

Міністерство освіти і науки України
Харківський національний автомобільно-дорожній університет

Автомобільний факультет

Кафедра автомобілів ім. А.Б. Гредескула

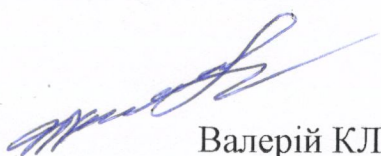
КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

бакалавра

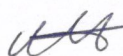
А.АВТ-АА-41-22.5360.2200.000 ПЗ

ТРАНСПОРТНИЙ ЗАСІБ КАТЕГОРІЇ №3. РОЗРОБКА КАРДАННОЇ ПЕРЕДАЧІ
ТА АНАЛІЗ ШЛЯХІВ АВТОМАТИЗАЦІЇ ПРОЦЕСУ КЕРУВАННЯ
АГРЕГАТАМИ ТРАНСМІСІЇ

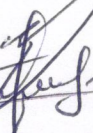
Завідувач кафедри д-р техн. наук, проф.

 Валерій КЛИМЕНКО

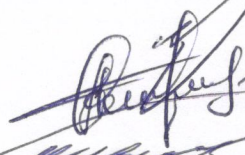
Нормоконтролер канд. техн. наук, доц.

 Михайло ХОЛОДОВ

Керівник канд. техн. наук, доц.

 Олександр ЯРИТА

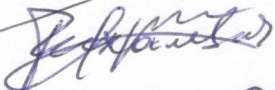
Консультант д-р техн. наук, проф.

 Олександр ПОЛЯНСЬКИЙ

Консультант канд. техн. наук, проф.

 Олег БОГАТОВ

Консультант д-р техн. наук, проф.

 Микола МИХАЛЕВИЧ

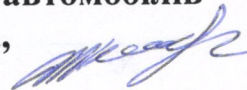
Здобувач гр. АА-41-22

 Максим СОЛОВЕЙ

ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АВТОМОБІЛЬНО-ДОРОЖНИЙ 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

Соловей Максиму Вадимовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Транспортний засіб категорії N₃. Розробка карданної передачі та аналіз шляхів автоматизації процесу керування агрегатами трансмісії

керівник Ярита Олександр Олександрович, канд. техн. наук, доцент
затверджені наказом ректора ХНАДУ від «30» березня 2026 року №56.

Строк подання здобувачем роботи «15» червня 2026 року.

3. Вихідні дані до роботи: вантажність – $m_v=8000$ кг;

– максимальна швидкість $v_{\max}=135$ км/год;

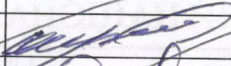
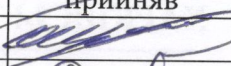
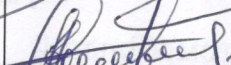
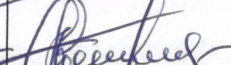
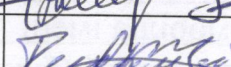
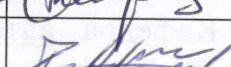
– сумарний коефіцієнт опору дороги, який долається при малій швидкості
 $\psi_0 = f_0 = 0,011$;

– максимальний коефіцієнт опору дороги, який долається $\psi_{\max}=0,39$.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): Вступ. 1. Тяговий розрахунок автомобіля. 2. Аналіз тягово-швидкісних властивостей проєктованого автомобіля 3. Проєктування карданної передачі. 4. Аналіз шляхів автоматизації процесу керування агрегатами трансмісії. 5. Технологія виготовлення хрестовини карданного шарніра. 6. Охорона праці. 7. Оцінка вартості розробки. Висновки. Список літератури. Додатки.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслеників):
Транспортний засіб (ВО, А1); Трансмісія транспортного засобу (КЗ, А1); Аналіз тягово-швидкісних властивостей транспортного засобу (ТК, А1); Карданна передача (СК, А1); Вилка шліцьова (А2); Корпус підшипника (А3); Хрестовина (ф. А3); Аналіз шляхів автоматизації процесу керування агрегатами трансмісії; (ТК, А1); Технологія виготовлення хрестовини карданного шарніра (ТК, А1).

6. Консультанти розділів роботи

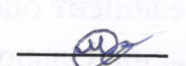
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці	Богатов О.І., к.т.н, проф.		
Технологічна частина	Полянський О.С., д.т.н, проф.		
Оцінка вартості розробки	Михалевич М.Г., д.т.н, проф.		

7. Дата видачі завдання 06 квітня 2026 р.

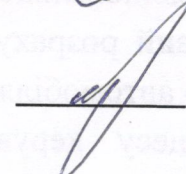
КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Вступ. Тяговий розрахунок транспортного засобу	25.04.2026	
2	Аналіз тягово-швидкісних характеристик транспортного засобу	05.05.2026	
3	Проектування карданної передачі	12.05.2026	
4	Аналіз шляхів автоматизації процесу керування агрегатами трансмісії	18.05.2026	
5	Технологія виготовлення хрестовини	25.05.2026	
6	Охорона праці	01.06.2026	
7	Оцінка вартості розробки	04.06.2026	
8	Оформлення пояснювальної записки	11.06.2026	
9	Підготовка презентації до захисту	14.06.2026	

Здобувач

 Максим СОЛОВЕЙ

Керівник роботи

 Олександр ЯРИТА

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота бакалавра містить: 69 с., 8 рис., 9 табл., 25 джерел та 5 додатків.

Об'єкт роботи – транспортний засіб категорії N₃.

Мета роботи – карданна передача та аналіз шляхів автоматизації процесу керування агрегатами трансмісії.

У процесі виконання роботи було здійснено аналіз конструкцій транспортних засобів категорії N₃ вантажністю близько 8000 кг. Особлива увага приділялася конструкції карданної передачі та механізмам керування агрегатами трансмісії. Проаналізувавши переваги та недоліки існуючих конструкцій, було розроблено складальне креслення карданної передачі транспортного засобу категорії N₃, яка відповідає всім вимогам, має високі технологічні і експлуатаційні показники. Також було проведено аналіз шляхів автоматизації процесу керування агрегатами трансмісії із визначенням їх основних переваг та недоліків.

Результати кваліфікаційної роботи можуть бути використані при проектуванні трансмісій вантажних автомобілів або модернізації вже існуючих.

ТРАНСПОРТНИЙ ЗАСІБ, ТРАНСМІСІЯ, КАРДАННА ПЕРЕДАЧА
ПНЕВМАТИЧНИЙ ЦИЛІНДР, ПРОЦЕС ПЕРЕМІКАННЯ.

ЗМІСТ

Вступ.....	7
1 Тяговий розрахунок автомобіля	9
1.1 Аналіз найближчих аналогів, вибір і обґрунтування параметрів проектованого автомобіля	9
1.1.1 Вибір і обґрунтування габаритно-вагових параметрів автомобіля.....	11
1.2 Розрахунок параметрів проектного автомобіля	12
1.2.1 Визначення максимальної потужності двигуна.....	12
1.2.2 Побудова зовнішньої швидкісної характеристики двигуна	14
1.2.3 Визначення передавальних чисел трансмісії	16
1.2.3.1 Визначення передавального числа головної передачі	16
1.2.3.2 Визначення передавального числа першої передачі	17
2 Аналіз тягово-швидкісних властивостей проектного автомобіля	20
2.1 Тягова та динамічна характеристики автомобіля	20
2.2 Баланс потужностей автомобіля.....	22
2.3 Показники розгону автомобіля.....	23
2.3.1 Прискорення автомобіля під час розгону	23
2.3.2 Час та шлях розгону автомобіля	24
2.4 Опис кінематичної схеми автомобіля	29
3 Розрахунок карданної передачі.....	31
3.1 Вибір основних параметрів карданної передачі	31
3.2 Розрахунок елементів карданної передачі.....	31
3.2.1 Розрахунок карданного валу	31
3.2.2 Розрахунок хрестовини карданного шарніра	35
3.3 Розрахунок вилки карданного шарніра.....	38
3.4 Розрахунок голчастих підшипників карданного шарніра.....	39
3.5 Розрахунок болтів кріплення карданного валу	42
3.5 Розрахунок шліцьового з'єднання	44
4 Аналіз шляхів автоматизації процесу керування агрегатами трансмісії	48
4.1 Автоматизація процесу керування зчепленням	48
4.1.1 Пневмогідролічний привід – надійний варіант, який не передбачає автоматизацію	48

4.1.2 Електропневматичний привід зчеплення	50
4.2 Способи автоматизації керування ступінчастими коробками передач	51
4.2.1 Механічне керування коробкою передач	52
4.2.2 Електропневматична система керування процесом перемикання передач .	53
4.2.3 Електромеханічна система керування процесом перемикання передач	55
4.2.4 Електрогідравлічна система керування процесом перемикання передач	56
5 Розробка технологічного процесу виготовлення хрестовини карданного шарніру	57
5.1 Аналіз технологічності деталі	57
5.2 Маршрут технологічних операцій виготовлення деталі	58
6 Охорона праці	60
6.1 Техніка безпеки транспортного засобу категорії N ₃	60
6.2 Виробнича санітарія	61
6.3 Загальні вимоги до плавності ходу автомобіля	62
6.4 Розрахунок автоматичної системи пожежогасіння	63
6.5 Розрахунок повітрообміну в транспортному боксі	64
7 Розрахунок вартості розробки карданної передачі	66
7.1 Загальні положення	66
7.2 Норми часу	67
Висновки	68
Список літератури	69
Додаток А Розрахунок режимів різання та норм часу	72
Додаток Б Розрахунок норми часу	81
Додаток В Технологічна документація на виготовлення деталі	84
Додаток Г Специфікація складальної одиниці	91
Додаток Д Презентаційний матеріал до кваліфікаційної роботи	93

ВСТУП

Важливе значення для економіки мають транспортні засоби категорії N_3 , які використовуються для перевезення великогабаритних і важких вантажів у міжміському та міжнародному сполученні. Високі навантаження, складні умови експлуатації та необхідність забезпечення ефективної роботи автомобіля висувають підвищені вимоги до надійності, довговічності та технічної досконалості елементів трансмісії.

Карданна передача забезпечує передачу крутного моменту від коробки передач до ведучих мостів за умов зміни взаємного положення агрегатів під час руху транспортного засобу. У процесі експлуатації карданна передача працює під дією значних динамічних навантажень, крутильних коливань та змінних кутів між валами, що потребує забезпечення високої міцності, жорсткості та надійності її елементів. Рациональне проектування карданної передачі дозволяє зменшити втрати потужності, підвищити ресурс агрегатів трансмісії та покращити експлуатаційні характеристики транспортного засобу.

Сучасний розвиток автомобілебудування характеризується активним впровадженням автоматизованих систем керування, які спрямовані на підвищення ефективності роботи транспортних засобів, покращення паливної економічності та зменшення навантаження на водія. Особливо актуальним це є для вантажних автомобілів категорії N_3 , де складність керування трансмісією значно зростає через велику масу автомобіля, широкий діапазон режимів роботи та необхідність забезпечення оптимального використання потужності двигуна.

Автоматизація процесу керування агрегатами трансмісії дозволяє оптимізувати вибір передач, забезпечити плавність перемикавання, знизити динамічні навантаження на елементи трансмісії та підвищити комфорт керування автомобілем. У сучасних вантажних автомобілях широко застосовуються автоматизовані та автоматичні коробки передач, електронні системи керування трансмісією, системи адаптивного перемикавання передач і допоміжні електронні комплекси, що забезпечують ефективну взаємодію між двигуном, коробкою

передач та іншими агрегатами трансмісії. Використання таких систем сприяє підвищенню продуктивності транспортного засобу, зниженню витрати палива та покращенню безпеки руху.

Практичне значення роботи полягає у можливості використання отриманих результатів під час проєктування та модернізації трансмісій вантажних автомобілів категорії N₃, а також при вдосконаленні систем автоматизованого керування агрегатами трансмісії з метою підвищення надійності, економічності та ефективності експлуатації транспортних засобів.

ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі виконано аналіз конструкцій та умов роботи карданної передачі транспортного засобу категорії N_3 , а також досліджено сучасні підходи до автоматизації процесів керування агрегатами трансмісії. Розглянуто особливості роботи карданної передачі вантажного автомобіля, проведено аналіз конструкцій її основних елементів.

На початковому етапі було детально проаналізовано тягово-швидкісні параметри транспортного засобу категорії N_3 .

В результаті розрахунків було визначено всі необхідні параметри і побудовано складальне креслення карданної передачі транспортного засобу категорії N_3 та розроблено технологічний процес виготовлення хрестовини карданного шарніру.

У роботі також проаналізовано сучасні системи керування зчепленням і механізмами перемикання передач вантажних автомобілів. Встановлено, що найбільш перспективним напрямком розвитку трансмісій транспортних засобів категорії N_3 є застосування автоматизованих систем керування на базі електропневматичних та електромеханічних приводів. Такі системи забезпечують підвищення комфорту керування, зменшення навантаження на водія, покращення паливної економічності та ефективності використання трансмісії.

Було проведено розрахунок економічного ефекту від проєктування удосконаленої конструкції карданної передачі. При проведенні розрахунку було прийнято припущення, що розробкою технічної документації займається одна особа з кваліфікацією інженера-конструктора. Розрахунки показали, що вартість розробки пакету технічної документації коштуватиме замовнику 135777,2 грн., при цьому заробітна плата виконавця складе 80413,5 грн.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Методичні вказівки до виконання кваліфікаційної роботи для здобувачів вищої освіти освітнього рівня бакалавр спеціальності 133 «Галузеве машинобудування» освітньої програми Автомобілебудування / С.М. Шуклінов, М.Г. Михалевич, О.О. Ярита, Н.Н. Новіна. – Харків: ХНАДУ, 2025. – 73 с.
2. Електронний ресурс: <https://www.mercedes-benz-trucks.com/int/en/home.html> (дата звернення 09.05.2026).
3. Електронний ресурс: <https://ashokleyland.cm/modeles-de-camion/> (дата звернення 07.05.2026).
4. 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.
5. Шуклінов С.М. Автомобіль. Теорія та експлуатаційні властивості: навч. посіб. / С.М. Шуклінов, М.М. Альокса. – Харків : ФОП Бровін О.В., 2022. – 280 с.
6. 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.
7. Електронний ресурс: <https://www.scribd.com/document/711226277/%D0%97%D1%87%D0%B5%D0%BF%D0%BB%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D1%8F-%D0%9A%D0%90%D0%9C%D0%90%D0%97-740> (дата звернення 04.06.2026).
8. Автомобіль вантажний. сучасні конструкції : підручник для здобувачів ступеня вищої освіти ЗВО / А. Т. Лебедев, В. Д. Мигаль, І. О. Шевченко, М. Л. Шуляк; за ред. проф. А. Т. Лебедева; ХНТУСГ. – Харків: ТОВ «Планета-Прінт», 2021. – 369 с.

9. Ярита О.О. Вдосконалення електропневматичного приводу зчеплення великовантажних автомобілів та автобусів: дис. ... кандидата техн. наук: 05.22.02 / Ярита Олександр Олександрович. – Харків, 2017. – 203с.

10. Електронний ресурс: https://truck.knorr-bremse.com/en/us/products/drivetrain/clutch-actuation/?utm_source=chatgpt.com (дата звернення 29.05.2026).

11. Ramalingam, Sivakumar & Prasad, Hanumath & Regalla, Srinivasa. (2020). Integrated Prognostics Observer for Condition Monitoring of an Automated Manual Transmission Dry Clutch System. International Journal of Prognostics and Health Management. 8. 10.36001/ijphm.2017.v8i2.2638.

12. Mikhalevich, M., Yarita, A., Turenko, A., Leontiev, D. et al., "Assessment of Operation Speed and Precision of Electropneumatic Actuator of Mechanical Transmission Clutch Control System," SAE Technical Paper 2018-01-1295, 2018, <https://doi.org/10.4271/2018-01-1295>.

13. Mikhalevich, M., Yarita, A., Bogomolov, V., Leontiev, D. 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>.

14. Електронний ресурс: <https://budova-traktoriv.com.ua/korobka-peredach.html> (дата звернення 04.06.2026).

15. Сильченко М.М. Вдосконалення автоматизованої системи керування механічною коробкою передач транспортних засобів категорії N₃ та M₃: дис. ... кандидата техн. наук: 05.22.02 / Сильченко Микола Миколайович. – Харків, 2019. – 174с.

16. Електронний ресурс: https://www.zf.com/products/en/cv/products_74881.html (дата звернення 04.06.2026).

17. Електронний ресурс: <https://gurumeher.co.in/WABCO-optidrive.html> (дата звернення 04.06.2026).

18. Електронний ресурс: <https://www.wabco-customercentre.com/catalog/en/4213700000> (дата звернення 04.06.2026).

19. Дослідження робочого процесу вмикання передачі в електромеханічному механізмі керування коробкою передач / Михалевич М. Г.,

Сильченко М. М., Ярита О. О., Усков О. І. // Автомобільний транспорт : зб. наук. пр. / М-во освіти і науки України; ХНАДУ ; редкол.: А. В. Гнатов (гол. ред.) та ін. - Харків, 2020. - Вип. 47. - С. 31-37.

20. CiA DS–301, Version 4.01: CANopen application layer and communication profile. [Electronic resource] / CAN in Automation e.V., Germany, copyright © 2001–2012. – Mode of access: – http://www.workarea.ego-gw.it/ego2/ego/itf/software/301_canopen.pdf. – Date of access: 19.03.2009.

21. Fuller®Automated Transmissions: AutoShift 10–Speed / Eaton tech. information: condensed specifications TRSL–0281 108 2M/WP. – Eaton Corp., USA, 2008. –2 р.

22. Методичні вказівки до курсової роботи з дисципліни «Проектування технологічних процесів виготовлення та ремонту деталей машин» для студентів спеціальності 7.090214 / укладачі Ю.В. Дудукалов, А.О. Молодан. – Харків: ХНАДУ, 2010. – 43 с.

23. Методичні вказівки щодо розробки розділу «Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях» в дипломних проектах, роботах та магістерських дисертаціях студентів за освітньо-кваліфікаційними рівнями «бакалавр» та «магістр» для студентів спеціальності механічного факультету ХНАДУ. / Укладачі: О.І. Богатов, О.В. Крайнюк – Харків: ХНАДУ, 2023 – 41 с.

24. Методичні вказівки до виконання дипломного проекту бакалавра за спеціальністю 133 Галузеве машинобудування Освітня програма «Автомобілебудування». Розділ дипломного проекту: «Оцінка вартості розробки». / Укладач: Михалевич Н.Г – ХНАДУ, 2019. – 23 с.

15. <https://www.work.ua/salary-kharkiv-%D1%96%D0%BD%D0%B6%D0%B5%D0%BD%D0%B5%D1%80-%D0%BA%D0%BE%D0%BD%D1%81%D1%82%D1%80%D1%83%D0%BA%D1%82%D0%BE%D1%80/> (дата звернення 02.06.2026).