

Захарчук О.П.¹, Розум Р.І.², Буряк М.В.², Фалович Н.М.²

¹ Фаховий коледж економіки права та інформаційних технологій Західноукраїнського національного університету, Тернопіль, Україна,

² Західноукраїнський національний університет, Тернопіль, Україна

ОБГРУНТУВАННЯ ДОЦІЛЬНОСТІ УДОСКОНАЛЕННЯ ТРАНСМІСІЇ ПАСАЖИРСЬКИХ АВТОБУСІВ ТИПУ VAN HOOL ACRON 915 ТА NEOPLAN N316/ 3 UL

У роботі досліджено проблематику експлуатації автобусів Van Hool 915 Acron та NEOPLAN N316/ 3 UL, задіяних на міжміських, а також та міжнародних перевезеннях, дослідженнями встановлено збільшений розхід паливно мастильних матеріалів стосовно паспортних даних до двадцяти відсотків. В статті доведено техніко-економічну доцільність реконструкції вузлів трансмісії шляхом заміни пари шестерень, а саме, заміни шестерні вторинного вала на меншу, а на проміжному валі на більшу, з метою збільшення передаточного числа колінчатого валу та зменшення витрат паливно мастильних матеріалів. Для дослідження обрано пасажирські автобуси Van Hool 915 Acron, двигун D2866 LOH29 MAN, об'ємом 11 967,00 см³, потужність 280 кВт, дизельний, відповідність екологічним нормам Euro-3, та NEOPLAN N316/ 3 UL двигун MAN 2866 LOH 29 об'ємом 12 000,00 см³, потужність 280 кВт, дизельний, відповідність екологічним нормам Euro-3, які здійснюють вісімдесят відсотків усіх перевезень на підприємстві Ф.О.П. Стецик Т.В. На вказаних транспортних засобах обгрунтовано удосконалення трансмісії шляхом модернізації механічної восьмишвидкісної коробки перемикання передач ZF 8s180. В результаті проведеної модернізації покращено швидкісні характеристики автомобілів, та досягнуто зниження середніх витрат пального. Ефективність функціонування удосконаленої трансмісії перевірено на практиці на маршрутах Тернопіль-Київ, Тернопіль-Харків, Тернопіль-Запоріжжя, Тернопіль-Щецин, Тернопіль-Слупськ, Тернопіль-Колбжег. В статті встановлено мінімальну та максимальну економію паливно мастильних матеріалів, а також терміни окупності такої уніфікації на найвигіднішому та найменш вигідному з позиції кількості перевезених пасажирів на маршрутах. Виходячи із розрахунків та практичних досліджень, перевізником підтверджено доцільність проведення модернізації коробки перемикання передач ZF 8s180 на автобусах Van Hool 915 Acron та NEOPLAN N316/ 3 UL. Встановлено, що найбільш доцільним є проведення такої ініфікації на транспортних засобах, які працюють на міжнародних маршрутах, де переважає швидкісна траса, тому їх модернізація є першочерговою.

Ключові слова: коробка перемикання передач, передаточне число, превинний вал, вторинний вал, проміжний вал, експлуатаційні характеристики маршрутного автобуса, трансмісія.

ВСТУП

Попри поступовий перехід до використання в автомобілях альтернативних джерел енергії, значна частка автомобільного транспорту залишається одним з основних споживачів нафтових палив. Ці витрати в структурі автомобільних перевезень займають істотну частину. Так, загальновідомо, частка витрат на палива мастильні матеріали в собівартості 1 т/км на автомобільному транспорті складає 15...20 %.

Одним із провідних підприємств західного регіону, які виконують міжміські та міжнародні пасажирські перевезення є Ф.О.П. Стецик Т.В. Перевезення здійснюються як по Україні так і закордон, зокрема у Польщу, Німеччину та країни Балтії. Автопарк підприємства налічує понад 200 пасажирських автобусів різних марок та моделей. Найпоширенішими моделями автобусів є Van Hool 915 Acron та NEOPLAN N316/ 3 UL, які виконують, за даними перевізника, близько 80% усіх перевезень. Всередньому такий автобус робить до 8 рейсів за місяць, долаючи близько 1650 км за рейс, а отже близько 12000 км за місяць.

Такі умови експлуатації машини призводять до ряду проблем, зокрема до збільшених витрат паливно мастильних матеріалів. Розхід палива перевищує норму, згідно паспортних даних автомобіля на 20%. В умовах дефіциту пального та різкого підняття цін, актуальним є проведення заходів з модернізації транспортного засобу з метою зменшення витрат шляхом модернізації коробки перемикання педач (КПП).

АНАЛІЗ ЛІТЕРАТУРНИХ ДАНИХ ТА ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

Виходячи з аналізу світових тенденцій розвитку транспортних можна зробити висновок, що вдосконалення техніки відбувається у напрямку ресурсозбереження, енергозбереження та створення машин з екологічно безпечними параметрами. Одного сучасного двигуна, для створення автомобіля з високими тяговими і економічними показниками недостатньо. Також важливим є процес передачі крутного моменту від двигуна до тягових коліс чи/та зміна його відповідно до навантаження і умов роботи. Цю функцію виконує трансмісія. Також її завданням є забезпечення оптимальних тягово-

швидкісних і паливо-економічних можливостей автомобіля при заданій характеристиці двигуна. Механічні трансмісії мають високий коефіцієнт корисної дії та відрізняються простотою конструкції, технологічністю виготовлення. Принцип роботи механічної коробки передач по зміні передавального числа мало змінився з часів її створення. Такі трансмісії вдосконалюються, разом з тим вони мають і недоліки. Високі показники крутного моменту, потужності та питомої витрати палива лежать у порівняно невеликому діапазоні частот обертання колінчастого валу двигуна. Відповідно, щоб при зміні навантаження робота двигуна трансмісія залишалась у діапазоні найбільш ефективного режиму, треба змінювати передавальне число. [1]

Енергоефективності трансмісій автомобілів і тракторів можна забезпечити при модернізації зі зміною числа циліндрів двигуна внутрішнього згорання [2]. У результаті проведеного дослідження визначено умови забезпечення вібробійності моторно-трансмісійних установок, розроблено метод для проведення порівняльного аналізу показників енергоефективності моторно-трансмісійних установок з різним числом циліндрів ДВС, а також вказано можливі шляхи підвищення енергоефективності машинних агрегатів автомобілів і тракторів при модернізації зі зміною числа циліндрів ДВЗ.

Одним з найбільш важливих шляхів підвищення технічного рівня, продуктивності, економічності й ефективності використання автомобільного транспорту є оптимізація конструктивних параметрів автомобіля. Трансмісія є елементом конструкції, параметри якої визначають техніко-економічні показники автомобіля, тому її удосконалення дає можливість знизити витрати палива.

ЦІЛЬ ТА ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕННЯ

Враховуючи перерозхід палива, ціль та задачі досліджень було визначено як розробка і обґрунтування технічних вдосконалень вузлів і агрегатів автобусів типу Van Hool 915 Agon та NEOPLAN N316/ 3 UL. Для досягнення поставленої мети необхідно обґрунтувати шляхи уніфікації КПП ZF 8s180, в результаті чого забезпечити покращення швидкісних характеристик трансмісії та економії паливно мастильних матеріалів.

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

З метою економії паливно мастильних матеріалів, проведемо уніфікацію трансмісії автобуса та зробимо її більш швидкісною. Так як підприємство Ф.О.П. Стецик Т.В., на якому проводилися дослідження, має усі необхідні ліцензії, які дозволяють надавати послуги з технічного обслуговування і ремонту автомобільного транспорту, а також встановленню додаткового обладнання, є можливим провести модернізацію коробки перемикачів передач та зробити її більш швидкісною.

Рекомендується модернізація коробки швидкостей ZF 8s180 шляхом заміни пари шестерень, а саме: на вторинному валу поміняли шестерню на меншу, а на проміжному встановили більшу. Реконструкції підлягали автобуси марки:

Van Hool 915 Agon: число місць для сидіння – 52; рік випуску – 01/2004; вага – 15000 кг; максимальна швидкість - 120 км/год; двигун D2866 LOH29 MAN, відповідність екологічним нормам – Euro-3, об'ємом 11 967,00 см^3 , потужність 280 кВт, дизельний.

NEOPLAN N316/ 3 UL: число місць для сидіння – 52; рік випуску – 01/2000; вага – 18000 кг; максимальна швидкість - 120 км/год; двигун MAN 2866 LOH 29 об'ємом 12 000,00 см^3 , потужність 280 кВт, дизельний, відповідність екологічним нормам – Euro-3.

Вихідні дані коробки передач ZF 8s180 (рис. 1): вісім швидкостей, передаточні числа 8,28 – 0,71, максимальний крутний момент 1300 Н.м.

Стандартна коробка передач ZF 8s180:

Шестерня проміжному валі $N_1=23$ зубців;

Шестерня вторинному валі $n_1=29$ зубців.

Модернізована коробка:

Шестерня проміжному валі $N_2=32$ зубців номер за каталогом 1304304636 [3];

Шестерня вторинному валі $n_2=26$ зубців номер за каталогом 1250304135 [4].

Обчислимо характеристики досліджуваної коробки швидкостей, зображеної на рис.1 в базовому рішенні. При включеній восьмій передачі муфта (рис. 1, 5) з'єднується напряму із вторинним валом, таким чином одержимо пряму передачу від двигуна внутрішнього згорання на карданний вал. Таким чином мала місце пряма передача 1:1. Після уніфікації КПП пряма передача стала сьомою, а при ввімкненій восьмій передачі крутний момент передається з первинного валу через замінені шестерні на проміжний та на вторинний вал

$$N_{об} = N_1/n_2. \quad (1)$$

$$32/26 = 1.23$$

де $N_{об}$ – число обертів вторинного валу.

Таким чином на виході 1 оборот проміжного валу понизили і збільшили обороти на вторинному валу.

ОБГОВОРЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕННЯ

Для перевірки ефективності функціонування експериментальної трансмісії на практиці проведено дослідження для автобусів, які виконують перевезення на маршруті Тернопіль–Харків та розглянуто динамічні характеристики автобуса до та після проведення модернізації (табл. 1).

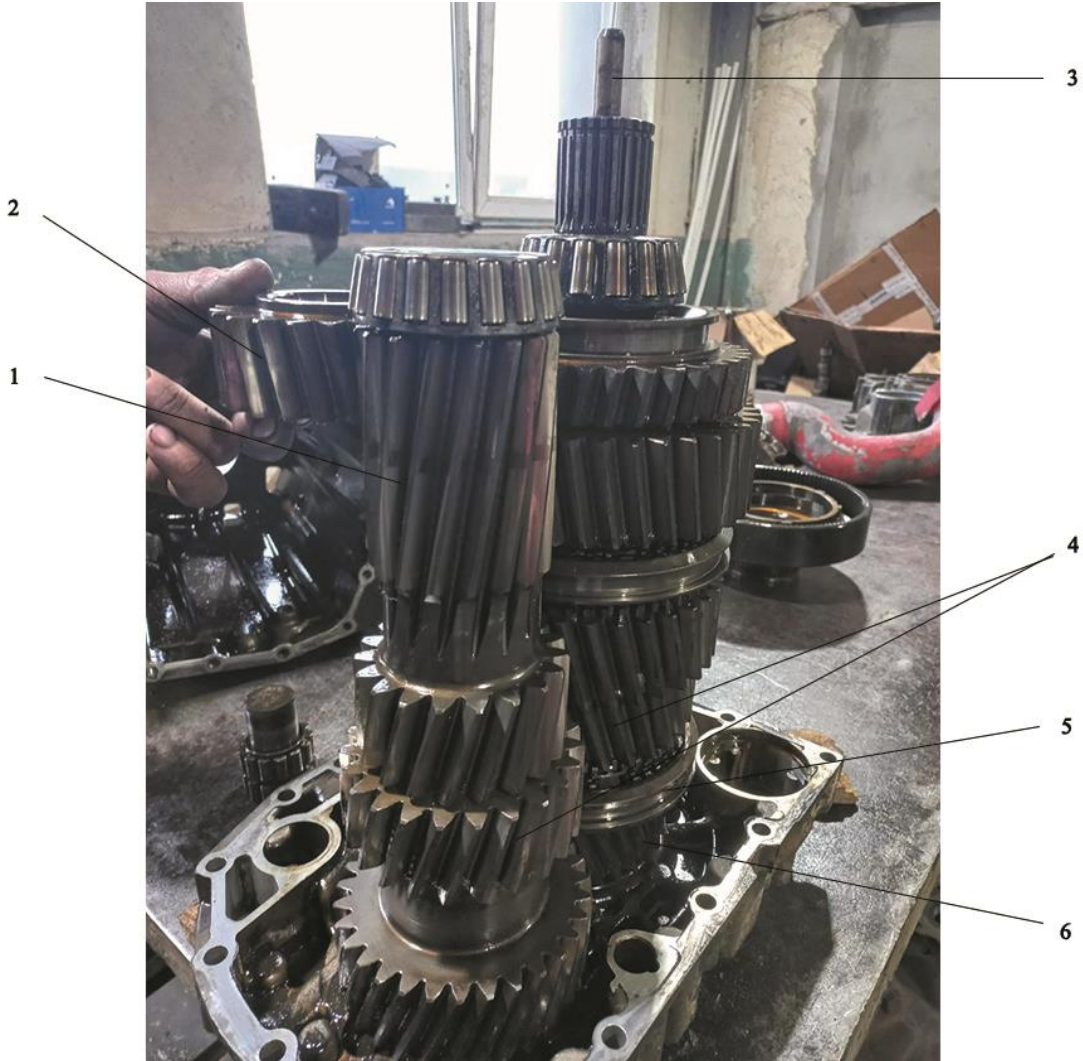


Рисунок 1. Механічна коробка перемикання передач ZF 8s180

1 – проміжний вал; 2 – паразитна шестерня; 3 – вторинний вал; 4 – шестерні, які підлягають заміні; 5 – муфта; 6 – первинний вал

Для порівняльного аналізу середні результати обчислень витрат пального до та після модернізації трансмісії дослідних машин на різних маршрутах зведено в табл. 2. Встановлено, що максимальну економію отримано на маршруті Тернопіль–Щецин, де переважає швидкісна траса, а мінімальну на маршруті Тернопіль–Харків, де якість доріг нижча так як на такий маршрут потрібна тягова, а не швидкісна трансмісія.

Вартість такої модернізації. Ціна запчастин ~ 30000 грн. [5]. Робота майстра ~ 13 год·280 грн/год = 3640 грн. Отже загальна вартість модернізації становить $C=33000+3640= 36640$ грн.

Розрахуємо техніко-економічні показники.

Витрати пального транспортного засобу розрахуємо за формулою:

$$V_1 = L/100 \cdot r_1 \cdot c \quad (2)$$

$$V_2 = L/100 \cdot r_2 \cdot c \quad (3)$$

де c – ціна на паливо, грн;

L – довжина маршруту, км;

r_1 – середній розхід палива до модернізації, л/100км;
 r_2 – середній розхід палива після модернізації, л/100км;
 V_1 – витрати пального до модернізації;
 V_2 – витрати пального після модернізації

Таблиця 1. Порівняння характеристик автобуса Van Hool 915 Acron до та після модернізації трансмісії на маршруті Тернопіль – Харків

Швидкість руху, км/год	Van Hool 915 Acron Середня кількість обертів об/хв		NEOPLAN N316/ 3 UL Середня кількість обертів об/хв		Передача
	до модернізації	після модернізації	до модернізації	після модернізації	
10	1551	1247	1550	1250	1
20	1549	1250	1545	1249	2
30	1552	1252	1550	1250	3
40	1553	1251	1554	1250	4
50	1555	1250	1550	1253	5
60	1547	1253	1555	1250	6
70	1247	1000	1252	998	7
80	1552	1250	1554	1250	7
90	1256	1000	1250	1002	8
100	1548	1250	1550	1255	8

Витрати пального на маршруті Тернопіль-Харків. Довжина шляху (через м. Київ) $L=1800$ км. Ціна на паливо для підприємств $c= 65$ грн/л, середній розхід палива, до удосконалення КПП $r_1= 36,3$ л/100км, після удосконалення $r_2=34,05$ л/100км. Отже, виходячи з формул(2) і (3), витрати пального до модернізації $V_1=42471$ грн., а витрати пального після модернізації становлять $V_2=39838,5$ грн.

Таким чином, за один рейс підприємець економить:

$$E = V_1 - V_2 \tag{4}$$

$E=2632,5$ грн.

Термін окупності такої модернізації:

$$N = C/E \tag{5}$$

$N=13,918$ рейсів.

Отже удосконалення КПП на маршруті Тернопіль-Харків окупиться за 14 рейсів.

Розрахуємо техніко-економічні показники на маршруті Тернопіль-Щецин. Довжина шляху $L=2250$ км. Середній розхід палива до удосконалення КПП $r_1= 34,05$ л/100км, після удосконалення $r_2 =32,05$ л/100км. Отже витрати пального до модернізації становлять (2):

$V_1=49798$ грн.

Витрати пального до модернізації становлять (3):

$V_2=46873,5$ грн.

Таблиця 2. Порівняння середніх витрат пального автобусів Van Hool 915 Acron та NEOPLAN N316/ 3 UL до та після модернізації трансмісії на різних маршрутах

Маршрут	Van Hool 915 Acron Середній розхід пального л/100км		NEOPLAN N316/ 3 UL Середній розхід пального л/100км	
	до модернізації	після модернізації	до модернізації	після модернізації
Тернопіль-Київ	36,2	33,7	36	33,6
Тернопіль-Харків	36,3	34,1	36,3	34
Тернопіль-Запоріжжя	36,2	33,6	36,1	33,5
Тернопіль-Щецин	34,1	32,1	34	32
Тернопіль-Слупськ	34,2	32,2	34,1	32,1

Тернопіль-Колбжег	34,5	32,5	34,4	32,4
-------------------	------	------	------	------

Таким чином, за один рейс підприємець економить (4):

$E = 2924,5$ грн.

Термін окупності такої модернізації:

$N = 12,53$ рейсів

Отже реконструкція КПП на маршруті Тернопіль-Щецин окупиться за 13 рейсів.

ВИСНОВКИ

Так як середній розхід паливно мастильних матеріалів автобусів Van Hool 915 Acron та NEOPLAN N316/ 3 UL, котрі здійснюють пасажирські перевезення на підприємстві Ф.О.П. Стецик перевищує паспортні дані на 20%, та у зв'язку із зростанням цін на паливо, було прийнято рішення удосконалити трансмісії транспортних засобів, з метою забезпечення економії палива. Після заміни пари шестерень на вторинному та проміжному валах коробок передач ZF 8s180 на автобусах було досягнуто збільшення оборотів на вторинному валі, в результаті чого трансмісія стала більш швидкісною. Динамічні характеристики транспортних засобів перевірено на практиці на різних маршрутах та встановлено зниження середніх витрат палива приблизно на 10%. Розраховано, що така модернізація окупить себе за 4 рейсів на маршруті Тернопіль-Харків, та за 13 на маршруті Тернопіль-Щецин. Доцільність проведення удосконалення коробки перемикачів передач ZF 8s180 на автобусах Van Hool 915 Acron та NEOPLAN N316/ 3 UL підтверджено перевізником.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

- [1.https://studopedia.com.ua/1_213193_osnovni-kontseptsii-rozvitku-energetichnih-zasobiv-i-ih-korotkiy-analiz.html](https://studopedia.com.ua/1_213193_osnovni-kontseptsii-rozvitku-energetichnih-zasobiv-i-ih-korotkiy-analiz.html).
- Забезпечення енергоефективності трансмісій автомобілів і тракторів при модернізації зі зміною числа циліндрів ДВЗ / М. А. Подригалю1А. А. Кашканов2А. А. Коряк// Вісник машинобудування та транспорту №1 (13), 2021. С 102-110.
- [3.https://www.gaislerlidis.com/en/2214/99.ZF0024-gear-3rd-speed-1304304636](https://www.gaislerlidis.com/en/2214/99.ZF0024-gear-3rd-speed-1304304636).
- [4.https://www.gaislerlidis.com/en/1856/MT0261-gear-5th-speed-1250304135](https://www.gaislerlidis.com/en/1856/MT0261-gear-5th-speed-1250304135).
- [5.https://www.zf.com/mobile/en/homepage/homepage.html](https://www.zf.com/mobile/en/homepage/homepage.html).
- Innovative engines in the history of automobile building / Rozum R.I., Buriak M. V., Zakharchuk O. P. // Modern engineering and innovative technologies Heutiges Ingenieurwesen und innovative Technologien .Issue №18. 2021. Part 2. P 64-67.
- Дзядикевич Ю. Пошукове конструювання колісних транспортних засобів Ю. Дзядикевич, О. Захарчук, П. Прогній, М. Микола, П. Попович, О. Шашкевич, Ю. Коваль/ Сучасні технології в машинобудуванні та транспорті// 2021/5/20. Volume 1. Issue 16. С 54-65.

REFERENCES

- [1.https://studopedia.com.ua/1_213193_osnovni-kontseptsii-rozvitku-energetichnih-zasobiv-i-ih-korotkiy-analiz.html](https://studopedia.com.ua/1_213193_osnovni-kontseptsii-rozvitku-energetichnih-zasobiv-i-ih-korotkiy-analiz.html).
- Zabezpechennya enerhoeffektyvnosti transmisiiy avtomobiliv i traktoriv pry modernizatsiyi zi zminoyu chysla tsylindriv DVZ / M. A. Podryhalo1A. A. Kashkanov2A. A. Koryak// Visnyk mashynobuduvannya ta transportu №1 (13), 2021. S 102-110.
- [3.https://www.gaislerlidis.com/en/2214/99.ZF0024-gear-3rd-speed-1304304636](https://www.gaislerlidis.com/en/2214/99.ZF0024-gear-3rd-speed-1304304636).
- [4.https://www.gaislerlidis.com/en/1856/MT0261-gear-5th-speed-1250304135](https://www.gaislerlidis.com/en/1856/MT0261-gear-5th-speed-1250304135).
- [5.https://www.zf.com/mobile/en/homepage/homepage.html](https://www.zf.com/mobile/en/homepage/homepage.html).
- Innovative engines in the history of automobile building / Rozum R.I., Buriak M. V., Zakharchuk O. P. // Modern engineering and innovative technologies Heutiges Ingenieurwesen und innovative Technologien .Issue №18. 2021. Part 2. P 64-67.
- Dzyadykevych YU. Poshukove konstruyuvannya kolisnykh transportnykh zasobiv YU. Dzyadykevych, O. Zakharchuk, P. Prohniy, M. Mykola, P. Popovych, O. Shashkevych, YU. Koval'/ Suchasni tekhnolohiyi v mashynobuduvanni ta transporti// 2021/5/20. Volume 1. Issue 16. S 54-65.

O. Zakharchuk, R. Rozum, M. Buriak, N. Falovych. Feasibility of improving the transmission of passanger buses Van Hool Acron 915 and NEOPLAN N316/ 3 UL.

The paper examines the operation of Van Hool 915 Acron and NEOPLAN N316 / 3UL buses involved in long-distance domestic and international transportation. Due to the conducted research, the consumption of

fuel and lubricants was found to increase up to twenty percent in relation to passport data. The technical and economic feasibility of reconstruction of transmission units by replacing a pair of gears is proved, in particular the replacement of secondary shafts gear by a smaller one and intermediate shafts gear by a bigger one. Such replacements allow to increase the gear ratio of the crankshaft and reduce the consumption of fuel and lubricants. Van Hool 915 Acron passenger buses (engine D2866 LOH29 MAN, volume 11967.00 cm³, power 280 kW, diesel, compliance with Euro-3 environmental standards) and NEOPLAN N316 / 3 UL (engine MAN 2866 LOH 29 volume 12000cm³, power 280 kW, diesel, compliance with Euro-3 environmental standards) were selected for the study, which provide 80% of transportation at the company of Stetsyk T.V. During the study, the improvement of transmission by upgrading the mechanical eight-speed gearbox ZF 8s180 was substantiated, resulting in improved speed characteristics and fuel economy. The efficiency of the improved transmission has been tested in practice on the routes Ternopil-Kyiv, Ternopil-Kharkiv, Ternopil-Zaporizhia, Ternopil-Szczecin, Ternopil-Slupsk, Ternopil-Kolbzhzeg. The minimum and maximum economy of fuel and lubricants is considered in the article, as well as the payback period of such unification on the most profitable and least profitable routes in terms of the number of passengers transported routes. Based on calculations and practical research, the carrier confirmed the feasibility of upgrading the gearbox ZF 8s180 on buses Van Hool 915 Acron and NEOPLAN N316 / 3 UL. In the article, the authors prove that vehicles operating on international routes, where the highway is predominant, should be modernized first and foremost.

Key words: gearbox, gear ratio, tilting shaft, secondary shaft, intermediate shaft, performance characteristics of the shuttle bus, transmission.

ЗАХАРЧУК Олена Павлівна, кандидат технічних наук, доцент, викладач циклової комісії інформатики та комп'ютерної інженерії ВСП ФКЕПІТ (Тернопіль, Україна) e-mail: olenaskyba8500@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0001-9452-9850>.

РОЗУМ Руслан Іванович — кандидат технічних наук, доцент кафедри транспорту і логістики, Західноукраїнський національний університет e-mail: Rozoom_ruslan@ukr.net <https://orcid.org/0000-0001-7812-8248>

БУРЯК Микола Васильович — кандидат технічних наук, доцент кафедри транспорту і логістики, Західноукраїнський національний університет e-mail: Burjak74@ukr.net <https://orcid.org/0000-0001-5332-1498>

ФАЛОВИЧ Наталія Миколаївна, кандидат економічних наук, доцент, доцент кафедри транспорту і логістики, Західноукраїнський національний університет, e-mail: n.falovych@gmail.com <https://orcid.org/0000-0003-1651-3022>

Olena ZAKHARCHUK, Ph.D, teacher of the Cycle commission of Informatics and Computer Engineering of Professional College of Law Economics and Information Technology, West Ukrainian National University e-mail: olenaskyba8500@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0001-9452-9850>.

Ruslan ROZOOM, PhD, Associate Professor of Transport and Logistics, West Ukrainian National University e-mail: Rozoom_ruslan@ukr.net <https://orcid.org/0000-0001-7812-8248>.

Mykola BURYAK - PhD, Associate Professor of Transport and Logistics, West Ukrainian National University e-mail: Burjak74@ukr.net <https://orcid.org/0000-0001-5332-1498>.

Nataliia FALOVYCH, Ph.D, Associate Professor of Transport and Logistics, West Ukrainian National University e-mail: n.falovych@gmail.com <https://orcid.org/0000-0003-1651-3022>.

DOI 10.36910/automash.v1i18.763