

Міністерство освіти і науки України

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

Автомобільний факультет

Кафедра автомобілів ім. А. Б. Гредескула

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

бакалавра

А.АВТ-АА-41-21.4101.2200.000 ПЗ

ТРАНСПОРТНИЙ ЗАСІБ КАТЕГОРІЇ М1. РОЗРОБКА КАРДАННОЇ ПЕРЕДАЧІ  
ТА АНАЛІЗ ВЗАЄМОДІЇ КОЛЕСА З ОПОРНОЮ ПОВЕРХНЕЮ.

Завідувач кафедри д-р техн. наук, проф.

 Валерій КЛИМЕНКО

Нормоконтролер канд. техн. наук, доц.

 Михайло ХОЛОДОВ

Керівник ас.

 Євген САВЧЕНКО

Консультант канд. техн. наук, доц.

 Юрій ДУДУКАЛОВ


Консультант канд. техн. наук, проф.

 Олег БОГАТОВ

Консультант д-р техн. наук, проф.

 Микола МИХАЛЕВИЧ

Здобувач гр. АА-41-21

 Максим ЗАХОЖИЙ

# 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

Захожому Максиму Дмитровичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема: «Транспортний засіб категорії М1. Розробка карданної передачі та аналіз взаємодії колеса з опорною поверхнею.»

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 М1;

– Кількість пасажирів  $n = 5$ ;

– Максимальна швидкість  $v_{\max} = 160$  км/год;

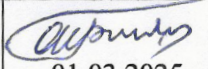
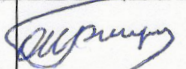
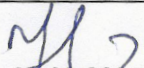
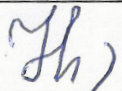
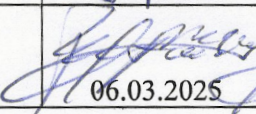
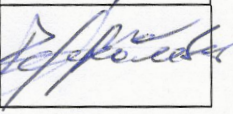
– Максимальний коефіцієнт сумарного дорожнього опору, який може здолати автомобілем на першій передачі  $\psi_{\max} = 0,40$ ;

– Максимальний коефіцієнт сумарного дорожнього опору, який може здолати проектованим автомобілем при русі з максимальною швидкістю  $\psi_v = 0,015$ .

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 головної передачі. 5 Аналіз взаємодії колеса з опорною поверхнею. 6. Проектування технологічних процесів виробництва корпусу голчастого підшипника 7 Аналіз безпеки життєдіяльності людини на виробництві. 8. Вартість розробки карданної передачі. 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) . Карданна передача (складальне креслення) (ф. А1); Робочий кресленик: хрестовина, вилкака, фланець кріплення до коробки (ф. А4); Проектування технологічних процесів виробництва корпусу голчастого підшипника (ф. А1).

#### 6. Консультанти розділів проекту

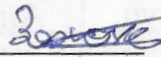
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці	Богатов О.І., доц.	 01.03.2025	
Технологічна частина	Дудукалов Ю.В., доц..	 03.03.2025	
Економіка	Михалевич М.Г., проф.	 06.03.2025	

7.Дата видачі завдання 15 лютого 2025 року

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

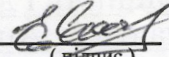
№ з/п	Назва етапів дипломного проекту	Строк виконання етапів проекту	Примітка
1	Вибір основних параметрів автомобіля.	01.03. 2025	
2	Визначення навантажувальних режимів трансмісії та ходової частини.	29.03. 2025	
3	Розрахунок карданної передачі.	07.04. 2025	
4	Аналіз взаємодії колеса з опорною поверхнею.	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

  
(підпис)

Максим ЗАХОЖИЙ  
(прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи)

  
(підпис)

Євген САВЧЕНКО  
(прізвище та ініціали)

## Реферат

Кваліфікаційна робота бакалавра: 100 с., 27 рис., 16 табл., 7 додатків, 10 джерел.

КАРДАННА ПЕРЕДАЧА, ХРЕСТОВИНА, ВИЛКА КАРДАННОЇ ПЕРЕДАЧІ, КОРПУС ГОЛЧАСТОГО ПІДШИПНИКА, ФЛАНЕЦЬ КРІПЛЕННЯ ДО КОРОБКИ ПЕРЕДАЧ, ДИФЕРЕНЦІАЛ.

Об'єкт дослідження – взаємодія колеса з опорною поверхнею автомобіля категорії  $M_1$ .

Мета проекту – розробка карданної передачі транспортного засобу категорії  $M_1$ , аналіз взаємодії колеса з опорною поверхнею.

Метод дослідження – аналіз фізико-механічних властивостей шин, дорожнього покриття та характеру їх взаємодії в зоні контакту колеса з опорною поверхнею для транспортних засобів категорії  $M_1$ .

У легкових автомобілях основну роль у взаємодії з дорогою виконує пневматична шина, що забезпечує не лише передавання тягових і гальмівних зусиль, а й поперечну стійкість під час повороту. Контакт шини з дорожнім покриттям відбувається у зоні плями контакту, де формуються сили зчеплення та сили опору коченню. Геометрія, жорсткість, рисунок протектора, тиск у шині та характеристики покриття істотно впливають на величину і розподіл дотичних сил. Саме тому дослідження взаємодії колеса з опорною поверхнею є важливим для забезпечення безпеки руху, ефективності гальмування та паливної економічності.

Результати кваліфікаційної роботи можуть бути використані в навчальному процесі і при проектуванні нових автомобілів.

## ЗМІСТ

Вступ.....	6
1 Вибір основних параметрів проектного автомобіля.....	7
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 .....	13
1.4 Оцінка показників розгону автомобіля.....	17
1.5 Баланс потужностей автомобіля .....	22
1.6 Кінематична схема трансмісії .....	24
2. Навантажувальні режими для розрахунків на міцність та довговічність ...	26
2.1 Визначення навантажувальних режимів трансмісії в розрахунках на міцність і довговічність .....	26
2.2 Визначення навантажувальних режимів ходової частини в розрахунках на міцність і довговічність.....	27
3 Проектування карданної передачі .....	28
3.1 Вибір основних параметрів карданної передачі .....	28
3.2 Розрахунок карданного валу .....	29
3.3 Розрахунок хрестовини карданного шарніра.....	31
3.4 Розрахунок вилки карданного шарніра.....	33
3.5 Розрахунок болтів кріплення карданного валу.....	34
3.6 Розрахунок голчастих підшипників карданного шарніра.....	36
3.7 Розрахунок шліцевого з'єднання.....	38
4 Розробка технологічного процесу виготовлення корпусу голчастого підшипника .....	42
4.1 Обґрунтування прийнятих технологічних рішень.....	42

4.2 Аналіз об'єкту ремонту та принципи підготовки технології його відновлення .....	43
4.3 Металорізальний верстат, оснащення та інструменти.....	44
5 Аналіз взаємодії колеса з опорною поверхнею.....	47
5.1 Теоретичні основи зчеплення колеса з дорогою.....	47
5.2 Буксування колеса та зчіпні характеристики шини .....	49
5.3 Опір коченню колеса. ....	52
5.4 Чинники, що впливають на взаємодію шини з дорогою. ....	55
6 Аналіз БЖД при експлуатації автомобіля категорії $M_1$ .....	58
6.1 Техніка безпеки на автомобільному транспорті.....	58
6.2 Промислова санітарія .....	59
6.3 Пожежна безпека.....	62
6.4 Екологія .....	62
6.5 Визначення рівня шуму у приміщенні.....	64
7 Розрахунок вартості розробки карданної передачі.....	65
Висновки .....	66
Перелік посилань.....	67
Додаток А Графіки до тягово-швидкісного аналізу автомобіля.....	68
Додаток В Розрахунок навантажувальних режимів ходової частини та трансмісії для розрахунків на міцність та довговічність .....	76
Додаток Г Управляюча програма попередньої токарної обробки зношеної циліндричної поверхні золотника .....	87
Додаток Д Управляюча програма відповідних операцій.....	88
Додаток Е Розрахунок вартості карданної передачі.....	96
Додаток Ж Специфікації складальних одиниць .....	99

## ВСТУП

Карданний вал - незамінна деталь задньопривідних і повнопривідних автомобілів. Карданний вал передає крутний момент від коробки передач або роздавальної коробки до редукторів ведучих мостів, вали яких не співвісні, розташовані під кутом і, крім того, змінюють взаємне розташування при роботі підвіски. Карданні передачі можуть бути одинарними або не одинарними складатися з двох і більше валів. В якості шарнірів використовуються як хрестовини, так і шарніри рівних кутових швидкостей.

На основі аналізу існуючих вітчизняних та зарубіжних аналогів розробив та обґрунтував кінематичну схему та основні параметри автомобіля та проєктованого карданного валу.

В зв'язку з тим що вузли та деталі автомобіля працюють в умовах постійно змінних по величині та напрямку динамічних навантажень, деколи значно більші за статичні, а необхідність досягання малої ваги автомобіля потребує малих запасів міцності, методи розрахунку та розрахункові нормативи автомобільних агрегатів значно відрізняються від аналогічних методів та нормативів загального машинобудування. Також в цьому дипломному проєкті я розрахував карданну передачу для свого проєктованого автомобіля і проаналізував диференціали трансмісії автомобіля категорії  $M_1$ . Після розрахунку мого вузлу я зробив моделі карданної передачі та її вертежі. Для розрахунків потрібно вивчити спеціальну технічну літературу яка дозволяє отримати подальші розрахунки про особливості розрахунку автомобільних конструкцій.

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. 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

4. Богомолів В. О., Леонтьєв Д. М. (2025). Математичне моделювання робочих процесів колісних та гусеничних транспортних засобів : навч. посіб. – ISBN 978-617-8238-74-2

5. 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.

6 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>

7. 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.

8. Vianor. *Параметри шини.* – vianor.ua: Інформаційна сторінка про шини.

Retrieved from: <https://vianor.ua/nformats-ia-pro-shinu/dan-pro-shinu/parametri-shini/>.

9. Shinteh. *Rolling Resistance – опір коченню. Що це таке і чи важливо?* – shinteh.com.ua (блог компанії Shinteh). Retrieved from: <https://shinteh.com.ua/blog/advice/rolling-resistance-opir-kochennyu-sho-ce-take-i-chi-vazhливо>.

10. Wikipedia. *Тертя кочення* – Вільна енциклопедія Wikipedia (укр.), 2020. Retrieved from: [https://uk.wikipedia.org/wiki/Тертя\\_кочення](https://uk.wikipedia.org/wiki/Тертя_кочення) .