

О.П. Захарчук, доц., канд. техн. наук

Західноукраїнський національний університет, Тернопіль, Україна

e-mail: olenaskyba8500@gmail.com

Теоретичне дослідження експлуатаційних характеристик пасажирського автобуса з оптимізацією передаточних відношень коробки передач

У статті досліджується вплив різних методик розрахунку перевальних чисел на тягово-швидкісні властивості та паливну економічність транспортного засобу через проведення порівняльної характеристики ефективності класичних підходів до оптимізації трансмісії. Предметом досліджується пасажирський автобус Van Hool 915 Acron, обладнаний механічною коробкою перемикання передач (КПП). Побудовано графічні залежності швидкості руху, тягового зусилля на ведучих колесах та питомої витрати палива на четвертій передачі, що дозволило наочно оцінити вплив структури передаточного ряду на експлуатаційні показники транспортного засобу. Встановлено, що різні методи розрахунку передаточного ряду по-різному впливають на експлуатаційні характеристики транспортного засобу. Визначено, що найкращі показники паливної економічності отримано при використанні методу Чудакова, тоді як метод Токарева забезпечує підвищені тягові можливості. Метод Лейдермана дозволяє досягти компромісу між динамічними та економічними характеристиками. Доведено, що оптимізація передаточного ряду є ефективним інструментом підвищення енергоефективності транспортних засобів і може бути використана при проектуванні та модернізації трансмісій автобусів.

трансмісія, передавальне число, тягові характеристики, динамічні характеристики, витрата палива, оптимізація

Постановка проблеми. На сучасному етапі розвиток автомобільного транспорту спостерігається зростанням вимог до паливної економічності, екологічної безпеки та ефективності експлуатації транспортних засобів. Передусім це стосується пасажирських автобусів, що виконують міжміські та міжнародні перевезення й експлуатуються в умовах тривалого руху з відносно стабільною швидкістю. У таких умовах навіть незначні відхилення режиму роботи двигуна від оптимальної зони можуть спричинити суттєве збільшення витрат палива та сприяти зниженню загальної ефективності перевезень.

Структура трансмісії, а саме передавальні числа коробки перемикання передач є одним із ключових факторів, що визначають ефективність використання потужності двигуна. Якщо передавальний ряд не відповідає умовам експлуатації, це призводить до роботи двигуна в неекономічних режимах, зниження тягових властивостей на окремих ділянках руху, а також спричиняє швидке зношування агрегатів. Зазвичай стандартні механічні коробки передач старого зразка не враховують специфіку реальних умов експлуатації автобусів, що обмежує можливості досягнення оптимальних показників. Разом з тим класичні методики підбору передавальних чисел (геометрична, арифметична прогресії, методи Лейдермана, Чудакова, Токарева тощо) дають різні результати та не забезпечують універсального рішення, яке б могла одночасно забезпечити високі динамічні, економічні та експлуатаційні характеристики. Це зумовлює необхідність проведення комплексного аналізу та порівняння різних підходів до формування передавального ряду з урахуванням конкретних умов роботи транспортного засобу.

Таким чином, вибір та обґрунтування раціональних передавальних чисел коробки передач пасажирського автобуса є актуальною науково-практичною задачею, вирішення якої забезпечує підвищення паливної економічності, покращення тягово-швидкісних характеристик без суттєвих конструктивних змін базового транспортного засобу.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Протягом останніх десяти років дослідження в галузі оптимізації передаточних чисел трансмісій транспортних засобів спрямовані на підвищення паливної економічності, покращення динамічних характеристик та зниження шкідливих викидів. Особлива увага зосереджується на комплексному підході, що передбачає одночасну оптимізацію передаточних чисел і стратегій перемикання передач. Так, у роботі К. Дж. Оглієва, М. Мохаммадпура, Х. Рахнеджаат (С. J. Oglieve, M. Mohammadpour, H. Rahnejat) [1] встановлено, що узгоджена оптимізація передаточного ряду та алгоритму перемикання дозволяє покращити паливні характеристики без погіршення розгінних характеристик автомобіля.

У роботі Ньюмана К. та Декракера П. (Newman K. та Dekraker P.) [2] проведено комплексне моделювання впливу кількості передач, закону розподілу передавальних чисел, а також передаточного числа головної передачі на паливну економічність та параметри розгону транспортного засобу. Автори встановили, яким чином вибір структури передавального ряду впливає на витрати палива, та визначили, що раціональний варіант обирається як компроміс між динамічними показниками та паливною економічністю. Таким чином, підтверджено необхідність порівняння різних схем формування ряду передач на етапі проектування.

У роботі Бера П. (Bera P.) [3], де запропоновано алгоритмічний підхід до визначення передавальних чисел механічної коробки передач, який на відміну від класичних методів, враховує одночасно динамічні характеристики автомобіля, витрати палива, умови експлуатації та ергономічні вимоги. Автором розроблено універсальну процедуру розрахунку, яка дає можливість виконувати порівняння різних варіантів передавального ряду та за сукупністю критеріїв обирати оптимальний. У роботі Ахсана М.Р. (Ahssan M.R.) та ін. [4] розглянуто оптимізацію передавальних чисел і алгоритму перемикання передач для двоступеневої трансмісії електромобіля. Встановлено, що врахування швидкості руху, прискорення та дорожніх умов дає можливість підвищити енергоефективність на 4-7,5 %. Це підтверджує ефективність адаптивного підбору передавальних чисел.

Окремо можна виділити дослідження, орієнтовані на розроблення математичних моделей для оптимального підбору передаточних чисел. У роботі [5] запропоновано методику оптимізації передавального числа безступінчастої трансмісії, враховуючи динамічні характеристики та паливну економічність транспортного засобу. Продemonстровано залежність оптимального закону зміни передавального числа від режиму руху транспортного засобу та характеристик двигуна. У працях Чжан К. (Zhang Q.) [6], досліджується зв'язок між передавальними числами та ККД трансмісії, що дозволяє підвищити загальну ефективність силового агрегату до 95 % шляхом узгодження параметрів передавальних чисел.

У працях вітчизняних вчених, зокрема Криворот А.І. [7] та ін. розглянуто вплив різних методик підбору передаточних чисел коробки передач на паливну економічність і тягово-швидкісні властивості вантажного транспортного засобу. Автори здійснили порівняльний аналіз рядів передаточних чисел, сформованих за законами геометричної, арифметичної та гармонічної прогресій, а також за методиками мінімізації витрат палива, часу розгону та методом Токарева. З'ясовано, що жодна з розглянутих методик не забезпечує найкращих результатів одночасно за всіма критеріями, а ефективність кожного підходу залежить від умов експлуатації та режимів руху автомобіля. Визначено, що розрахунок оптимальних передаточних чисел повинен

виконуватися на основі всебічного аналізу показників паливної економічності та динамічних характеристик транспортного засобу.

У результаті проведеного дослідження [8, 9] обґрунтовано доцільність удосконалення трансмісії пасажирських автобусів типу Van Hool Acron 915 та Neoplan N316/3 UL шляхом заміни трьох пар шестерень КПП. Зміна передавальних чисел трансмісії суттєво впливає на тягово-швидкісні характеристики транспортного засобу та показники паливної економічності. Встановлено, що впровадження таких рішень у практику експлуатації пасажирських автобусів дозволить підвищити їхню конкурентоспроможність і зменшити витрати палива при виконанні перевезень. Вибір раціональних передавальних чисел трансмісії дозволяє адаптувати транспортний засіб до спеціальних умов експлуатації, тому метою дослідження є проведення порівняльного аналізу показників паливної економічності пасажирського автобуса зі стандартною коробкою передач та з коробкою передач, передаточні відношення якої визначені шляхом оптимізації різними методами підбору.

Постановка завдання. Метою дослідження є розрахунок та порівняння ряду передавальних чисел пасажирського автобуса, комплектованого механічною 8-ступеневою КПП, використовуючи класичні методи підбору. Розрахувати швидкісні, потужнісні та паливно-економічні характеристики досліджуваного транспортного засобу. Здійснити порівняльний аналіз методик підбору на основі експлуатаційних характеристик автобуса.

Виклад основного матеріалу. Пасажирський автобус Van Hool 915 Acron належить до туристичних автобусів великого класу і призначений для виконання міжміських та міжнародних перевезень пасажирів. Це модель старого зразка, обладнана механічною ступінчатою коробкою перемикачів швидкостей ZF 8S180. Передаточні числа коробки передач змінюються в діапазоні від 8,73 на першій передачі до 1,00 на вищій передачі, що свідчить, що даний транспортний засіб володіє хорошими тяговими характеристиками, так як дозволяє забезпечити ефективне використання потужності двигуна, створити значний крутний момент на ведучих колесах під час руху та руху на підйомах.

Таблиця 1 — Вихідні дані для розрахунку

Параметр	Позначення	Значення
Повна маса автобуса	m_a	19000 кг
Максимальний крутний момент двигуна	M_{max}	1850 Н·м
Номінальна частота обертання	n_N	1900 хв ⁻¹
Максимальна швидкість	V_{max}	110 км/год
Динамічний радіус колеса	r_d	0,50 м
ККД трансмісії	η_{mp}	0,92
Кількість передач	z	8
Коефіцієнт аеродинамічного опору	C_x	0,58
Коефіцієнт опору кочення	ψ	0.015
площа лобового опору	F	8,3 м ²
максимальний підйом	i_{max}	25%
Головна передача	u_0	4,07
Підвищувальна 8-ма передача	u_{k8}	0,80
Довжина	D	12,0
Ширина	III	2,55 м
Висота	B	3,65 м
Колісна база		5,91 м
колісна формула		4×2

Джерело: розроблено автором

Як силовий агрегат використовується дизельний двигун MAN D2866 LOH29 із робочим об'ємом 11,967 л. Двигун розвиває максимальну потужність до 301 кВт при номінальній частоті обертання 1900 хв^{-1} , а максимальний крутний момент становить $1850 \text{ Н}\cdot\text{м}$ і досягається в діапазоні $900\text{-}1300 \text{ хв}^{-1}$. Така характеристика двигуна забезпечує високі тягові можливості на низьких обертах, що є важливим для автобусів, які працюють у змінних дорожніх умовах і при значних навантаженнях.

Виконаємо розрахунки передавальних чисел 8-ступінчастої КПП для цього автобуса, використовуючи класичні методи підбору та зберігаючи попередню умову, що 8-ма передача є підвищувальною (рис. 1).

Базовим інструментом при проектуванні КПП є метод Лейдермана, при якому відношення між сусідніми передачами є сталим. Це дає можливість забезпечити однакову відносну зміну частоти обертання двигуна при перемиканні передач, що забезпечує більш плавну роботу трансмісії та ефективне використання потужності двигуна. Математично ряд передавальних чисел визначимо із залежності:

$$u_{ki} = u_{k1} \cdot q^{i-1}, \quad (1)$$

де i – номер передачі; u_{ki} – передавальне число i -ї передачі; q – знаменник геометричної прогресії.

З урахуванням крайніх значень передавальних чисел визначили знаменник прогресії:

$$q = \sqrt[z-1]{\frac{u_{k1}}{u_{kz}}}, \quad (2)$$

де z – кількість передач; u_{k1} – передавальне число вищої передачі.

Метод підбору передавальних чисел за діапазоном ефективних обертів двигуна (методика Чудакова) базується на забезпеченні оптимального тягового зусилля на першій передачі та досягнення максимальної швидкості на вищій передачі з рівномірним (близьким до геометричного) розподілом передавальних чисел. За цією методикою з умови подолання максимального підйому (3) визначили передавальне число першої передачі (4). Проміжні передачі розраховували за законом геометричної прогресії між крайніми значеннями.

$$P_{\Sigma} = m_a g(\psi + i_{max}), \quad (3)$$

$$u_1 = \frac{P_{\Sigma} \cdot r_d}{M_{max} \cdot u_0 \cdot \eta_{TP}}. \quad (4)$$

Методика Токарева є інженерним підходом визначення передатних чисел КПП, який забезпечує широкий тяговий діапазон транспортного засобу. Прийmemo $u_{k8}=0,8$. Для 8-ступеневих КПП число ступенів D_k знаходиться в межах $8\text{..}10$ [10, ст. 25]. Прийmemo $D_k=10$, для автобуса такої ваги, тоді $u_{k1}=D_k \cdot u_{k8}= 8,0$. Подальші розрахунки виконані за геометричною прогресією.

Для порівняння скористаємося методом арифметичної прогресії як найпростішим способом формування передавального ряду коробки передач. За цим методом передавальні числа змінюються з постійною різницею між сусідніми передачами та утворюють арифметичну прогресію.

$$u_{ki} = u_{k1} - d \cdot (i - 1), \quad (5)$$

де d – різниця прогресії.

$$d = \frac{u_{k1} - u_{kz}}{z - 1}. \quad (6)$$

При застосуванні методу арифметичної прогресії передавальні числа коробки передач змінюються з постійним кроком $d=0,914$.

Таблиця 2 – Порівняння рядів передаточних чисел 8-ступінчастої коробки передач, визначених різними методами

Методика підбору	Передача							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Метод Лейдермана	3,57	2,88	2,33	1,88	1,52	1,23	0,99	0,80
Метод Чудакова	6,05	4,53	3,39	2,54	1,9	1,43	1,07	0,80
Метод Токарева	8,00	5,80	4,20	3,04	2,20	1,59	1,15	0,80
Арифметична прогресія	6,40	5,60	4,80	4,00	3,20	2,40	1,60	0,80
Стандартна КПП	8,73	6,37	4,62	3,67	2,375	1,737	1,26	1

Джерело: розроблено автором

Розрахунок експлуатаційних характеристик транспортного засобу здійснювався із використанням відомих аналітичних залежностей [10]. Зокрема, для кожного варіанта сформованого передавального ряду коробки передач було послідовно визначено швидкісні (V , км/год), тягові (P_k , Н) та паливно-економічні показники (Q , л/100 км) на четвертій передачі (табл. 3-5).

Таблиця 3 – Швидкісні характеристики автобуса на 4-й передачі, (V , км/год)

Методика підбору	Зміна частоти обертання колінчастого валу об/хв					
	900	1100	1300	1500	1700	1900
Метод Лейдермана	29,771	36,387	43,002	49,618	56,234	62,849
Метод Чудакова	22,035	26,932	31,829	36,725	41,622	46,519
Метод Токарева	18,411	22,502	26,593	30,684	34,775	38,867
Арифметична прогресія	13,992	17,101	20,211	23,32	26,429	29,539
Стандартна КПП	15,25	18,639	22,028	25,417	28,806	32,195

Джерело: розроблено автором

Таблиця 4 – Тягові характеристики автобуса на 4-й передачі, (P_k , Н)

Методика підбору	Зміна частоти обертання колінчастого валу об/хв					
	900	1100	1300	1500	1700	1900
Метод Лейдермана	32350	33720	34330	34170	33260	31580
Метод Чудакова	43700	45560	46380	46170	44930	42660
Метод Токарева	52310	54520	55510	55260	53780	51060
Арифметична прогресія	68820	71740	73040	72710	70760	67190
Стандартна КПП	63140	65820	67010	66710	64920	61640

Джерело: розроблено автором

Таблиця 5 – Паливні характеристики автобуса на 4-й передачі, (Q , л/100 км)

Методика підбору	Зміна частоти обертання колінчастого валу об/хв					
	900	1100	1300	1500	1700	1900
Метод Лейдермана	30,161	30,644	31,354	32,206	33,143	33,966
Метод Чудакова	23,04	23,16	23,5	24	24,62	25,26
Метод Токарева	33,995	34,023	34,364	34,96	35,784	36,693
Арифметична прогресія	35,642	35,472	35,642	36,125	36,863	37,744
Стандартна КПП	35,159	35,046	35,273	35,784	36,551	37,431

Джерело: розроблено автором

Для кожного ряду передавальних чисел побудуємо графічні залежності швидкості та тягової характеристики транспортного засобу в діапазоні змін частот обертання колінчастого валу двигуна (рис. 2, 3), та паливно економічну характеристику на четвертій передачі (рис.4).

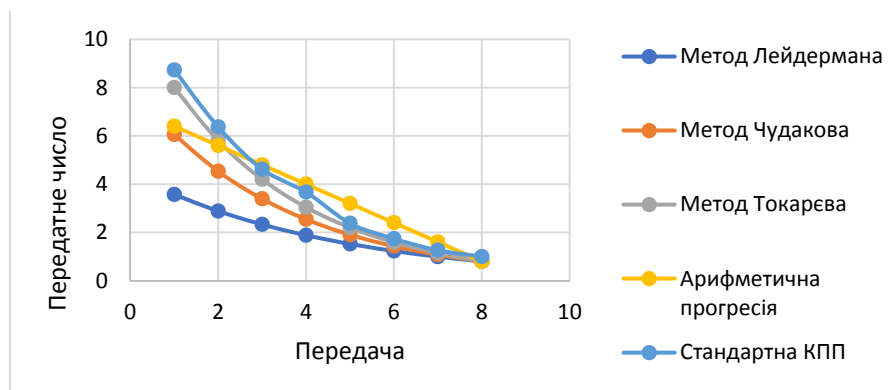


Рисунок 1 - Порівняння передавальних чисел коробки передач, отриманих за різними методиками
Джерело: розроблено автором

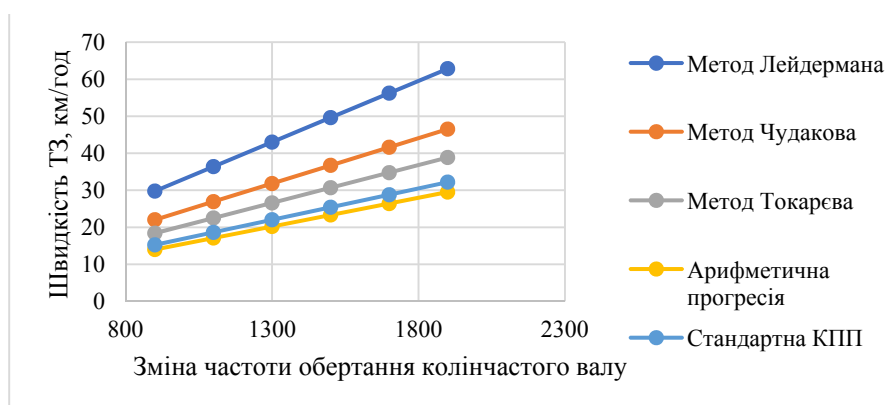


Рисунок 2 – Швидкісні характеристики автобуса на четвертій передачі при використанні різних методик формування передавального ряду коробки передач
Джерело: розроблено автором

З рис. 2 бачимо, що найвищі швидкості забезпечує метод Лейдермана, що пояснюється меншими передавальними числами на середніх передачах, а також Метод Чудакова.

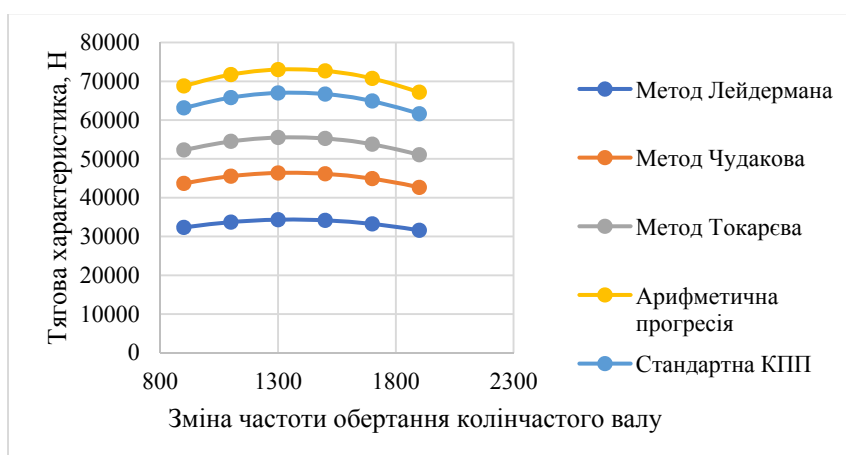


Рисунок 3 – Тягові характеристики автобуса на четвертій передачі при використанні різних методик формування передавального ряду коробки передач
Джерело: розроблено автором

Аналіз рисунка 3 показує, що максимальне тягове зусилля досягається при використанні арифметичної прогресії та методу Токарева. Метод Чудакова забезпечує високі, але помірні значення тягового зусилля, тоді як метод Лейдермана має найнижчі значення тяги. Це пояснюється меншими передавальними числами, які забезпечують більшу швидкість, але менше тягове зусилля.

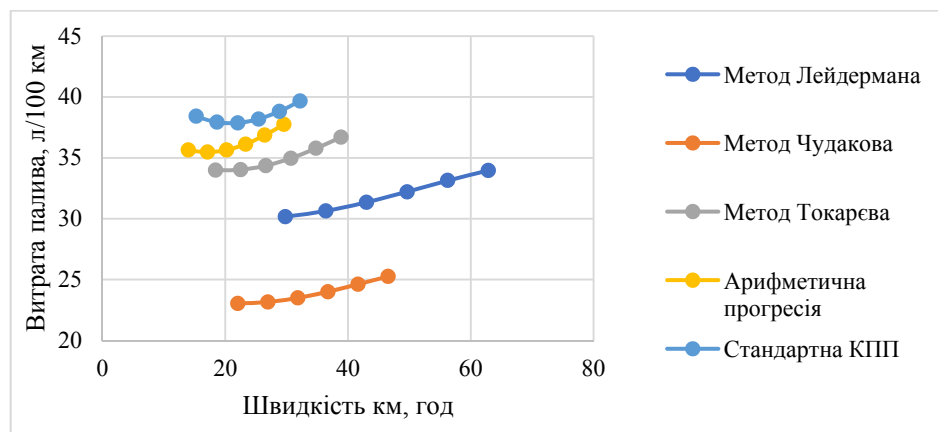


Рисунок 4 – Паливно-економічні характеристики автобуса на четвертій передачі при використанні різних методик формування передавального ряду коробки передач
Джерело: розроблено автором

З рисунка 4 видно, що найменші значення витрати палива характерні для методу Чудакова, що пояснюється кращим узгодженням передавальних чисел із діапазоном ефективної роботи двигуна. Метод Лейдермана демонструє середні значення витрати палива, тоді як метод Токарева, арифметична прогресія та стандартна КПП мають найбільші витрати.

Висновки. У результаті проведеного теоретичного дослідження можна зробити висновок, що різні методики підбору передавальних чисел забезпечують різний баланс між динамічними властивостями та економічністю. Зокрема, метод Лейдермана характеризується рівномірним розподілом передаточних чисел та плавністю зміни режимів роботи двигуна, що позитивно впливає на стабільність руху та керованість автобуса. Метод Чудакова сприяє підвищенню показників паливної економічності, що підтверджується найнижчими значеннями витрати палива у досліджуваному діапазоні режимів роботи двигуна. Методи Токарева та арифметичної прогресії сприяють покращенню тягових характеристик, однак супроводжуються зростанням витрат палива, що обмежує їхню ефективність у міжміських перевезеннях. Порівняльний аналіз зі стандартною коробкою передач показав, що оптимізація передаточних відношень дозволяє покращити окремі експлуатаційні показники автобуса без конструктивного ускладнення трансмісії. Найбільш доцільним з позиції комплексної ефективності є застосування методики Чудакова. Таким чином, оптимізація передаточних чисел коробки передач є ефективним напрямом покращення експлуатаційних характеристик пасажирських автобусів. Це дає можливість знизити витрати палива, покращити тягові властивості та оптимізувати передавальні відношення КПП до спеціальних умов експлуатації транспортного засобу. Так як досліджуваний транспортний засіб експлуатується в міжміських і міжнародних перевезеннях, можемо зробити висновок, що найбільш раціональним методом підбору передавальних чисел КПП є застосування методу Чудакова, оскільки він забезпечує зниження витрати палива на **20–35% порівняно зі стандартною трансмісією**, при збереженні достатніх тягових і швидкісних характеристик автобуса.

Список літератури

1. Oglieve C. J., Mohammadpour M., Rahnejat H. Optimisation of gear ratios and gear shifting strategy for vehicle fuel economy and emissions . *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part D: Journal of Automobile Engineering*. 2017. Vol. 231, No. 7. P. 883–894. DOI: 10.1177/0954407017702985.
2. Newman K., Dekraker P. Modeling the effects of transmission gear count, ratio progression, and final drive ratio on fuel economy and performance . *SAE Technical Paper*. 2016. DOI: 10.4271/2016-01-1143.
3. Bera P. A design method of selecting gear ratios in manual transmissions . *Mechanism and Machine Theory*. 2019. Vol. 133. P. 397–414. DOI: 10.1016/j.mechmachtheory.2018.11.022.
4. Ahssan M. R., Ektesabi M., Gorji S. Gear ratio optimization for a two-speed transmission in electric vehicles . *Energies*. 2020. Vol. 13, No. 19. Article 5073. DOI: 10.3390/en13195073.
5. Li X., Chen B., Evangelou S. A. Optimized design of multi-speed transmissions for parallel hybrid electric vehicles . *IFAC-PapersOnLine*. 2020. Vol. 53, No. 2. P. 14147–14153. DOI: 10.1016/j.ifacol.2020.12.1024.
6. Zhang Q. Coupled modeling of transmission ratio and efficiency for vehicle systems . *Scientific Reports*. 2026. Vol. 16. Article number: 37023. DOI: 10.1038/s41598-026-37023-x.
7. Криворот А. І., Шаповал М. В., Скорик М. О., Шпилька М. М. Теоретичне дослідження паливних характеристик зернового КрАЗ 5401с2 з оптимізацією передаточних відношень коробки передач. *Інноваційні аспекти систем безпеки праці, захисту інтелектуальної власності: матеріали VI Всеукр. наук.- практ. Інтернет-конференції* (Полтава, 25-26 березня 2021 р.). Полтава: ПДАУ, 2021. С. 253-257. https://www.pdau.edu.ua/sites/default/files/node/1239/zbirnyk-konfer-bzhd-2021-1.pdf?utm_source=chatgpt.com
8. Захарчук О. П., Розум Р. І., Буряк М. В., Фалович Н. М. Обґрунтування доцільності удосконалення трансмісії пасажирських автобусів типу Van Hool Acron 915 та Neoplan N316/3 UL . *Сучасні технології в машинобудуванні та транспорті*. 2022. № 1(18). С. 81–87. DOI: 10.36910/automash.v1i18.762.
9. Захарчук О. П. Оцінка економічної ефективності оптимізації трансмісії автобуса шляхом зміни передаточного числа головної передачі . *Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки*. 2024. Вип. 9(40), ч. II. С. 118–125.
10. Автомобілі. Курсове проектування : електронний навчальний посібник комбінованого (локального та мережного) використання [Електронний ресурс] / Смирнов Є. В., Огневий В. О., Борисюк Д. В. Вінниця : ВНТУ, 2023. 154 с

References

1. Oglieve, C. J., Mohammadpour, M., & Rahnejat, H. (2017). Optimisation of gear ratios and gear shifting strategy for vehicle fuel economy and emissions. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part D: Journal of Automobile Engineering*, 231(7), 883–894. <https://doi.org/10.1177/0954407017702985>
2. Newman, K., & Dekraker, P. (2016). Modeling the effects of transmission gear count, ratio progression, and final drive ratio on fuel economy and performance. *SAE Technical Paper*. URL: <https://doi.org/10.4271/2016-01-1143>
3. Bera, P. (2019). A design method of selecting gear ratios in manual transmissions. *Mechanism and Machine Theory*, 133, 397–414. <https://doi.org/10.1016/j.mechmachtheory.2018.11.022>
4. Ahssan, M. R., Ektesabi, M., & Gorji, S. (2020). Gear ratio optimization for a two-speed transmission in electric vehicles. *Energies*, 13(19), Article 5073. <https://doi.org/10.3390/en13195073>
5. Li, X., Chen, B., & Evangelou, S. A. (2020). Optimized design of multi-speed transmissions for parallel hybrid electric vehicles. *IFAC-PapersOnLine*, 53(2), 14147–14153. <https://doi.org/10.1016/j.ifacol.2020.12.1024>
6. Zhang, Q. (2026). Coupled modeling of transmission ratio and efficiency for vehicle systems. *Scientific Reports*, 16, Article 37023. <https://doi.org/10.1038/s41598-026-37023-x>.
7. Kryvorot, A. I., Shapoval, M. V., Skoryk, M. O., & Shpilka, M. M. (2021). Theoretical study of fuel characteristics of the KrAZ 5401s2 grain truck with optimization of gearbox ratios. *Innovatsiyni aspekty system bezpeky pratsi, zakhystu intelektual'noyi vlasnosti: materialy VI Vseukr. nauk.- prakt. Internet-konferentsiyi* (pp.253-257). Poltava: PDAU [in Ukrainian].
8. Zakharchuk, O.P., Rozum, R.I., Buryak, M.V., & Falovich, N.M. (2022). Justification of the feasibility of improving the transmission of passenger buses of the Van Hool Acron 915 and Neoplan N316/3 UL type . *Сучасні технології в машинобудуванні та транспорті*, 1(18), С. 81–87. DOI:

- 10.36910/automash.v1i18.762. [in Ukrainian].
9. Zakharchuk, O. P., Kysil, V. O., Shevchuk, O. S., Falovich, N. M., & Zakharchuk, V. B. (2024). Assessment of the economic efficiency of optimizing the transmission of passenger buses of the Setra S 417 type. *Tsentral'noukrayins'kyi naukovyy visnyk. Tekhnichni nauky*, 9(40), CH. II, 112–118. https://mapiea.kntu.kr.ua/pdf/9%2840%29_II/14.pdf [in Ukrainian].
10. Smyrnov, YE. V., Ohnevyy, V. O., & Borysyuk, D. V. (2023). Avtomobili. Kursove proyektuvannya: elektronnyy navchal'nyy posibnyk kombinovanoho (lokal'noho ta merezhnoho) vykorystannya [Elektronnyy resurs] . Vinnytsya : VNTU. [in Ukrainian].

Olena Zakharcuk, Assoc. Prof., PhD tech. sci.

Western Ukrainian National University, Ternopil, Ukraine

Theoretical Study of the Operational Characteristics of a Passenger Bus with Optimization of Gearbox Ratios

The aim of the article is to conduct a theoretical study of the influence of gearbox ratios on the operational characteristics of a passenger bus and to determine a rational method for forming a gear range. Particular attention is paid to assessing the influence of different methods for calculating gear ratios on the traction and speed properties and fuel economy of the vehicle. In addition, the task is set to compare the effectiveness of existing approaches to optimizing the transmission.

The paper has conducted a theoretical study of a Van Hool 915 Acron passenger bus with a manual gearbox. The gear ratios of an 8-speed gearbox have been calculated using the Leiderman, Chudakov, Tokarev and arithmetic progression methods. Gear ranges have been formed for each option and their comparative analysis has been performed. Based on the data obtained, a comprehensive calculation of the speed, traction and fuel economy characteristics of the bus at different engine operating modes, including nominal, partial and limit load modes. Graphical dependences of driving speed, traction force on the drive wheels and specific fuel consumption on the engine crankshaft rotation frequency were constructed, which made it possible to clearly assess the influence of the gear train structure on the operational performance of the vehicle. It was established that different methods of forming the gear train have different effects on the efficiency of using engine power. In particular, methods with higher gear ratios provide better traction properties, while methods with a more uniform distribution contribute to reducing fuel consumption. The results obtained were compared with the characteristics of a standard gearbox.

As a result of the study, it was found that the choice of the gear ratio selection method significantly affects the operational performance of the bus. The best fuel efficiency indicators were obtained when using the Chudakov method, while the Tokarev method provides increased traction capabilities. The Leiderman method allows you to achieve a compromise between dynamic and economic characteristics. It has been proven that gear range optimization is an effective tool for increasing the energy efficiency of vehicles and can be used in the design and modernization of bus transmissions.

transmission, gear ratio, traction characteristics, dynamic characteristics, fuel consumption, optimization.

Одержано (Received) 04.04.2026

Прорецензовано (Reviewed) 06.04.2026

Прийнято до друку (Approved) 08.04.2026