Автомобіль. Теорія та експлуатаційні властивості : навч. посіб.* ISBN 978-617-8009-77-9.
3. Алексеєнко В.М., Ломака С.Й., Шуклінов С.М., Залогін М.Ю. (2018). *Методичні вказівки з дипломного проектування для студентів спеціальності 133 «Галузеве машинобудування»*
4. Miles L. D. (1961). *Techniques of Value Analysis and Engineering.*
5. Каслін М. Д., Штода Л.В. (2018). *Методичні вказівки щодо розробки розділу «Охорона праці» у дипломних проектах (роботах) студентів всіх форм навчання випускних курсів університету.*
6. Михалевич М.Г. (2012). *Методичні рекомендації до практичної роботи по дисципліні: Основи САПР КГТЗ «Оцінка вартості розробки»*
7. Богомолів 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
8. Богомолів В. О., Леонтьєв Д. М. (2025). *Математичне моделювання робочих процесів колісних та гусеничних транспортних засобів : навч. посіб.* – ISBN 978-617-8238-74-2
9. Александров Є. Є., Богомолів 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
10. Shuklinov S. M., Klymenko V. I., Leontiev D. M., Aloksa M. M. (2023). *Automobile. Theory and operational properties : study guide.*
11. Klymenko V. I., Voronkov O. I., Leontiev D. M., Mykhalievych M. H., Yaryta O. O., Ponikarovska S. V., Borzenko O. P., Fandieiyeva A. Ye. (2023). *Construction and layout of automobiles and internal-combustion engines : study guide.* – ISBN 978-617-8009-99-1
12. Богомолів, В. О., Клименко, В. І., Леонтьєв, Д. М., & Ужва, А. В. (2026). *Прикладна теорія коливань в галузі машинобудування.* Харків : ФОП Бровін О.В. ISBN 978-617-8587-53-6
13. Aleksandrov Ye. Ye. , Bohomolov V. O. , Klimenko V. I. , Leontiev D. M. (2026). *Applied theory of vibrations for students of automotive specializations at higher education institutions : study guide.* (2nd Edition). – Kharkiv : ФОП Бровін О. В. ISBN 978-617-8587-36-9
14. Леонтьєв, Д. М. (2011). *Системний підхід до створення автоматизованого гальмівного керування транспортних засобів категорій M₃*

та №. (PhD dissertation, Харківський національний автомобільно-дорожній університет).

15. 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.

16. Леонтьєв, Д. М. (2021). *Теоретичні основи гальмування багатовісних транспортних засобів з електропневматичною гальмовою системою* (Doctoral dissertation, Харківський національний автомобільно-дорожній університет).

17. Leontiev, D., Klimenko, V., Mykhalevych, M., Don, Y., & Frolov, A. (2019). Simulation of working process of the electronic brake system of the heavy vehicle. In *International scientific-practical conference*. Cham: Springer International Publishing. 1019, 50-61. https://doi.org/10.1007/978-3-030-25741-5_6

18. 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.

19. 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.

20. Leontiev, D., & Don, E. (2016). Specifics of automobile dual wheels interaction with the supporting surface. *Automobile transport*, (39), 74-79.

21. Леонтьєв, Д. М., Тімонін, В. О., Савчук, А. Д., Губарьков, С. С., Леонтьєв, 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.

22. Leontiev D., Klymenko V., Alokxa 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. 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.

24. Познизовкін О.Н. Автомобільний довідник / О.Н. Познизовкін, Ю.М. Власко, М.Б. Ляліков та інші. – М: АО «Автоконсалтинг», 2018. – 378с.

25. Альокса М. М. Методичні вказівки до виконання розрахунково-графічної роботи та СРС з дисципліни «Автомобілі». Розділ «Теорія»/ М.М. Альокса, В.І. Клименко, Д.М. Леонтьєв – Харків: ХНАДУ, 2017. – 15 с.

26. Bouchetara Mostefa. Thermomechanical Modelling of Disc Brake Contact Phenomena / M. Bouchetara, A. Belhocine .: FME Transactions, 2013. – Vol. 41.№1 – P.59-65.

27. Manjunath T.V. Structural and Thermal Analysis of Rotor Disc of Disc Brake / T.V. Manjunath, P M Suresh // International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology. – Vol. 2, № 12. – 2013. – P. 7741-7749.

28. Belhocine A. Study of the thermal behaviour of dry contacts in the brake discs «application of software Ansys v11.0» / A. Belhocine, M. Bouchetara.: Mechanika, 2011. – 17(3): 271-278.

29. Фідровська, Н., Писарцов, О., Нестеренко, В., & Рагулін, В. (2026). Визначення факторів, що впливають на міцність канату. *Автомобільний транспорт*, (58), 69–74. <https://doi.org/10.30977/AT.2219-8342.2026.58.0.08>

30. Писарцов О.С. Залежність впливу тиску на опорну поверхню від тиску в зимовій шині Triangle snowlink Pl01 Типорозміру 225/55 R18, Машинобудування № 35 (2025), С. 54-64 <https://doi.org/10.26565/2079-1747-2025-35-06>

31. Писарцов, О. (2025). Залежність впливу тиску на опорну поверхню від тиску в літній шині розміром 225/55 R18. *Автомобільний транспорт*, (56), 13–18. <https://doi.org/10.30977/AT.2219-8342.2025.56.0.02>

32. Писарцов О.С. Порівняльне дослідження характеристик опорної взаємодії літніх та зимових шин типорозміру 225/55 R18 залежно від внутрішнього тиску, Машинобудування № 37 (2026), С. 126-136 <https://doi.org/10.26565/2079-1747-2026-37-11>

33. Писарцов О. С. Дослідження тиску на опорну поверхню транспортного засобу категорії М1 на прикладі «Опель Grandland 1,5 BNDI» / Збірник тез доповідей Міжнародної науково-практичної конференції до Дня автомобіліста та дорожника // Харківський автомобільно-дорожній університет. Автомобільний факультет – 2024. – С.31-32

34. Писарцов О.С. Михалевич М.Г. Огляд систем керування тиском в шинах автомобіля // IV міжнародна науково-практична конференція «Перспективи розвитку автомобільного транспорту та інфраструктури». Секція 8 «Конструкція та виробництво транспортних засобів» – 21, 22 січня 2025 р.

35. Писарцов О.С., Росляков Д.Р., Ужва А.В. Варіант системи керування тиском в шині легкового автомобіля та принципи її роботи // IV міжнародна науково-практична конференція «Перспективи розвитку автомобільного транспорту та інфраструктури». Секція 8 «Конструкція та виробництво транспортних засобів» – 21, 22 січня 2025 р.