

Гудз Г. С., Глобчак М. В., Пельо Р. А., Пельо П. Р.
Національний університет "Львівська політехніка", м. Львів, Україна

СИНТЕЗ ЧАСТОТИ ВИКОРИСТАННЯ ПЕРЕДАЧ СХІДЧАТОЇ КОРОБКИ ПЕРЕМИКАННЯ ПЕРЕДАЧ (КПП) У ПРОЦЕСІ ВІДТВОРЕННЯ ТИПОВИХ ЦИКЛІВ

Ретроспективний аналіз ситуації транспортних потоків в умовах міських перевезень свідчить про різноманіття вантажних транспортних засобів як за вантажністю так і за класом. Окрім цього транспортний потік у вказаних умовах характеризується великою щільністю. Вище сказане накладає низку обмежень, зокрема, на конструктивні параметри транспортних засобів, ба більше, на вибір силової установки. Значна частина транспортних засобів, що формують такий потік в умовах населених пунктів, зокрема, великих обласних центрів, оснащені силовими агрегатами у складі ДВЗ механічна східчаста коробка передач (МСКП). Відомо, що програма руху окремого взятого транспортного засобу близька до циклічного (за наявності окремих фаз). Визначальним для ідентифікації програм руху є аналіз реальних маршрутів дрібногуртових перевезень в умовах міста Львова, що характеризується варіативністю відстаней та тривалостей їхньої реалізації. Домінуючими в умовах міста є транспортні засоби оснащені, переважно, 4-6-ти східчасті трансмісії. Обмеження швидкості і короткі, здебільшого, відстані між пунктами циклу, дають підстави стосовно доцільності використання в якості елемента трансмісії багатосхідчастих МСКП. Відтак постає завдання стосовно дослідження кількості перемикачів за рахунок визначення частоти тієї чи іншої передачі в МСКП в умовах міського транспортного руху. Метою дослідження є виявити доцільність використання усіх передач транспортного засобу з конструктивної точки зору для транспортних засобів, які задіяні в таких умовах експлуатації.

Ключові слова: коробка передач, базовий та еквівалентний їздові цикли, розганання, вибіг, сповільнення, частість передачі.

ВСТУП

Відомо, що експлуатаційна придатність автотранспортного засобу (АТЗ) залежить не тільки від його потенційних можливостей, закладених при конструюванні, але й від того, як ці властивості реалізуються у конкретних умовах [1].

Значним резервом покращення експлуатаційних властивостей АТЗ є обґрунтування вибору КПП, параметри якої характеризуються великим різноманіттям. Це можна пояснити призначенням, умовами експлуатування АТЗ та досягненнями у галузі керування трансмісією з різними параметрами та структурою. Вибір КПП регламентується такими режимами роботи АТЗ: розганання; рух з ustalеними швидкостями; накатування (вибіг); гальмування (сповільнення). Серед них найскладнішим для досліджень є режим розганання, який у міських умовах займає біля 40% від загальної тривалості [2].

Для вирішення таких завдань традиційно звертаються до документів, розроблених всесвітнім комітетом з гармонізації випробувальних процедур їздового циклу [2, 3]. З метою визначення кількості застосованих сходинок КПП на всіх етапах згаданих вище режимах роботи АТЗ доцільно провести імітаційне моделювання руху автомобіля категорії N_2 у міському їздовому циклі та отримати експериментальне підтвердження.

АНАЛІЗ ЛІТЕРАТУРНИХ ДАНИХ ТА ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

Відомо, що питання вибору кількості передач та передатних чисел КПП ґрунтується, в основному, на виявленні певних граничних якостей (потенціалу) автомобіля [4, 5]. Проте виявлення того ж потенціалу у типових умовах експлуатування вважається дослідниками питанням другорядним чи вельми частковим [5].

Значна частка легких вантажівок експлуатується в умовах міста. Власне умови експлуатування є визначальним чинником для обґрунтування вибору параметрів силового приводу, зокрема, трансмісії, на етапах проектування та конструювання АТЗ [6].

Проте експлуатаційна придатність трансмісії АТЗ щодо цілком окреслених умов/маршрутів руху, зокрема, типових, часто виявляється недостатньою, якщо її досліджувати традиційними методами. Вибір методів досліджень в основному зводиться до надання переваги аналітичним або ймовірно-статистичним методам. Звісно, помилки, допущені у кожному з них, обов'язково «нагадують про себе» під час виконання завершального й обов'язкового методу досліджень - експериментального [7].

Аналіз досліджень вказує на те, що при збільшенні кількості передач КПП легких вантажівок частка використання вищої передачі сягає 75%, відповідно для середніх та важких - 50% [8]. Крім цього, збільшення кількості передач змінює структуру використання власне кожної передачі.

Авторами статті [8] пропонується ймовірнісний закон розподілу передатних чисел КПП на основі відомих статистичних даних пробігів автомобілів на всіх передачах КПП. Проте помітно, що обрані масиви даних «пробіг - передача» реалізують усі, без винятку, передачі КПП. Твердження про проведені дослідження з різними передатними числами КПП стосується лише типових за призначенням АТЗ (легкові, вантажні та автобуси).

Чимало праць присвячені обґрунтуванню вибору тих чи інших конструктивних рішень у механізмах перемикання КПП під час моделювання руху АТЗ, відтворюючи різні стандартизовані їздові цикли [9]. Метою цих досліджень було виявлення взаємообумовленості між тягошвидкісними, паливоощадними й екологічними показниками, а отже, якнайкращих чи якнайгірших їхніх проявів. Використовувати дані цикли, як типові, немає ніякого сенсу. Задекларовані дослідниками потенційні якості АТЗ аж ніяк не здатні проявити себе за умов щільного транспортного потоку [10].

Однак поза увагою дослідників залишається питання структури передач КПП у дослідженні частоти використаних передач КПП в умовах обмеженого швидкісного режиму щільного транспортного потоку, що вельми актуально.

ЦІЛЬ ТА ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕННЯ

Ціллю даної роботи є обґрунтування вибору трансмісії автомобіля за результатами синтезу частоти використання передач механічної східчастої КПП у заданих міських умовах перевезень. Для досягнення зазначеної цілі було синтезовано низку типових міських транспортних циклів, які згодом відтворено шляхом імітаційного моделювання та експериментально.

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Завдання маршрутизації перевезень в умовах міста переважно ставиться у двох видах: як «задача комівояжера», коли для об'їзду всіх пунктів має бути побудований лише один маршрут руху вантажного автомобіля, або як «задача розвезення», коли формуються декілька розвізних маршрутів, замкнутих на одного відправника.

Для поставлених задач слід було б дослідити частки використання передач трансмісії (за пробігом й тривалістю увімкнення) ймовірно-статистичними методами через моделювання типових їздових циклів в умовах м. Львова на цілком окреслених ділянках маршруту.

Відтак, моделюючи імітаційними засобами рух вантажного АТЗ на заданих ділянках обраного маршруту, отримана інформація про частку використання передач трансмісії може бути використана для обґрунтування вибору транспортного засобу не лише за традиційними показниками характеристик АТЗ (вантажність, об'єм кузова тощо), але й більш детально - за кількістю та щільністю використання передач, а отже, типу КПП у складі традиційної силової установки.

Можна припустити, що на структуру використання передач трансмісії впливає такий традиційний чинник як досвід водія, манера водіння тощо. Відомо, що різниця в структурі/частці використаних передач трансмісії водіями з різним досвідом поволі зникає за умов значної щільності транспортного потоку міських доріг, а особливо м. Львова [10].

Початковою інформацією для дослідження часток використання передач трансмісії був аналіз вантажних дрібногуртових перевезень одинадцяти маршрутів м. Львова, а саме - масив значень відстаней постачання S_i та відповідних тривалостей руху T_i . Кожен маршрут складався з ділянок, які обмежені місцями розташування контрагента й точками постачання вантажів.

Застосування транспортних циклів у системному аспекті є одним з найбільш ефективних підходів до аналізу і синтезу часткового з позицій цілого [3]. Особливо ефективними для добору параметрів й характеристик АТЗ чи його систем, зокрема, системи «двигун-трансмісія» є використання оптимальних транспортних циклів, які виступають як засіб їхнього тестування [5]. Проте для вирішення окресленого завдання - надання переваги оптимальним циклам на протипагу, приміром, типовим, потребує обґрунтування. Слід зазначити, що наведені транспортні цикли не мають нічого спільного з циклами, які моделюють під час вирішення традиційної транспортної задачі.

Досліджувати типовий транспортний цикл міського маршруту руху вантажного АТЗ варто розпочати з аналізу (рис. 1) простого циклу [11] $O a b' e$ «розгін — усталений рух зі швидкістю V — гальмування». За умови якнайінтенсивнішого розганяння й, відповідно, гальмування, цей цикл вважається оптимальним щодо паливоощадності, проте далекий від типового.



Рисунок 1 — Простий міський транспортний цикл автомобіля



Рисунок 2 — Міський транспортний цикл загальної структури автомобіля

Типовим міським транспортним циклом вважають більш узагальнений цикл (рис. 2) [11] $O a b c d e$ «розгін - рух з усталеною швидкістю V - накат - гальмування (двигуном/гальмами)». Типовий міський цикл від оптимального може відрізнятися не лише наявністю фаз вибігу і гальмування двигуном, але й менш інтенсивним розгананням. Обидва цикли реалізуються на ділянці дороги з постійним опором дороги довжиною S і максимальною швидкістю розганання V_{max} [5, 12]. Очевидно, що тривалість реалізації оптимального циклу (рис.1) менша від тривалості типового (рис. 2) $T_1 < T_2$. Відтак, значення середніх швидкостей циклів співвідносяться $\bar{v}_1 > \bar{v}_2$.

Реалізація першого циклу з позицій енергоощадності АТЗ є більш доцільною [5]. Назвімо цей цикл базовим. Проте, в межах поставленої задачі, застосування такого простого транспортного циклу цілком достатньо для підтвердження гіпотези про обмежене використання сходинки механічної трансмісії в умовах м. Львова. Зрозуміло, що дослідження вважатимуться неповними, якщо обмежитись лише відтворенням даного циклу. Об'єктивно необхідно синтезувати, а потім відтворити, так званий еквівалентний їздовий цикл АТЗ на дорозі з постійним дорожнім опором рухові. Умова еквівалентності циклів обумовлюється рівністю параметрів S і T еквівалентного циклу базовому.

Отже, для синтезу базового циклу вважатимемо програми розганання $j = j_p(t)$, накату $j = j_n(t)$ і гальмування $j = j_r(t)$ АТЗ наперед відомими. Параметри базового циклу взаємообумовлені такими співвідношеннями [5]:

$$S = \int_0^{v_p} \frac{v dv}{j_p(v)} + V_p(t_2 - t_1) + \int_{v_p}^{v_r} \frac{v dv}{j_n(v)} + \int_{v_r}^0 \frac{v dv}{j_r(v)}; \quad (1)$$

$$T = t_b + \int_{v_p}^{v_r} \frac{dv}{j_n(v)} + \int_{v_r}^0 \frac{dv}{j_r(v)}; \quad (2)$$

$$t_a = \int_0^{v_p} \frac{dv}{j_p(v)}, \quad (3)$$

де t_a - мить завершення фази розганання (точка a (рис. 2)); t_b - мить завершення фази руху з усталеною швидкістю (точка b (рис. 2)).

За умови відомих значень параметрів S , T синтез базових циклів полягає у визначенні значень t_a і t_b .

Внаслідок опрацювання масиву даних за маршрутами перевезень було виокремлено два типи базових циклів. Перший (тип A) складається лише з фаз розганання та вибігу (рис. 3, а). Другий (тип B), окрім цього, завершується фазою активного гальмування (рис. 4,а).

На рис. 3,б і рис. 4,б наведені еквівалентні цикли, відповідно щодо базових типу A і типу B . На відміну від базових, еквівалентні мають у своєму складі фазу «рух з усталеною швидкістю».

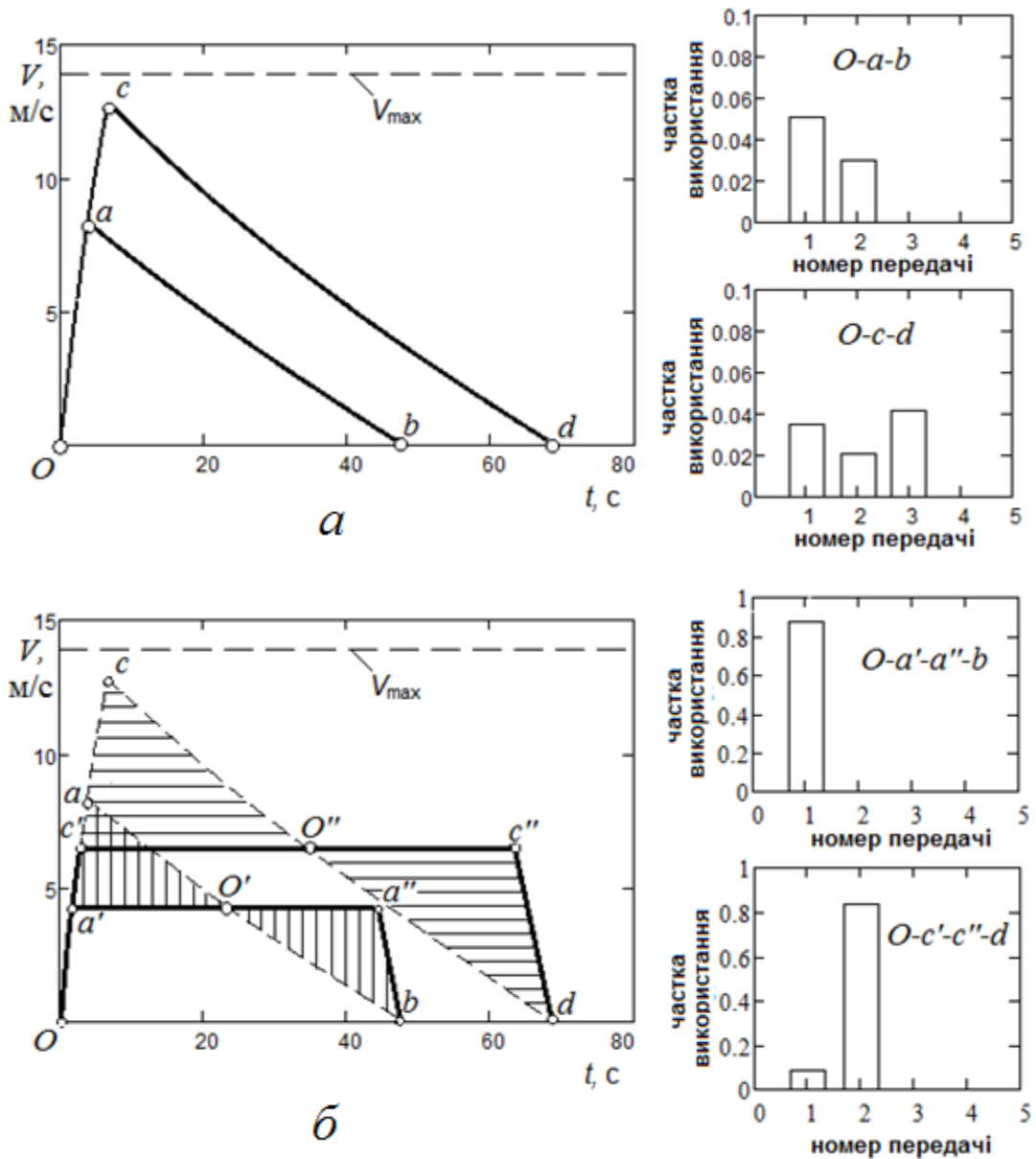


Рисунок – 3. Базові (а) і еквівалентні (б) транспортні цикли типу А

На перший погляд, складається враження, що для об'єктивного дослідження частки використання передач механічної трансмісії обраного транспортного засобу в даних дорожніх умовах, необхідно змоделювати усі, без винятку, можливі варіації базових транспортних циклів. Потреба в цьому відпаде, якщо окреслену вище задачу доповнити ще однією умовою: синтез та відтворення циклів, у процесі яких частка максимально вищої передачі якнайбільша. Цій додатковій умові відповідають виокремлені з усіх варіацій, еквівалентні базовим, цикли: $O a' a'' b$ і $O c' c'' d$ (рис. 3,б), а також цикли $O a' b' c$ і $O d' e' f$ (рис. 4,б). Частка використання першої та другої передач механічної трансмісії при відтворенні вище наведених циклів - найбільша.

Дотримання умови рівності параметрів S і T еквівалентних циклів базовим графічно унаочнює рівність заштрихованих площ ділянок, обмежених кривими $O' a' a$ та $O' a'' b$, та площ ділянок, обмежених кривими $O'' c' c$ та $O'' c'' d$ (рис. 3,б). Аналогічні ділянки виокремлено штрихуванням на рис. 4,б.

Відтворення будь якого іншого еквівалентного циклу, який відповідатиме умові рівності параметрів S і T базовому циклу (типу A чи типу B) лише зменшує частку використання вищих передач.

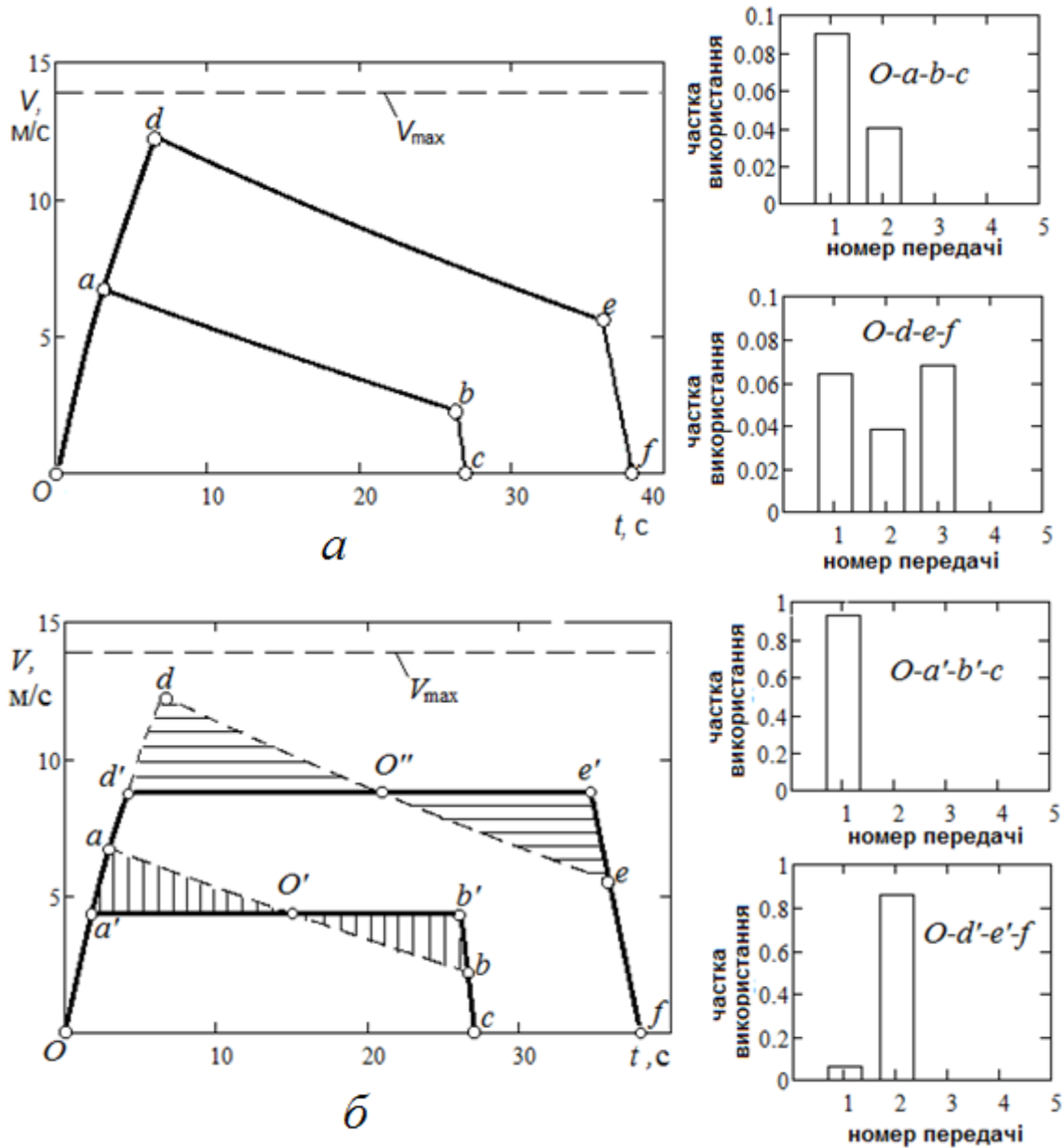


Рисунок – 4. Базові (а) і еквівалентні(б) транспортні цикли типу В

Експериментальні дослідження проведено на автомобілі класу N_2 на ділянках діючих маршрутів дрібногуртових перевезень м. Львова. За допомогою цифрового контролера ZJ-LCD-M та ноутбука Panasonic CF-54 проведено запис параметрів циклів. При цьому обрано для відтворення тільки базові та еквівалентні транспортні цикли типу A і B , які подано на рис. 3 і рис. 4. На рис. 5 - скрін запису показників під час розганяння та відтворення програми руху циклу типу A . Отримані результати імітаційного і експериментального досліджень засвідчили достатню збіжність отриманих результатів.

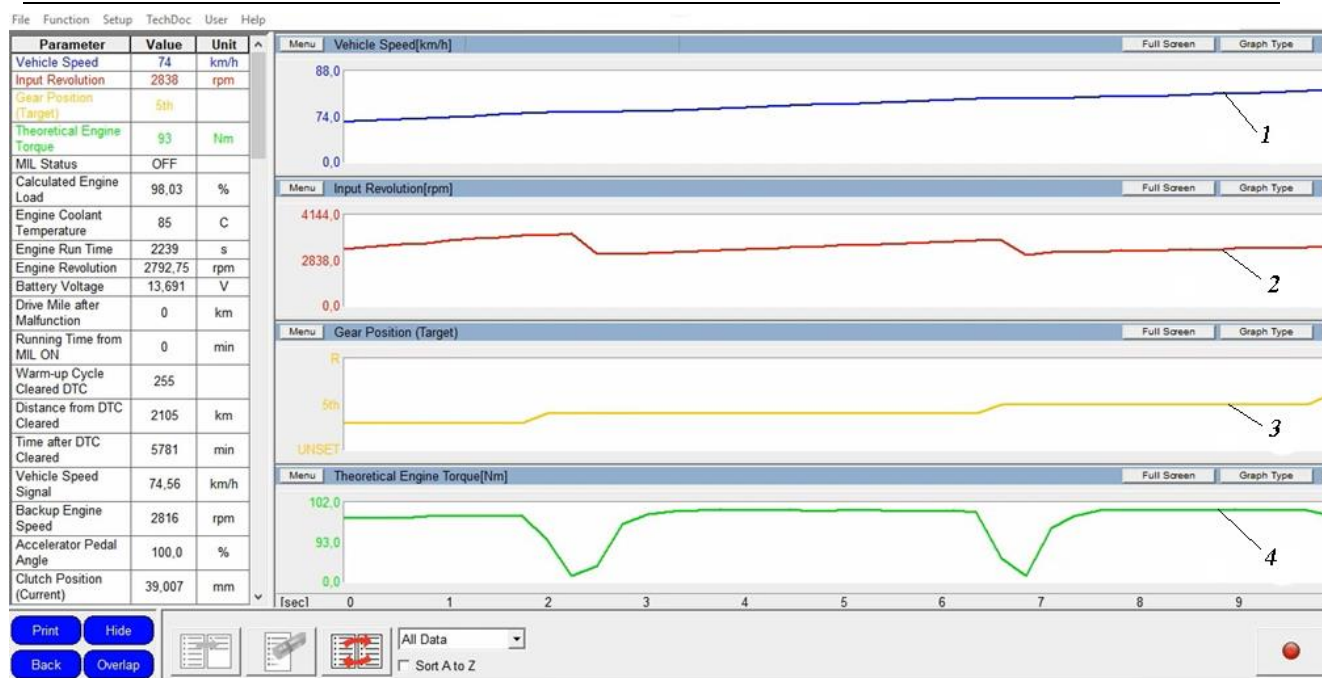


Рисунок - 5. Запис параметрів елементарного транспортного циклу під час експерименту:
1- швидкість руху АТЗ; 2– частота обертів валу двигуна; 3- увімкнена передача; 4 – обертовий момент двигуна

ОБГОВОРЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ

Досліджено, що в процесі здійснення дрібногуртових перевезень вантажними АТЗ в умовах міста частість використання передач східчастої КПП суттєво різниться. Аналіз маршрутів різних за довжинами та обмеженнями швидкостей руху виявили обмежене використання сходинок КПП. Приміром, імітаційне моделювання руху вантажівки з п'ятисхідчастою КПП при відтворенні типових міських їздових циклів виявило використання лише перших трьох передач. Отримані діаграми частоти використання передач можуть бути використані, як пропозиції розробникам та експлуатаційникам.

ВИСНОВКИ

1. Для визначення частоти використання передач механічної східчастої трансмісії підтверджена доцільність застосування як типових базових та еквівалентних їздових циклів.
2. Найбільші значення частоти використання передач досягаються під час реалізації еквівалентних їздових циклів. Відповідно, найменші – у процесі реалізації базових їздових циклів.
3. Доцільність застосування АТЗ класу N_2 з 5-східчастою механічною КПП для виконання дрібногуртових перевезень у даних умовах експлуатування можна вважати сумнівною. Тому за результатами проведених досліджень для мережі обраних маршрутів доцільно використовувати АТЗ з 3-східчастою механічною КПП.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Гащук П. Н. Оптимизация топливно-скоростных свойств автомобиля.— Львов: Вища школа, 1987.— 168 с.
2. Тарасик В. П. Методика моделирования ездового цикла автомобиля / В. П. Тарасик, О. В. Пузанова. // Вестник Белорусско-Российского университета. – 2019. – №4. – С. 75–86.
3. Гащук П. М. Ідентифікація й нормування потенціалу автомобіля / П. М. Гащук, М. В. Дубно, О. Ф. Нефьодов. – Львів: Тріада Плюс, 2007. – 240 с.
4. Сахно В. П., Безбородова Г. Б., Маяк М. М., Шарай С. М. Автомобілі: Тягово-швидкісні властивості та паливна економічність. Київ, КВІЦ, 2004. 174 с.
5. Гащук П. Н. Энергетическая эффективность автомобиля / П. Н. Гащук.— Львов: Світ, 1992.— 208 с.
6. Калінін Є.І. Моделювання кількості перемикачів передач методом Монте-Карло / Є.І. Калінін // Технічний сервіс машин для рослинництва: Вісник ХНТУСГ. – Х.: ХНТУСГ. – 2016. – Вип. 170. – С.150-154.

7. Методологія наукових досліджень (на прикладах автомобільного транспорту): навчальний посібник / [В. П. Волков, М. А. Подригало, О. П. Кравченко та ін.]. – Луганськ: СНУ ім. В. Даля, 2009. – 352 с.
8. Подригало М. А. Моделирование вероятностного закона распределения используемых передаточных чисел коробки передач при эксплуатации автомобиля / М. А. Подригало, А. А. Коряк // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства. – 2019. – №205. – С. 30–38.
9. Гащук П. М. Поняття еквівалентних режимів роботи двигуна при перемиканні передач механічної трансмісії автомобіля / П. М. Гащук, Р. А. Пельо. // Одеса: Труды Одесского политехнического университета. – 2008. – №2. – С. 92—97.
10. Поліщук В.П. Організація та регулювання дорожнього руху. Підручник./ за заг. ред. В.П. Поліщука; О.О. Бакуліч, О.П. Дзюба, В.І. Єресов, О.В. Красильнікова, О.Т. Лановий, О.В. Христенко.– Київ.: Знання України, 2011. – 467 с.
11. Гащук П. М. Про зміст поняття «Коефіцієнт корисної дії автомобіля» / П. М. Гащук, М. І. Сичевський, А. М. Домінік // Зб. наук. пр. «Вісник ЛДУ БЖД».– Львів, 2016. – № 14. – С. 152–175.
12. Солтус А. П. Теорія експлуатаційних властивостей автомобіля: Навчальний посібник для ВНЗ / А. П. Солтус. – Київ: Арістей, 2010. – 155 с.

REFERENCES

1. Hashchuk, P.M. (1987) Optimizaciya toplivno-skorostnyh svojstv avtomobilya. Lvov: Vyshcha shkola [in Ukrainian].
2. Tarasik, V. P., Puzanova, O. V. (2019). Metodika modelirovaniya ezdovogo cikla avtomobilya. Vestnik Belorussko-Rossijskogo universiteta, 4, 75–86 [in Belarus]
3. Hashchuk, P. N., Dubno, M. V., & Nefodov, O. F. (2007). Identyfikatsiia y normuvannia potentsialu avtomobilia. Lviv: Triada Plus [in Ukrainian].
4. Sakhno, V.P., Bezborodova, H.B., Maiak, M.M. et al. (2014) Avtomobili: Tiahovo-shvydkisni vlastyvoli ta palyvna ekonomichnist. Kyiv: Kvits [in Ukrainian].
5. Hashchuk, P. N.(1992). Energeticheskaya effektivnost avtomobilya. Lvov: Svit. [in Ukrainian].
6. Kalinin, Ye.I. (2016). Modeliuvannia kilkosti peremykan peredach metodom Monte-Karlo. Visnyk KhNTUSH, 170, 150–154 [in Ukrainian].
7. Volkov, V. P., Podryhalo, M. A., Kravchenko, O. P. et al. (2009). Metodolohiia naukovykh doslidzhen (na prykladakh avtomobilnoho transportu): navchalnyi posibnyk. Luhansk: SNU im. V. Dalia [in Ukrainian].
8. Podrigalo, M. A., Koryak, A. A.(2019). Modelirovanie veroyatnostnogo zakona raspredeleniya ispolzuemyh peredatochnykh chisel korobki peredach pri ekspluatatsii avtomobilya. Visnyk KhNTUSH, 205, 30–38 [in Ukrainian].
9. Hashchuk, P. M., Pelo, R. A. (2008). Poniattia ekvivalentnykh rezhymiv roboty dvyhuna pry peremykanni peredach mekhanichnoi transmisii avtomobilia. Trudy Odesskogo politehnicheskogo universitet. 2, 92—97 [in Ukrainian].
10. Polishchuk, V.P. , Bakulich, O.O., Dziuba, O.P., et al. (2011). Orhanizatsiia ta rehuliuвання dorozhnoho rukhu. Pidruchnyk. Kyiv: Znannia Ukrainy [in Ukrainian].
11. Hashchuk, P. M., Sychevskiy, M. I., & Dominik, A. M. (2016). Pro zmist poniattia «Koeffitsient korisnoi dii avtomobilia». Visnyk LDU BZhd, 14, 152–175 [in Ukrainian]
12. Soltus A. P. (2010). Teoriia ekspluatatsiinykh vlastyvoitei avtomobilia: Navchalnyi posibnyk dlia VNZ. Kyiv: Aristei [in Ukrainian].

G. Gudz, M. Hlobchak, R. Pelo, P. Pelo. Synthesis of frequent use of stepped transmissions in the process of reproducing typical cycles

Retrospective analysis of the situation of traffic flows in urban transport indicates the diversity of cargo transport vehicles both in terms of cargo capacity and class. In addition, the traffic flow under these conditions is characterized by high density.

The above imposes a number of restrictions, in particular, on the design parameters of vehicles, moreover, on the choice of a power device.

A significant part of the vehicles that form such a flow in the conditions of settlements, in particular, large regional centers, are equipped with power units as part of the engine-mechanical stepped gearbox system.

It is known that the program of movement of a single taken vehicle is close to cyclic (according to the presence of individual phases).

Decisive for the identification of traffic programs is the analysis of real routes of small-life transportation in the city of Lviv, characterized by variability of distances and durations of their implementation.

Dominant in the conditions of the city are vehicles equipped mainly with 4-6 stepped transmission. Speed limits and short, mostly distances between the points of the cycle, give grounds for the feasibility of using multi-stage engine-mechanical stepped gearbox system as an element of transmission.

Therefore, the task arises regarding the study of the number of switches by determining the frequency of a particular transfer in the engine-mechanical stepped gearbox in urban traffic.

The purpose of the study is to identify the feasibility of using all vehicle gears from a constructive point of view for vehicles involved in such operating conditions.

Keywords: gearbox, basic and equivalent driving cycles, accelerating, running out, slowing down, frequency of transmission.

ГУДЗ Густав Степанович, доктор технічних наук, професор, Національний університет "Львівська політехніка", професор кафедри автомобільного транспорту, e-mail: hustav.s.hudz@lpnu.ua, <http://orcid.org/0000-0003-2283-4201>.

ГЛОБЧАК Михайло Васильович, к.т.н., доцент, доцент каф. автомобільного транспорту, e-mail: mykhailo.v.hlobchak@lpnu.ua, <http://orcid.org/0000-0002-5742-9479>.

ПЕЛЬО Роман Андрійович, к.т.н., ст. викладач каф. автомобільного транспорту; , e-mail roman.a.pelio@lpnu.ua, <http://orcid.org/0000-0002-9359-8931>.

ПЕЛЬО Павло Романович, студент гр. ТТ-41, кафедра «Транспортні технології». e-mail: pavlo.pelo.tt.2018@lpnu.ua.

Gustav GUDZ, Doctor of Technical Sciences, Full Professor, Lviv Polytechnic National University, Professor of the Department of Motor Vehicle Transport, e-mail: hustav.s.hudz@lpnu.ua, <http://orcid.org/0000-0003-2283-4201>.

Mykhailo HLOBCHAK, assoc. prof. Ph.D, assoc. prof. Motor Vehicle Transport Department, e-mail: mykhailo.v.hlobchak@lpnu.ua, <http://orcid.org/0000-0002-5742-9479>.

Roman PELO, assoc. prof. Ph.D, Senior Lecturer Motor Vehicle Transport Department, e-mail: Roman.A.Pelio@lpnu.ua, <http://orcid.org/0000-0002-9359-8931>.

Pavlo PELO, Student of group ТТ-41, Department of Transport Technologies, e-mail: pavlo.pelo.tt.2018@lpnu.ua.

DOI 10.36910/automash.v1i18.761