

Міністерство освіти і науки України

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

Автомобільний факультет

Кафедра автомобілів ім. А.Б. Гредескула

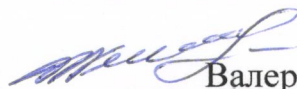
КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

бакалавра

А. АВТ-АА41-22.4302.1702.001 ПЗ

ТРАНСПОРТНИЙ ЗАСІБ КАТЕГОРІЇ N₂. РОЗРОБКА КОРОБКИ ПЕРЕДАЧ ТА АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЙ РУЛЬОВОГО КЕРУВАННЯ

Завідувач кафедри д-р техн. наук, проф.



Валерій КЛИМЕНКО

Нормоконтролер канд. техн. наук, доц.



Михайло ХОЛОДОВ

Керівник д-р техн. наук, проф.



Сергій ШУКЛІНОВ

Консультант канд. техн. наук, проф.



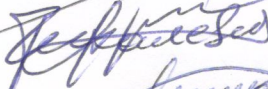
Юрій ДУДУКАЛОВ

Консультант канд. техн. наук, проф.



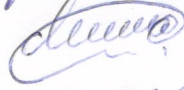
Олег БОГАТОВ

Консультант д-р техн. наук, проф.



Микола МИХАЛЕВИЧ

Здобувач гр. АА-41-22



Михайло ПИСЬМЕННИЙ

12.06.2026

ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АВТОМОБІЛЬНО-ДОРОЖНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет автомобільний

Кафедра автомобілів ім. А.Б. Гредескула

Освітній рівень перший (бакалаврський)

(шифр і назва)

Спеціальність 133 «Галузеве машинобудування»

(шифр і назва)

Освітня програма Автомобілебудування

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри автомобілів
ім. А.Б. Гредескула

проф. Клименко В.І.

30 03 2026

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

Письменному Михайлу Сергійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Транспортний засіб категорії N₂. Розробка коробки передач та аналіз конструкцій рульового керування

керівник Шуклінов Сергій Миколайович, д-р техн. наук, професор.

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

затверджені наказом ректора ХНАДУ від "11.03" 2026 року № 56

2. Строк подання здобувачем роботи 11 червня 2026 року

3. Вихідні дані до роботи: Вантажність – 4500 кг;

– максимальна швидкість $v_{\max}=110$ км/год;

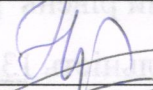
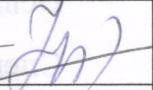
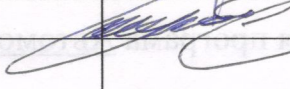
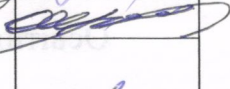
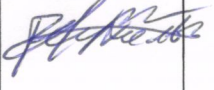
– сумарний коефіцієнт опору дороги, який долається при малій швидкості – $\psi_0=f_0=0,01$;

– максимальний коефіцієнт опору дороги, який долається – $\psi_{\max}=0,36$.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): Вступ. 1 Тяговий розрахунок автомобіля. 2 Проектування коробки передач; 3. Аналіз конструкцій рульового керування. 4 Технологія виготовлення вторинного валу. 5 Охорона праці. 6 Оцінка економічної ефективності розробки. Висновки. Список літератури. Додатки.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслеників): Автомобіль (ВО); Аналіз тягово-швидкісних властивостей автомобіля (ТЧ, А1); Трансмісія автомобіля (КЗ, А1); Коробка передач (СБ, А1); Вторинний вал (А1); Шестерня другої передачі. (А2); Розрахунок валів та зубчастих зачеплень (ТЧ А1); Технологія виготовлення вторинного валу (ТЧ, А1); Аналіз конструкцій рульового керування (ТЧ, А1);

6. Консультанти розділів роботи

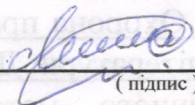
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Технологічна частина	Дудукалов Ю.В., проф.		
Охорона праці	Богатов О.І., проф.		
Оцінка економічної ефективності розробки	Михалевич М.Г., проф.		

7. Дата видачі завдання 22 квітня 2026р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Вступ. Тяговий розрахунок автомобіля.	3.05.26	
2	Аналіз тягово-швидкісних властивостей автомобіля	10.05. 26	
3	Проектування коробки передач.	14.05. 26	
4	Аналіз конструкцій рульового керування.	28.05. 26	
5	Технологія виготовлення вторинного валу.	01.06. 26	
6	Охорона праці.	06.06. 26	
7	Оцінка економічної ефективності розробки	07.06. 26	
8	Оформлення пояснювальної записки.	11.06. 26	
9	Підготовка презентації до захисту.	11.06. 26	

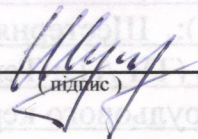
Здобувач


 (підпис)

Письменний М.С.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи


 (підпис)

Шуклінов С.М.

(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота: 79 с., 23 рис., 15 табл., 2 додатки, 11 джерел

КОРОБКА ПЕРЕДАЧ, ТРАНСМІСІЯ, ЗУБЧАСТЕ ЗАЧЕПЛЕННЯ, СИНХРОНІЗАТОР, ПЕРВИННИЙ ВАЛ, ВТОРИННИЙ ВАЛ, ПРОМІЖНИЙ ВАЛ, РУЛЬОВЕ КЕРУВАННЯ, ВАНТАЖНИЙ АВТОМОБІЛЬ КАТЕГОРІЇ N_2 .

Об'єкт проєктування – вантажний автомобіль категорії N_2 .

Мета роботи – проєктування вантажного автомобіля категорії N_2 , розробка шестиступеневої механічної коробки передач та обґрунтування вибору конструкції рульового керування.

Метод дослідження – аналітичні розрахунки, математичне моделювання, методи проєктування автомобільних агрегатів та порівняльний аналіз конструктивних рішень.

У кваліфікаційній роботі виконано аналіз існуючих аналогів вантажних автомобілів категорії N_2 та проведено тяговий розрахунок проєктованого транспортного засобу. На основі отриманих результатів розроблено шестиступінчасту механічну коробку передач. Проведено функціональний розрахунок коробки передач, виконано розрахунок зубчастих зачеплень на міцність і довговічність, розрахунок синхронізаторів, а також первинного, вторинного та проміжного валів із перевіркою їх жорсткості та міцності.

У роботі виконано аналіз існуючих конструкцій рульового керування автомобілів, розглянуто їх переваги та недоліки, а також обґрунтовано вибір конструкції, що найбільшою мірою відповідає вимогам до проєктованого вантажного автомобіля категорії N_2 .

Крім того, розроблено технологічний процес виготовлення вторинного валу коробки передач, виконано економічне обґрунтування прийнятих технічних рішень та розглянуто питання охорони праці під час виконання виробничих операцій.

Результати кваліфікаційної роботи можуть бути використані в навчальному процесі, під час проєктування вантажних автомобілів категорії N_2 , а також при розробленні та вдосконаленні конструкцій коробок передач і систем рульового керування.

ЗМІСТ

Вступ.....	7
1 Тяговий розрахунок автомобіля	8
1.1 Аналіз найближчих аналогів, вибір і обґрунтування параметрів проектного автомобіля	8
1.2 Розрахунок параметрів проектного автомобіля	12
2 Розрахунок та проектування коробки передач вантажного автомобіля категорії N_2	20
2.1 Вибір схеми коробки передач	20
2.2 Функціональний розрахунок коробки передач	20
2.3 Розрахунок зубчатих зачеплень коробки передач на міцність та довговічність	25
2.4 Функціональний розрахунок синхронізатора	28
2.5 Розрахунок валів коробки передач.....	32
2.5.1 Розрахунок вторинного валу	35
2.5.2 Розрахунок проміжного валу	38
2.5.3 Розрахунок первинного валу.....	41
2.5.4 Перевірка валів на жорсткість і міцність та аналіз результатів розрахунку..	44
3 Аналіз конструкцій рульового керування	46
3.1 Призначення та вимоги до рульового керування автомобіля	46
3.2 Класифікація та порівняння типів систем рульового керування	47
3.3 Обґрунтування вибору системи рульового керування.....	52
4 Технологія виготовлення вторинного валу коробки передач	54
4.1 Опис конструкції деталі та умови її праці у вузлі	54
4.2 Аналіз технологічності	54
4.3. Маршрут виготовлення деталі	55
4.4 Розрахунок режимів обробки і технічне нормування операцій	57
4.4.1 Розрахунок режимів точіння – токарна операція 003.....	57
4.4.2 Розрахунок режимів свердління – свердлильна операція 011	60

5 Охорона праці	63
5.1 Нормативні організаційні питання з охорони праці	63
5.2 Аналіз небезпечних та шкідливих виробничих факторів під час складання та випробування коробки передач	64
5.3 Безпека праці.....	67
5.4 Інженерні розрахунки	68
5.5 Короткі висновки.....	70
6 Розрахунок вартості розробки коробки передач.....	71
6.1 Загальні положення.....	71
6.2 Розрахунок вартості розробки	72
Висновки	77
Перелік посилань.....	79
Додадок А Презентаційний матеріал до кваліфікаційної роботи бакалавра	80
Додаток Б Специфікація коробки передач	91

ВСТУП

Сучасний розвиток вантажних автомобілів категорії N_2 характеризується постійним зростанням вимог до їхньої продуктивності, паливної економічності, надійності та безпеки експлуатації. Досягнення високих техніко-експлуатаційних показників неможливе без удосконалення основних агрегатів трансмісії та систем керування автомобілем.

Одним із найважливіших агрегатів трансмісії є коробка передач, яка забезпечує реалізацію необхідних тягово-швидкісних властивостей транспортного засобу, оптимальне використання потужності двигуна та економічність його роботи в різних дорожніх умовах. Застосування багатоступеневих механічних коробок передач дозволяє забезпечити ефективну роботу двигуна в широкому діапазоні навантажень і швидкостей руху.

Не менш важливим елементом конструкції автомобіля є система рульового керування, від характеристик якої залежать керованість, маневреність та безпека руху транспортного засобу. Тому під час проектування сучасних вантажних автомобілів особлива увага приділяється вибору конструкції рульового механізму та оцінці його експлуатаційних властивостей.

У кваліфікаційній роботі виконано аналіз існуючих аналогів транспортних засобів категорії N_2 , визначено основні параметри проектного автомобіля та розроблено шестиступінчасту механічну коробку передач. Проведено тяговий та функціональний розрахунки транспортного засобу і коробки передач, розрахунок зубчастих зачеплень на міцність і довговічність, розрахунок синхронізаторів та валів з перевіркою їх жорсткості і міцності. Також виконано аналіз існуючих конструкцій рульового керування та обґрунтовано вибір найбільш доцільного варіанта для проектного транспортного засобу. Крім того, у роботі розроблено технологічний процес виготовлення вторинного валу коробки передач, виконано економічне обґрунтування проектних рішень та розглянуто питання охорони праці.

ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі бакалавра виконано комплексне вирішення інженерної задачі з проєктування вантажного транспортного засобу категорії N_2 , розробки шестиступінчастої механічної коробки передач та аналізу конструкцій рульового керування.

На основі аналізу параметрів автомобілів-аналогів визначено основні параметри проєктованого транспортного засобу та виконано його тяговий розрахунок. Проведений аналіз тягово-швидкісних, динамічних та експлуатаційних характеристик підтвердив відповідність прийнятих параметрів вимогам до сучасних вантажних автомобілів категорії N_2 .

У результаті виконання проєктних розрахунків розроблено конструкцію шестиступінчастої, тривальної, співвісної механічної коробки передач, яка забезпечує ефективне використання потужності двигуна та необхідні тягові характеристики автомобіля. Виконано функціональний розрахунок коробки передач, розрахунок зубчастих зачеплень на міцність і довговічність, а також розрахунок синхронізаторів. Отримані результати підтвердили працездатність і надійність прийнятих конструктивних рішень. Проведено розрахунок первинного, вторинного та проміжного валів коробки передач. Перевірки на міцність і жорсткість показали, що розраховані елементи відповідають вимогам надійної та довговічної експлуатації.

У роботі виконано аналіз існуючих конструкцій рульового керування вантажних автомобілів та обґрунтовано вибір найбільш доцільної конструкції для проєктованого транспортного засобу, що забезпечує необхідні показники керованості, маневреності та безпеки руху.

Також розроблено технологічний процес виготовлення вторинного валу коробки передач, обрано обладнання, різальний інструмент та режими механічної обробки. Виконані розрахунки підтвердили можливість виготовлення деталі із забезпеченням необхідних показників точності та якості.

У розділі охорони праці розглянуто небезпечні та шкідливі виробничі фактори, характерні для процесів складання та випробування коробки передач, та запропоновано заходи щодо підвищення безпеки праці. Виконане економічне обґрунтування підтвердило доцільність реалізації прийнятих технічних рішень.

Таким чином, поставлені у кваліфікаційній роботі завдання виконані в повному обсязі, а отримані результати можуть бути використані під час проєктування та вдосконалення вантажних автомобілів категорії N_2 і їх трансмісій.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. 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.
2. 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.
3. Шуклинов С.М. Теорія, Експлуатаційні Властивості Та Проектування Автомобіля: Лекція 7 [Електронний ресурс] <https://drive.google.com/file/d/1kYfQULXR8hBs7HyZ2PW8ilFISWpjXS2J/view> (дата звернення 10.05.2026)
4. Методичні вказівки до технологічного розділу дипломних проектів для студентів денного і заочного навчання зі спеціальності 133 Галузеве машинобудування. Укладачі: Б.В. Савченков, Ю.В. Дудукалов, А.О. Молодан, Ю.В Тарасов – Харків: ХНАДУ, 2017 – 11 стор.
5. Електронний ресурс <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2694-12#Text>
6. Електронний ресурс <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/322-08#Text>
7. Електронний ресурс <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1299-12#Text>
8. Електронний ресурс <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0231-05#Text>
9. Електронний ресурс <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0226-98#Text>
10. Електронний ресурс https://dl2022.khadi-kh.com/pluginfile.php/427717/mod_resource/content/1/%D0%9C%D0%92%20%D0%B7%20%D0%9E%D0%9F.pdf
11. Методичні вказівки до виконання дипломного проекту бакалавра за спеціальністю 133 Галузеве машинобудування Освітня програма «Автомобілебудування» Розділ дипломного проекту: «Оцінка вартості розробки».