

Міністерство освіти і науки України
Харківський національний автомобільно-дорожній університет

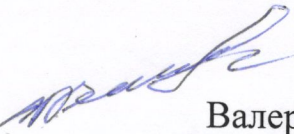
Автомобільний факультет

Кафедра автомобілів ім. А.Б. Гредескула

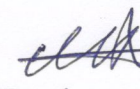
КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
бакалавра
А.АВТ-АА-41-22.2340.2200.000 ПЗ

**ТРАНСПОРТНИЙ ЗАСІБ КАТЕГОРІЇ N₂. РОЗРОБКА КАРДАННОЇ ПЕРЕДАЧІ
ТА ДОСЛІДЖЕННЯ ЕЛЕМЕНТІВ ПАСИВНОЇ БЕЗПЕКИ АВТОМОБІЛЯ**

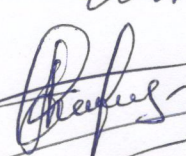
Завідувач кафедри д-р техн. наук, проф.

 Валерій КЛИМЕНКО

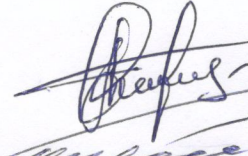
Нормоконтролер канд. техн. наук, доц.

 Михайло ХОЛОДОВ

Керівник канд. техн. наук, проф.

 Олександр ЯРИТА

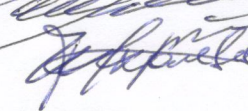
Консультант д-р техн. наук, проф.

 Олександр ПОЛЯНСЬКИЙ

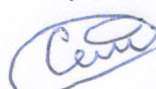
Консультант канд. техн. наук, проф.

 Олег БОГАТОВ

Консультант д-р техн. наук, проф.

 Микола МИХАЛЕВИЧ

Здобувач гр. АА-36т1-22

 Родіон СЕМИКОПНИЙ

Харків – 2026

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**

Семикопному Родіону Андрійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Транспортний засіб категорії N₂. Розробка карданної передачі та дослідження елементів пасивної безпеки автомобіля

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 – $m_v=5000$ кг;

– максимальна швидкість $v_{\max}=130$ км/год;

– сумарний коефіцієнт опору дороги, який долається при малій швидкості

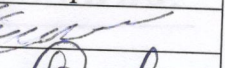
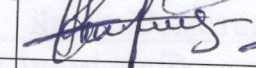
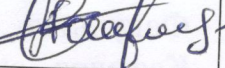
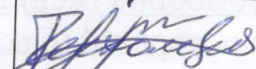
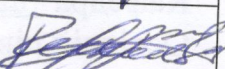
$\psi_0 = f_0 = 0,012$;

– максимальний коефіцієнт опору дороги, який долається $\psi_{\max}=0,35$.

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. Дослідження елементів пасивної безпеки автомобіля 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); Стакан підшипника (А3); Хрестовина (ф. А3); Дослідження елементів пасивної безпеки автомобіля; (ТК, А1); Технологія виготовлення стакана підшипника (ТК, А1).

6. Консультанти розділів роботи

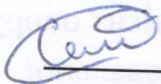
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці	Богатов О.І., к.т.н, проф.		
Технологічна частина	Полянський О.С., д.т.н, проф.		
Оцінка вартості розробки	Михалевич М.Г., д.т.н, проф.		

7. Дата видачі завдання 06 квітня 2026 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

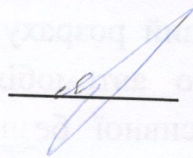
№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Вступ. Тяговий розрахунок транспортного засобу	25.04.2026	
2	Аналіз тягово-швидкісних характеристик транспортного засобу	05.05.2026	
3	Проектування карданної передачі	12.05.2026	
4	Дослідження елементів пасивної безпеки автомобіля	18.05.2026	
5	Технологія виготовлення стакана підшипника	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



Родіон СЕМИКОПНИЙ

Керівник роботи



Олександр ЯРИТА

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційній робота бакалавра містить: 76 с., 7 рис., 12 табл., 1 додаток, 15 джерел.

Об'єкт дослідження – конструкція трансмісії вантажного автомобіля категорії N2 та загальні інженерні системи забезпечення пасивної безпеки автомобілів.

Мета роботи – проведення тягово-динамічного розрахунку вантажного автомобіля, конструкторська розробка посиленої карданної передачі, проектування технологічного процесу виготовлення хрестовини карданного шарніра та комплексне дослідження сучасних систем та елементів пасивної безпеки автомобілів.

Методи дослідження – аналітичні та графоаналітичні методом тягово-динамічного розрахунку автомобіля, методи теорії машинобудування для проектування маршрутів обробки деталей, аналітичний розрахунок режимів різання, технічного нормування та зусилля затиску пристосувань, а також системний аналіз конструкцій та принципів дії елементів захисту пасажирів і водіїв.

У кваліфікаційній роботі виконано загальне компоновання та визначено технічні характеристики проектного вантажного автомобіля категорії N2 повною масою 8360 кг із шестиступінчастою коробкою передач. Проведено повний тягово-динамічний розрахунок із побудовою зовнішньої швидкісної характеристики двигуна, потужнісного балансу, тягової та динамічної характеристик автомобіля.

В конструкторській частині розроблено посилену карданну передачу вантажівки під максимальний крутний момент 738,4 Н·м, виконано перевірочні розрахунки вала на критичну частоту обертання, а шліцьового з'єднання — на зминання та знос.

Розроблено технологічний маршрут виготовлення хрестовини карданного шарніра (габаритний розмір 127 мм, діаметр шипа 33,6 мм) із заготовки, отриманої

гарячим об'ємним штампуванням із легованої сталі 20Х. Для базових операцій точіння та шліхування розраховано аналітичні режими різання, штучний час та параметри затискного пристосування.

У дослідницькому розділі здійснено комплексний аналіз елементів пасивної безпеки сучасних автомобілів. Досліджено еволюцію, конструкцію та принцип дії систем утримання, зокрема триточкових ременів безпеки з інерційними катушками, піротехнічними переднатягувачами та обмежувачами зусилля. Розглянуто алгоритми спрацьовування подушок безпеки (Airbags) та їхню взаємодію з ремнями, а також проаналізовано принципи побудови силового каркаса кузова із застосуванням зон запрограмованої деформації для керованого поглинання кінетичної енергії удару та захисту пасажирської капсули.

Проведено розрахунок повної вартості конструкторської розробки та розроблено заходи з охорони праці й цивільного захисту на виробничій ділянці.

ВАНТАЖНИЙ АВТОМОБІЛЬ, КАТЕГОРІЯ N2, КАРДАННА ПЕРЕДАЧА, ХРЕСТОВИНА КАРДАНА, ТЯГОВО-ДИНАМІЧНИЙ РОЗРАХУНОК, ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ПРОЦЕС, МЕХАНІЧНА ОБРОБКА, ПАСИВНА БЕЗПЕКА АВТОМОБІЛЯ, РЕМЕНІ БЕЗПЕКИ, ПОДУШКИ БЕЗПЕКИ, ЗОНИ ДЕФОРМАЦІЇ.

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 проектованого 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	16
2 Аналіз тягово-швидкісних властивостей проектованого автомобіля	19
2.1 Тягова та динамічна характеристики автомобіля	19
2.2 Баланс потужностей автомобіля.....	20
2.3 Показники розгону автомобіля.....	21
2.3.1 Прискорення автомобіля під час розгону	22
2.3.2 Час та шлях розгону автомобіля.....	23
2.4 Аналіз тягово-швидкісних характеристик автомобіля.....	28
2.5 Опис кінематичної схеми трансмісії автомобіля	29
3 Розрахунок карданної передачі.....	32
3.1 Вибір основних параметрів карданної передачі	32
3.2 Розрахунок елементів карданної передачі.....	32
3.2.1 Розрахунок карданного валу	32
3.2.2 Розрахунок хрестовини карданного шарніра	35
3.3 Розрахунок вилки карданного шарніра.....	37
3.4 Розрахунок болтів кріплення карданного валу	39
3.5 Розрахунок шліцьового з'єднання	41
4. Дослідження елементів пасивної безпеки автомобіля	45
4.1 Загальні положення та складові системи пасивної безпеки	45

4.2 Конструктивні особливості, класифікація та еволюція ременів безпеки.....	45
4.2.1 Історичний аспект розвитку та впровадження утримуючих систем	46
4.2.2 Класифікація ременів безпеки за кількістю точок кріплення	47
4.2.3 Конструктивні компоненти та фізика роботи сучасного ремня.....	49
4.2.4 Системи активного захисту: переднатягувачі та обмежувачі зусилля.....	50
4.3 Історичний розвиток	51
4.3.1 Будова сучасних триточкових ременів	52
4.3.2 Системи подушок безпеки (Airbags)	53
4.3.3 Зони програмованої деформації та силовий каркас кузова	54
4.4 Висновки та перспективи розвитку систем пасивної безпеки	56
5 Розробка технологічного процесу виготовлення хрестовини карданного шарніру	57
5.1 Аналіз технологічності конструкції та вибір матеріалу заготовки.....	57
5.2 Проектування технологічного маршруту механічної обробки	57
5.3 Вибір обладнання, різального та вимірювального інструменту	59
6 Охорона праці.....	60
6.1 Аналіз небезпечних та шкідливих виробничих факторів на ділянці механічної обробки хрестовини карданного шарніра.....	60
6.2 Інженерні заходи та засоби забезпечення безпеки праці.....	61
6.3 Виробнича санітарія, гігієна праці та пожежна безпека ділянки.....	62
6.4 Безпека в надзвичайних ситуаціях	63
7 Оцінка вартості розробки карданної передачі	65
7.1 Загальні положення.....	65
7.2 Розрахунок трудомісткості та вартості графічних робіт і тривимірного моделювання	65
7.3 Розрахунок вартості текстової документації та контролю	66
7.4 Календарне планування та етапи виконання проекту	67
7.5 Розрахунок повного кошторису витрат на проектування.....	68
Список літератури.....	72
Додаток А Презентаційний матеріал до кваліфікаційної роботи	75

ВСТУП

В сучасних умовах інтенсивного розвитку автомобільного транспорту особливу увагу приділяють підвищенню надійності, безпеки та ефективності транспортних засобів. Автомобілі категорії N2, які призначені для перевезення вантажів, займають провідне місце в структурі комерційної логістики та вантажних перевезень, і через це є об'єктом постійного вдосконалення з боку конструкторів і науковців.

Одними з ключових елементів, що безпосередньо впливають на експлуатаційні характеристики вантажного автомобіля, є трансмісія та системи безпеки. Карданна передача, як складова трансмісії, яка відповідає за перенесення крутного моменту від коробки передач до головної передачі в умовах високих знакозмінних навантажень, забезпечує загальну надійність транспортного засобу. Її конструкція повинна відповідати суворим вимогам міцності, довговічності, жорсткості та технологічності виготовлення.

Окремої уваги серед засобів захисту екіпажу та учасників дорожнього руху заслуговують системи пасивної безпеки автомобіля. Вони відіграють вирішальну роль у мінімізації наслідків дорожньо-транспортних пригод, запобігаючи травмуванню людей у момент аварії, коли системи активного захисту вже не в змозі її уникнути. Сучасні утримуючі пристрої, такі як ремені безпеки з піротехнічними переднатягувачами та обмежувачами зусилля, подушки безпеки, а також конструктивні зони запрограмованої деформації кузова забезпечують ефективне поглинання кінетичної енергії удару та збереження життєвого простору салону.

Метою кваліфікаційної роботи бакалавра є розробка посиленої карданної передачі для транспортного засобу категорії N2 з урахуванням технічних вимог і розрахункових динамічних навантажень, а також комплексне дослідження та аналіз конструкцій і принципів дії сучасних елементів пасивної безпеки автомобіля для забезпечення максимальної ефективності захисту людини.

Актуальність роботи обумовлена необхідністю підвищення експлуатаційної надійності комерційного вантажного транспорту, а також безперервним

удосконаленням засобів загальної пасивної безпеки автомобілів, що безпосередньо впливає на техніко-експлуатаційні показники та зниження рівня дорожньо-транспортного травматизму.

ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі бакалавра повністю вирішено комплексну науково-технічну задачу з проектування середньотоннажного вантажного автомобіля категорії N2, конструкторської розробки його карданної передачі, проектування технології виготовлення хрестовини шарніра та загального дослідження систем пасивної безпеки автомобілів.

За результатами виконання проєкту можна зробити такі висновки:

1. На основі аналізу сучасного стану ринку комерційних перевезень обґрунтовано параметри проєктованого вантажного автомобіля категорії N2 з безкапотною кабіною та кузовом типу фургон. Визначено базові масо-габаритні характеристики: вантажопідйомність становить 5000 кг, споряджена маса – 3200 кг, а повна маса автомобіля складає 8360 кг.

2. Проведений повний тягово-динамічний розрахунок підтвердив правильність вибору силового агрегату потужністю 183,6 кВт та шестиступінчастої коробки передач із передавальним числом вищої передачі 0,75 та головної передачі 3,50. Побудовані графіки потужнісного балансу, тягової та динамічної характеристик доводять, що автомобіль володіє високими динамічними властивостями та здатний досягати максимальної розрахункової швидкості 130 км/год.

3. В конструкторській частині розроблено оригінальну посилену конструкцію карданної передачі, яка надійно працює в умовах передачі пікового крутного моменту двигуна 738,4 Н·м. За результатами перевірочних розрахунків визначено параметри вала з трубою зовнішнім діаметром 82 мм, а розрахунки шліцьового з'єднання типу 8x56x62 підтвердили його довговічність та стійкість до зминання і зносу під дією знакозмінних навантажень.

4.

5. Розроблено прогресивний технологічний процес механічної обробки хрестовини карданного шарніра (габаритний розмір 127 мм, діаметр шипа 33,6 мм) в умовах серійного виробництва. Як матеріал заготовки, отриманої гарячим об'ємним штампуванням, обрано леговану сталь 20X. Для ключових токарної та

круглошліфувальної операції розраховано аналітичні режими різання та визначено норму штучного часу. Спроектоване спеціальне верстатне пневматичне пристосування з діаметром циліндра 100 мм, яке забезпечує стабільне зусилля затиску кулачків у 2631 Н, що повністю гарантує надійність фіксації та безпеку обробки.

6. У дослідницькому розділі проведено комплексний аналіз елементів пасивної безпеки сучасних автомобілів. Досліджено еволюцію, конструкцію та принцип дії систем утримання, зокрема триточкових ременів безпеки з інерційними катушками, піротехнічними переднатягувачами та обмежувачами зусилля. Розглянуто алгоритми спрацьовування подушок безпеки (Airbags) та їхню взаємодію з ременями, а також проаналізовано принципи побудови силового каркаса кузова із застосуванням зон запрограмованої деформації для керованого поглинання кінетичної енергії удару та захисту пасажирської капсули.

7. В економічному розділі проведено повну оцінку вартості проектно-конструкторської розробки карданної передачі. Загальна трудомісткість проекту склала 616,6 годин, а повна кінцева ціна науково-технічної розробки з урахуванням собівартості, планового прибутку та ПДВ становить 152 351,44 грн.

8. У розділі охорони праці проаналізовано потенційні небезпечні та шкідливі фактори на виробничій ділянці, запропоновано інженерні засоби захисту персоналу, системи захисного заземлення і занулення обладнання, а також чітко регламентовано заходи цивільного захисту та безпеки в надзвичайних ситуаціях в умовах дії воєнного стану.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Електронний ресурс: <https://autoline.ua/blog/mercedes-benz-atego-815-ohliad-vantazhivky/>.
2. Електронний ресурс: <https://autoline.ua/blog/iveco-eurocargo-ohliad-vantazhivky/>.
3. 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.
4. Шуклінов С.М. Автомобіль. Теорія та експлуатаційні властивості: навч. посіб. / С.М. Шуклінов, М.М. Альокса. – Харків : ФОП Бровін О.В., 2022. – 280 с.
5. 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.
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://master.shop/articles/scho-vklyuchayuty-sistemi-bezpeki-avtomobilya>.
8. Електронний ресурс: <https://airbag-service.com.ua/stati/kak-rabotayut-podushki-bezopasnosti/>.
9. Електронний ресурс: https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%A0%D0%B5%D0%BC%D1%96%D0%BD%D1%8C_%D0%B1%D0%B5%D0%B7%D0%BF%D0%B5%D0%BA%D0%B8.
10. Електронний ресурс: <https://mechanizaceweb.cz/z-alr-na-elr/>.

11. 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.

12. Пістун І.П., Березовецький А.П. та ін. «Охорона праці на автомобільному транспорті: Навчальний посібник.» – Львів: «Тріада плюс», 2009.

13. 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.

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

15. Електронний ресурс:
<https://ua.indeed.com/career/%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/salaries>.