

Міністерство освіти і науки України

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

Автомобільний факультет

Кафедра автомобілів ім. А.Б. Гредескула

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

бакалавра

А.АВТ-АА41-22.3201.2400.010 ПЗ

**ТРАНСПОРТНИЙ ЗАСІБ КАТЕГОРІЇ M₁. РОЗРОБКА КОРОБКИ ПЕРЕДАЧ ТА
АНАЛІЗ МЕХАНІЗМІВ ПЕРЕМІКАННЯ ПЕРЕДАЧ**

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

 Валерій КЛИМЕНКО

Нормоконтролер канд. техн. наук, доцент

 Михайло ХОЛОДОВ

Керівник канд. техн. наук, доцент

 Євген ДОН

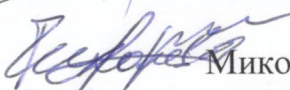
Консультант, канд. техн. наук, проф.

 Юрій ДУДУКАЛОВ

Консультант, канд. техн. наук, проф.

 Олег БОГАТОВ

Консультант, д-р. техн. наук, проф.

 Микола МИХАЛЕВИЧ

Здобувач гр. АА-41-22

 Даніїл ГРІШИН

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

Грішину Даніїлу Валерійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. **Тема роботи** Транспортний засіб категорії М₁. Розробка коробки передач та аналіз механізмів перемикання передач

керівник Дон Євген Юрійович, к.т.н., доц.

(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, $\psi_{\max}=0,42$. Максимальна швидкість

$V_{\max}=182$ км/год. Коефіцієнт сумарного дорожнього опору при русі з максимальною швидкістю $\psi_V=0,018$. Кількість пасажирських місць 3.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): Вступ; Вибір основних параметрів проектного автомобіля; Аналіз тягово-швидкісних характеристик проектного автомобіля; Розрахунок коробки передач; Аналіз механізмів перемикання передач; Розробка технологічного процесу виготовлення муфти синхронізатора; Охорона праці; Розрахунок вартості розробки коробки передач. Висновки. Перелік посилань. Додатки.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): Загальний вид транспортного засобу категорії М₁ (ГК, ф. А1); Кінематична схема трансмісії (КЗ, ф. А1); Аналіз тягово-швидкісних властивостей (ТК, ф. А1); Складальне креслення коробки передач (СК, ф. А1); Робочі кресленики (ф. А2); Технологія виготовлення муфти синхронізатора (КЕ, ф. А2); Аналіз механізмів перемикання передач (ТК, ф. А1);

6. Консультанти розділів проекту

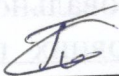
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці	Богатов О.І., к.т.н, проф.	01.05.2026	10.05.2026
Технологічна частина	Дудукалов Ю.В., к.т.н, проф.	01.05.2026	10.05.2026
Оцінка вартості розробки	Михалевич М.Г., д.т.н, проф.	01.05.2026	10.05.2026

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 проектованого автомобіля	09.05.26	
2	Аналіз тягово-швидкісних характеристик проектованого автомобіля	15.05.26	
3	Розрахунок коробки передач	20.05.26	
4	Розробка технологічного процесу виготовлення муфти синхронізатора	25.05.26	
5	Аналіз механізмів перемикування передач	29.05.26	
6	Охорона праці	03.06.26	
7	Оцінка вартості розробки головної передачі	05.06.26	
8	Оформлення пояснювальної записки	08.06.26	
9	Підготовка презентації до захисту	08.06.26	

Здобувач


(підпис)

Данііл ГРІШИН
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи


(підпис)

Свєген ДОН
(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота містить містить: 89 с., 19 рис., 20 табл., 23 джерела, 4 додатка.

ТРАНСПОРТНИЙ ЗАСІБ, ТРАНСМІСІЯ, КОРОБКА ПЕРЕДАЧ, КРУТНИЙ МОМЕНТ, МЕХАНІЗМ ПЕРЕМИКАННЯ, ТРОСИКОВИЙ ПРИВІД, СИСТЕМА *SHIFT-BY-WIRE*.

Об'єкт дослідження – транспортний засіб категорії M_1 .

Мета роботи – розробка коробки передач транспортного засобу категорії M_1 .

У процесі виконання роботи було здійснено аналіз конструкцій транспортних категорії M_1 . Особлива увага приділялася конструкції коробок передач та аналізу систем керування процесом перемикавання передач. Проаналізувавши переваги та недоліки існуючих конструкцій, була розроблена коробка передач транспортного засобу категорії M_1 , яка відповідає всім вимогам, має високі технологічні і експлуатаційні показники.

Механізм перемикавання передач є одним із найважливіших вузлів механічної коробки передач автомобіля, оскільки забезпечує вибір необхідної передачі та передачу керуючих зусиль від водія до внутрішніх елементів коробки передач. Основним призначенням механізму перемикавання передач є забезпечення надійного, точного та безпечного перемикавання передач залежно від дорожніх умов, швидкості руху транспортного засобу та навантаження на двигун. Від конструкції та технічного стану механізму перемикавання значною мірою залежать комфорт керування автомобілем, довговічність трансмісії та безпека експлуатації транспортного засобу.

Результати можуть бути використані при проектуванні трансмісій для транспортних засобів категорії M_1 або модернізації вже існуючих.

ЗМІСТ

Вступ.....	7
1 Вибір, обґрунтування і розрахунок параметрів проектного автомобіля	8
1.1 Аналіз параметрів автомобілів-аналогів.....	8
1.2 Вибір і обґрунтування габаритно-вагових параметрів автомобіля	10
1.3 Опис кінематичної схеми автомобіля	11
2 Аналіз тягово-швидкісних характеристик проектного автомобіля	13
2.1 Розрахунок максимальної потужності двигуна	13
2.2 Побудова зовнішньої швидкісної характеристики двигуна (ЗШХД).....	14
2.3 Визначення передавальних чисел трансмісії	16
2.4 Тяговий розрахунок	17
2.5 Оцінка показників розгону автомобіля.....	19
2.6 Розрахунок балансу потужності автомобіля	22
2.7 Аналіз тягово-швидкісних характеристик автомобіля.....	23
3 Розрахунок коробки передач.....	25
3.1 Опис обраної конструкції вузла.....	25
3.2 Вибір основних параметрів коробки передач	25
3.3 Розрахунок елементів коробки передач на міцність і довговічність.....	33
3.4 Розрахунок валів на статичну міцність і жорсткість.....	39
3.5 Вибір підшипників	45
3.6 Розрахунок синхронізаторів.....	49
4 Аналіз механізмів перемикання передач	53
5 Розробка технологічного процесу виготовлення муфти синхронізатора	66
5.1 Опис деталі.....	66
5.2 Розробка технологічного процесу	67
5.3 Розрахунок режимів різання	70
5.4 Розрахунок норми часу	70
6 Охорона праці	71
6.1 Охорона праці при експлуатації транспортного засобу категорії M_1	71

6.2 Загальні вимоги до плавності ходу автомобіля	71
6.3 Техніка безпеки	73
6.4 Пожежна безпека.....	74
6.5 Охорона навколишнього середовища	75
6.6 Розрахунок транспортного засобу на ковзання і перекидання.....	76
7 Розрахунок вартості розробки коробки передач.....	80
7.1 Загальні положення.....	80
7.2 Норми часу	81
Висновки	86
Перелік посилань.....	87
Додаток А Кінематична схема трансмісії автомобіля.....	90
Додаток Б Графіки до тягово-швидкісного аналізу автомобіля.....	91
Додаток В Специфікація до складального кресленника	99
Додаток Г Презентаційний матеріал до кваліфікаційної роботи	102

ВСТУП

Механізм перемикання передач належить до ключових елементів механічної коробки передач автомобіля, оскільки саме він забезпечує вибір необхідного режиму роботи трансмісії та передає керуючі дії водія до внутрішніх вузлів коробки передач. Його основною функцією є здійснення чіткого, надійного та безпечного перемикання передач відповідно до швидкості руху автомобіля, дорожньої ситуації та режиму навантаження двигуна. Від конструктивних особливостей і технічного стану цього механізму значною мірою залежать зручність керування транспортним засобом, ресурс роботи трансмісії та загальний рівень безпеки під час експлуатації автомобіля.

У процесі розвитку автомобільної техніки механізми перемикання передач зазнали суттєвих змін і вдосконалень. На ранніх етапах автомобілебудування використовувалися прості важільні конструкції, які безпосередньо взаємодіяли з вилками перемикання передач усередині коробки. Подальше ускладнення конструкції автомобілів і зростання вимог до комфорту та ергономіки сприяли появі дистанційних систем керування. Сьогодні в сучасних транспортних засобах все більшого поширення набувають електронні системи перемикання передач із використанням селекторів. Незважаючи на відмінності у конструкції та принципі дії, усі механізми перемикання передач умовно поділяють на три основні категорії: механічні (ручні), дистанційні, до яких належать кулісні та тросові приводи, а також електронні системи керування передачами.

ВИСНОВКИ

У результаті дослідження механізмів перемикання передач механічних коробок передач було встановлено, що вони є важливою складовою трансмісії автомобіля та забезпечують ефективну взаємодію водія з коробкою передач. Від конструкції механізму перемикання значною мірою залежать плавність зміни передач, комфорт керування транспортним засобом, надійність роботи трансмісії та безпека експлуатації автомобіля. Розглянуто основні види механізмів перемикання передач: механічні (ручні), дистанційні (кулісні та тросові) та електронні системи керування. Встановлено, що механічні механізми відзначаються простотою конструкції, високою надійністю та низькою вартістю експлуатації. Водночас вони мають певні обмеження щодо компонування автомобіля та ергономіки робочого місця водія. Дослідження дистанційних механізмів показало, що кулісні та тросові системи дозволяють більш раціонально розміщувати агрегати трансмісії та підвищують комфорт керування. Тросові приводи додатково забезпечують зниження рівня шуму та вібрацій, що позитивно впливає на експлуатаційні характеристики сучасних автомобілів. Особливу увагу приділено електронним селекторам перемикання передач, які забезпечують високу точність керування, можливість інтеграції з електронними системами автомобіля та підвищення рівня безпеки. Разом із тим такі системи характеризуються більшою складністю конструкції та вищою вартістю виробництва й обслуговування. Отже, кожен із розглянутих типів механізмів перемикання передач має свої переваги та недоліки. Сучасні тенденції розвитку автомобілебудування свідчать про поступовий перехід до електронних систем керування трансмісією, однак традиційні механічні та дистанційні механізми залишаються актуальними завдяки своїй надійності, простоті та економічній доцільності. Подальше вдосконалення механізмів перемикання передач спрямоване на підвищення точності роботи, зменшення втрат енергії, покращення ергономіки та інтеграцію з інтелектуальними системами керування транспортними засобами.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Альокса М.М. Теорія експлуатаційних властивостей автотранспортних засобів в прикладах і завданнях / М.М. Альокса, Алексеєнко В.М., Гредескул А.Б. Учеб. посіб. - К .: УМК ВО, 1990. - 100 с.
2. 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.
3. Bosch Automotive Handbook. 10th Edition. – Stuttgart : Robert Bosch GmbH, 2018. – 1168 p.
4. Heisler H. Advanced Vehicle Technology. 3rd Edition. – Oxford : Butterworth-Heinemann, 2021. – 912 p.
5. Naunheimer H., Bertsche B., Ryborz J., Novak W. Automotive Transmissions: Fundamentals, Selection, Design and Application. – Berlin : Springer, 2019. – 715 p.
6. Erjavec J., Thompson R. Automotive Technology: A Systems Approach. 7th Edition. – Boston : Cengage Learning, 2020. – 1680 p.
7. Halderman J. D. Automotive Technology: Principles, Diagnosis and Service. 6th Edition. – New York : Pearson Education, 2022. – 1760 p.
8. Gilles T. Automotive Service: Inspection, Maintenance, Repair. 6th Edition. – New York : Delmar Cengage Learning, 2021. – 1584 p.
9. Каслін М.Д. Методичні вказівки щодо розробки розділу «Охорона праці» у дипломних проектах (роботах) студентів всіх форм навчання випускних курсів університету. / Укладачі: М.Д. Каслін, Л.В. Штода – Харків; ХНАДУ, 2018 – 29 с., іл./.
10. Михалевич М.Г. Методичні рекомендації до практичної роботи по дисципліні: Основи САПР КГТЗ «Оцінка вартості розробки» / М.Г.Михалевич — ХНАДУ, 2012. – 19 с.
11. Mikhalevich, M., Yarita, A., Leontiev, D., Gritsuk, I. et al., "Selection of Rational Parameters of Automated System of Robotic Transmission Clutch Control on

the Basis of Simulation Modelling," SAE Technical Paper 2019-01-0029, 2019, <https://doi.org/10.4271/2019-01-0029>.

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. Шуклінов С. М., Леонтьєв Д. М., Холод А. В. (2025). Щодо питання теоретичного дослідження кулькових шарнірів типу BIRFIELDRZEPPA. *Сучасне автомобілебудування, транспорт і дорожня інфраструктура '2025 – МАІТРИ 2025 : наук. пр. Міжнар. наук.-практ. конф., Харків, 30–31 жовт. 2025 р. : до Дня автомобіліста та дорожника та з нагоди 95-річчя Харків. нац. автомоб.-дор. ун-ту*. С. 68–71.

15. 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

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

17. 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

18. Shuklinov S. M., Klymenko V. I., Leontiev D. M., Aloksa M. M. (2023). *Automobile. Theory and operational properties : study guide*.

19. Klymenko V. I., Voronkov O. I., Leontiev D. M., Mykhalievych M. H., Yaryta O. O., Ponikarovska S. V., Borzenko O. P., Fandiev A. Ye. (2023).

Construction and layout of automobiles and internal-combustion engines : study guide.
– ISBN 978-617-8009-99-1

20. Богомолов, 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

21. 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

22. 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>

23. Леонтьєв Д. М., Смирнова Н. В. (2014) Узагальнення рівнянь руху автомобілів для розрахунку швидкості вільного руху. *Автомобільний транспорт*, (34), 44-48.