

УДК 656.13

DOI: 10.30977/BUL.2219-5548.2023.100.0.128

## АНАЛІЗ ВПЛИВУ РУХОМОГО СКЛАДУ ПАСАЖИРСЬКОГО АВТОТРАНСПОРТУ УКРАЇНИ НА ДОВКІЛЛЯ

Свічинський С. В., Свічинська О. В.

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

**Анотація.** Наведені результати аналізу підходів до визначення витрат палива та викидів парникових газів пасажирським автомобільним транспортом, які дозволили розглянути основні методи їх розрахування на рівні держави. Сформовано підхід до аналізу витрат палива та викидів шкідливих речовин з використанням даних національної та міжнародної статистики.

**Ключові слова:** транспортна система, автомобільний транспорт, пасажирський транспорт, навколишнє середовище, рівень викидів, споживання палива, парникові гази, транспортна екологія.

### Вступ

На сьогодні галузь транспорту продовжує бути залежною від викопного палива – світлих нафтопродуктів, дизельного палива та газу. Це ускладнює вирішення глобальних проблем XXI століття – забруднення навколишнього середовища та зміни клімату. Згідно з п'ятим звітом Міжурядової групи експертів з питань змін клімату (Fifth Assessment Report – AR5) [1], на транспорт припадає близько чверті глобальних викидів вуглецю. Ці викиди зростають швидше, ніж у будь-якому іншому секторі кінцевого споживання енергії.

Нині розроблено декілька методологій аналізу екологічного впливу транспорту на довкілля, зокрема HDM-4 [2], EcoTransIT World (ETW) [3] та EcoPassenger [4]. Вони дозволяють транспортним компаніям та державним органам відзвітувати згідно із законодавством про вплив транспорту на довкілля та вдосконалити логістичні ланцюги щодо екології. Методології регулярно оновлюються з метою їх підтримання в актуальному стані та відповідності міжнародним стандартам. Так, у процесі розрахування споживання енергії, викидів парникових газів (ПГ) та інших шкідливих речовин з вихлопними газами враховуються вимоги європейського стандарту EN 16258:2012 «Методологія розрахунку та декларування споживання енергії та викидів парникових газів при наданні транспортних послуг» [5].

Головними джерелами забруднення викидами парникових газів в Україні є енергетичний сектор, промисловість, сільське та лісове господарства, викиди відходів і транспорт [6].

Таким чином, для нашої країни аналіз викидів ПГ транспортним сектором є актуальним завданням, що містить дві основні складові – аналіз витрат палива та викидів ПГ вантажним і пасажирським транспортом.

З огляду на відчутну різницю у підходах, які застосовуються щодо кожного виду транспорту, а також велику культиксть відповідних питань у цій роботі досліджується складова впливу пасажирського автомобільного транспорту на довкілля.

### Аналіз публікацій

Під час роботи автомобільних двигунів внутрішнього згоряння джерелами викидів шкідливих речовин є відпрацьовані та картєрні гази, а також випаровування із системи живлення. Серед цих джерел забруднення основним є відпрацьовані гази зі складним хімічним складом. Відпрацьовані гази містять більше ніж 1000 різноманітних шкідливих речовин, які негативно впливають на людину й довкілля, 200 з яких розпізнано. Основними є оксид вуглецю CO та діоксид вуглецю CO<sub>2</sub>, вуглеводні C<sub>m</sub>H<sub>n</sub>, оксиди азоту NO<sub>x</sub>, альдегіди RCHO, діоксид сірки SO<sub>2</sub>, тверді часточки вуглецю (Particular Matters – PM, сажа), канцерогенні речовини, до яких належать складні ароматичні вуглеводні поліциклічної будови (основний елемент – бензапірен C<sub>20</sub>H<sub>12</sub>), сполуки свинцю PbO<sub>4</sub>.

Одним із найбільш розповсюджених на сьогодні елементів аналізу рівня споживання палива та викидів шкідливих речовин автомобільним транспортом є програмне забезпечення Highway Design and Maintenance Standards Model – HDM-4 [2]. Це потужний інструмент підтримки прийняття рішень, розроблений Світовим банком, що викорис-

товується дорожніми агенціями та менеджерами дорожньої інфраструктури у всьому світі [7]. Одна з моделей, реалізована в HDM-4, має на меті аналіз витрат палива дорожніх транспортних засобів (ТЗ).

HDM використовується більше двох десятиліть для поєднання технічного та економічного аналізу дорожніх проектів і стратегій розвитку дорожньої мережі та підготовки програм дорожніх інвестицій. З метою розширення сфери застосування моделі HDM та забезпечення гармонізованого системного підходу до управління дорожньою інфраструктурою було здійснене Міжнародне дослідження розвитку та управління автомобільними дорогами (ISOHDM) [2].

Модель HDM-4 використовується в багатьох країнах світу і має важливе значення для обґрунтування збільшення бюджетів на утримання та відновлення доріг. Вона використовувалась для дослідження економічної доцільності дорожніх проектів у понад 100 країнах з метою оптимізації економічної користі для учасників дорожнього руху за різ-

них рівнів витрат. Вона містить вдосконалені елементи аналізу дорожніх інвестицій із застосуванням у різноманітних природно-кліматичних умовах [2].

Модельовання споживання палива дорожніми ТЗ є важливим джерелом інформації про викиди парникових газів галузі автомобільного транспорту [8]. Нещодавно було запропоновано велику кількість інших способів аналізу споживання палива дорожніми ТЗ, проте HDM-4 дотепер є таким, що найчастіше використовується. У цій моделі для кожного типу транспортних засобів витрата палива розраховується окремо для циклів експлуатації та ділянок зі спусками та підйомами, а потім результати усереднюються для отримання єдиного середньозваженого значення. Перевагою HDM-4 є те, що вона містить референтні дані щодо типових характеристик та умов експлуатації пасажирських ТЗ різних категорій. Водночас поділ на ці категорії у HDM-4 є досить детальним (табл. 1 [9]).

Таблиця 1 – Типові категорії транспортних засобів та їхні характеристики за замовчуванням у HDM-4

| Категорія транспортних засобів | Загальна характеристика                          | Вид палива      | Кількість осей | Кількість коліс | Споряджена маса, т | Повна маса, т |
|--------------------------------|--|-----------------|----------------|-----------------|--------------------|---------------|
| Мотоцикл                       | Мотоцикли або скутери                            | бензин          | 2              | 2               | 0,1                | 0,2           |
| Малий автомобіль               | Малі легкові автомобілі                          | бензин          | 2              | 4               | 0,8                | 1,0           |
| Середній автомобіль            | Середні легкові автомобілі                       | бензин          | 2              | 4               | 1,0                | 1,2           |
| Великий автомобіль             | Великий легковий автомобіль                      | бензин          | 2              | 4               | 1,2                | 1,4           |
| Повнопривідний автомобіль      | Транспортні засоби типу Landrover або Jeep       | бензин          | 2              | 4               | 1,5                | 1,8           |
| Мікроавтобус                   | Невеликий автобус (зазвичай 4-колісний)          | бензин          | 2              | 4               | 1,1                | 1,5           |
| Легкий автобус                 | Легкий автобус з повною масою до 3,5 т           | дизельне паливо | 2              | 4               | 1,75               | 2,5           |
| Середній автобус               | Середній автобус з повною масою 3,5–8,0 т        | дизельне паливо | 2              | 6               | 4,5                | 6,0           |
| Великий автобус                | Багатовісний або великий двовісний автобус       | дизельне паливо | 3              | 10              | 8,0                | 10,0          |
| Туристичний автобус            | Великий автобус, призначений для дальніх поїздок | дизельне паливо | 3              | 10              | 10,0               | 15,0          |

Витрата пального є суттєвим елементом серед загальних експлуатаційних витрат автомобіля. Модель розрахування споживання палива, яку містить HDM-4, ґрунтується на підході до аналізу витрат палива, який заснований на пропорційності витрат палива загальній потужності двигуна ТЗ. Водночас під час розрахування витрати палива визначається його середня річна витрата в літрах на

1000 кілометрів пробігу кожного типу ТЗ. Такий аналіз зазвичай є необхідним для звітності дорожніх агенцій. Під час його здійснення рекомендується користуватися типовими експлуатаційними характеристиками категорій ТЗ, наведеними в табл. 2 [9, 10].

Для аналізу кількості споживання палива легковими (пасажирськими) автомобілями розроблено декілька окремих методик,

однією з яких є EcoPassenger. Згідно з нею споживання енергії та викиди легкових автомобілів визначаються з огляду на умови здійснення пробігу, зокрема на міжміських, приміських та міських автомобільних дорогах [4]. Водночас питомі викиди ПГ для міських умов враховують підвищення викидів у процесі випаровування палива та холодного запуску. Значення цих викидів у методиці визначені за моделлю COPERT [11].

Таблиця 2 – Основні експлуатаційні характеристики категорій ТЗ

| Характеристика                       | Мотоцикл | Малий, середній, великий легковий автомобіль | Мікроавтобус | Автобус |
|--------------------------------------|----------|--|--------------|---------|
| Річний пробіг, км                    | 10000    | 23000  | 30000        | 70000   |
| Середня тривалість експлуатації, рр. | 10       | 10   | 8            | 12      |

За результатами аналізу публікацій можна зазначити, що основними підходами до аналізу викидів ТЗ є їхні розрахунки на основі питомих викидів на кілометр пробігу. Пріоритет використання того чи іншого підходу має ґрунтуватися на доступних даних про експлуатацію пасажирського транспорту.

#### Мета та постановка завдання

Аналіз споживання палива та викидів ПГ пасажирським автомобільним транспортом доцільно здійснювати на використанні питомого споживання пального транспортними засобами та питомих викидів на автомобілекілометр (АКМ) пробігу, адже дані щодо транспортної роботи автомобільного транспорту, наявні в державній статистиці, не є достовірними через добровільний тип звітування та відсутність законодавчих зобов'язань і законодавчо врегульованого механізму надання звітних даних до Держстату.

У процесі вирішення завдання визначення витрат палива та викидів ПГ пасажирським автотранспортом відповідні ТЗ доцільно поділити на дві групи:

- легкі транспортні засоби – переважно легкові автомобілі;
- автобуси.

#### Методика аналізу витрат палива та викидів парникових газів пасажирським автомобільним транспортом

Для аналізу витрат палива та викидів ПГ пасажирським автопарком України була роз-

роблена методика, яка складається з такого переліку дій:

- отримання статистичних даних щодо складу та чисельності автопарку України за типами ТЗ;
- аналіз питомого споживання пального пасажирськими ТЗ у грамах на АКМ;
- аналіз питомих викидів ПГ пасажирськими ТЗ у грамах на АКМ;
- визначення загальної кількості АКМ, подоланих легковими автомобілями та автобусами;
- отримання регресійної залежності для прогнозування кількості ТЗ станом на момент дослідження;
- аналіз річних витрат палива пасажирським автопарком України;
- аналіз річних викидів ПГ пасажирським автопарком України.

Розрахунки в межах наведеного переліку дій мають бути усередненими для всієї країни, тобто мають містити середні оцінки питомих витрат палива та викидів ПГ на АКМ. Крім того, для здійснення п'ятого етапу методики необхідно використовувати дані за декілька років.

Для здійснення перелічених етапів були визначені такі передумови:

а) статистичні дані щодо складу та чисельності автопарку України можна отримати з публікацій Державної служби статистики України, а саме зі збірника «Транспорт і зв'язок України» [12, 13], а також з ресурсів МВС [14] чи науково-дослідних робіт ДП «ДержавтотрансНДІпроект» [15];

б) статистику щодо структури автопарку за типами ТЗ можна отримати з публікацій Державної служби статистики України «Транспорт і зв'язок України» [13];

в) для аналізу середньорічного пробігу ТЗ кожного типу доцільно скористатись референтними характеристиками типів ТЗ з НДМ-4, оскільки в українських джерелах доступним є лише нормативний пробіг легкового автомобіля, який застосовується в «Порядку визначення середньоринкової вартості легкових автомобілів, мотоциклів, мопедів» [16] та згідно з пілотним опитуванням водіїв є дещо завищеним для типового користувача автомобіля, адже становить 27 000 км. Для інших типів транспортних засобів офіційної інформації про нормативні середньорічні пробіги немає;

г) для аналізу витрати пального на АКМ з поділом за типами ТЗ необхідно використати референтні характеристики типів ТЗ, що ная-

вні в європейських методиках;

д) для оаналізу викидів ПГ на АКМ з поділом на типи ТЗ також пропонується скористатись референтними характеристиками з європейських методик.

Також можлива заміна основних забруднюючих речовин  $\text{CO}_2$ ,  $\text{NO}_x$ ,  $\text{CO}$  на  $\text{CO}_2$ -еквівалент ( $\text{CO}_2\text{-e}$ ) через поділ обсягу викидів  $\text{CO}_2$  на коефіцієнт 0,989, який міститься в інформації Агентства США з охорони навколишнього середовища [17].

Визначивши обсяг спожитого пального для кожного типу ТЗ та пройдених АКМ, можна розрахувати загальне споживання пального та викидів ПГ пасажирським автопарком України.

### Отримання даних та аналіз обсягу витрат палива й викидів парникових газів пасажирським автомобільним транспортом

Згідно із розробленою методикою, для аналізу витрат палива та викидів ПГ пасажирським автотранспортом України потрібно отримати таку інформацію щодо експлуатаційних показників його роботи:

- статистична кількість легкових автомобілів і автобусів в Україні;
- питома споживання пального пасажирськими ТЗ у грамах на АКМ;
- питомі викиди ПГ пасажирськими ТЗ у грамах на АКМ;
- загальна кількість АКМ, подоланих легковими автомобілями та автобусами.

Єдиним джерелом даних щодо загальної кількості автопарку пасажирських транспортних засобів в Україні є збірники Державної служби статистики «Транспорт і зв'язок України» та «Транспорт України». Водночас під час дослідження було визначено, що в останньому збірнику «Транспорт України» [13] відсутні актуальні дані про чисельність автопарку в державі.

Це спричинило потребу в пошуку необхідних даних, під час було визначено, що інформація про статистичну кількість автотранспорту в країні Державною службою статистики не надається з 2015 року [18]. У збірнику за 2014 рік [19] наявні дані про кількість автотранспортних засобів у нашій державі з 2000 р. Аналіз збірників за попередні роки [19–21] дозволив визначити обсяг даних про кількість легкових автомобілів і автобусів в Україні в річному розрізі за період з 2000 р. по 2011 р. Ця інформація наведена в табл. 3.

Таблиця 3 – Статистична кількість легкових автомобілів та автобусів в Україні за період 2000–2011 рр.

| Рік  | Кількість, од.       |           |
|------|----------------------|-----------|
|      | легкових автомобілів | автобусів |
| 2000 | 5250100              | 140200    |
| 2003 | 5524500              | 174100    |
| 2004 | 5445800              | 175900    |
| 2005 | 5539000              | 167900    |
| 2006 | 5603600              | 180000    |
| 2007 | 5939600              | 185500    |
| 2008 | 6393900              | 188000    |
| 2009 | 6518700              | 180400    |
| 2010 | 6769300              | 171500    |
| 2011 | 6900500              | 249700    |

Наведених даних достатньо для прогнозування кількості рухомого складу в Україні за типами ТЗ станом до сьогодні. З цієї метою за допомогою регресійного аналізу було здійснено пошук моделі, яка б найбільш точно визначала тренди, наявні в цих даних. Таким чином, було визначено, що для опису тренда зміни кількості легкових автомобілів можна використовувати поліноміальну залежність такого виду:

$$N_{\text{ЛА}} = 60190889107,526 + 15041,459 \cdot x^2 - 60175707,459 \cdot x, \quad (1)$$

де  $x$  – рік, для якого розраховується прогнозна кількість легкових автомобілів.

Наведена регресійна модель має відповідати статистичним характеристикам, що підтверджується даними табл. 4.

Таблиця 4 – Статистична характеристика отриманої моделі прогнозування кількості легкових автомобілів в Україні

| Показник моделі                    | Значення              |
|------------------------------------|-----------------------|
| Множинний коефіцієнт кореляції $R$ | 0,982                 |
| $R$ -квадрат                       | 0,965                 |
| Нормований $R$ -квадрат            | 0,957                 |
| Стандартна помилка                 | 123676,750            |
| Кількість спостережень             | 12                    |
| Інформаційна здатність моделі      | $2,913 \cdot 10^{-7}$ |

Для опису тренда зміни кількості автобусів можна використати поліноміальну модель:

$$N_{\text{А}} = 1043455427,147 - 1046077,797 \cdot x + 262,213 \cdot x^2, \quad (2)$$

якій також властиві прийнятні статистичні параметри (табл. 5).

Таблиця 5 – Статистична характеристика отриманої моделі прогнозування кількості автобусів в Україні

| Показник моделі                    | Значення              |
|------------------------------------|-----------------------|
| Множинний коефіцієнт кореляції $R$ | 0,772                 |
| $R$ -квадрат                       | 0,597                 |
| Нормований $R$ -квадрат            | 0,507                 |
| Стандартна помилка                 | 18731,339             |
| Кількість спостережень             | 12                    |
| Інформаційна здатність моделі      | $1,683 \cdot 10^{-2}$ |

Отримавши регресійні моделі, здійснено аналіз кількості пасажирських ТЗ в Україні за 2022 рік:

- кількість легкових автомобілів становила 12371208 од.;

- кількість автобусів становила 338906 од.

За відсутності офіційної статистики ці дані можна використати для орієнтовного аналізу викидів ПГ та кількості палива, спожитого пасажирськими ТЗ.

З цією метою було здійснено пошук референтних усереднених значень питомого споживання пального пасажирськими ТЗ. Визначено, що в європейських країнах для прогнозних розрахунків на національному рівні для легкових автомобілів можна використовувати споживання пального 6,7 л/100 км [22], а для автобусів – 19 л/100 км [23].

Референтне значення витрати палива легковими автомобілями визначено європейськими дослідниками відповідно до циклу користування ТЗ:

- 33 % пробігу здійснюється в міських умовах;

- 33 % – у приміських;

- 33 % – у міжміських [22].

Також були визначені питомі викиди парникових газів. Так, згідно з [24] викиди ПГ на кілометр пробігу легкового автомобіля можна прийняти такими, як наведено в табл. 6. Крім того, у таблиці наведені аналогічні показники для автобусів [24].

Середній річний пробіг транспортних засобів кожного виду отримано з моделі HDM (табл. 7) [9, 10].

Переліку вищенаведених даних достатньо для прогнозування річної витрати пального та викидів парникових газів пасажирським автомобільним транспортом в Україні.

Таблиця 6 – Питомі викиди парникових газів легковими автомобілями та автобусами

| Забрудник       | Питомі викиди, г/км    |            |
|-----------------|------------------------|------------|
|                 | легковими автомобілями | автобусами |
| CO <sub>2</sub> | 147,8                  | 699,0      |
| NO <sub>x</sub> | 0,055                  | 1,538      |
| PM              | 0,00059                | 0,02098    |

Таблиця 7 – Середній річний пробіг пасажирських ТЗ

| Вид ТЗ              | Середній пробіг, км/рік |
|---------------------|-------------------------|
| легковий автомобіль | 16500                   |
| автобус             | 70000                   |

Для визначення річного пробігу пасажирських ТЗ можна використати визначену кількість ТЗ та усереднену величину річного пробігу. Отже, орієнтовний річний пробіг легкових автомобілів та автобусів в Україні становить:

$$L_{\text{річЛА}} = 12371208 \cdot 16500 = 204124932000 \text{ км};$$

$$L_{\text{річА}} = 338906 \cdot 70000 = 23723420000 \text{ км}.$$

Для визначення річних витрат палива пасажирськими ТЗ отримані пробіги потрібно помножити на відповідні їм питомі витрати палива:

$$ВП_{\text{ЛА}} = \frac{204124932000}{100} \cdot 6,7 = 13676370444 \text{ л};$$

$$ВП_{\text{А}} = \frac{23723420000}{100} \cdot 19 = 4507449800 \text{ л}.$$

Згідно з отриманими значеннями пробігів та наявними в табл. 6 даними щодо питомих викидів парникових газів на кілометр шляху можна визначити загальний річний обсяг викидів шкідливих речовин в атмосферне повітря, перемноживши ці величини:

$$\begin{aligned} ПГ_{\text{ЛА CO}_2} &= \frac{204124932000 \cdot 147,8}{1000000} = \\ &= 30169664,9 \text{ т}. \end{aligned}$$

$$ПГ_{\text{ЛА NO}_x} = \frac{204124932000 \cdot 0,055}{1000000} = 11226,9 \text{ т}.$$

$$ПГ_{\text{ЛА PM}} = \frac{204124932000 \cdot 0,00059}{1000000} = 120,4 \text{ т}.$$

$$ПГ_{\text{А CO}_2} = \frac{23723420000 \cdot 699}{1000000} = 16582670,6 \text{ т}.$$

$$ПГ_{\text{А NO}_x} = \frac{23723420000 \cdot 1,538}{1000000} = 36486,6 \text{ т}.$$

$$ПГ_{\text{А PM}} = \frac{23723420000 \cdot 0,02098}{1000000} = 497,7 \text{ т}.$$

Отримавши обсяги споживання палива та викидів шкідливих речовин за видами пасажирських ТЗ, можна розрахувати загальні обсяги споживання палива та викидів ПГ пасажирським автотранспортом України.

Результати розрахунків цих величин наведені в табл. 8.

Таблиця 8 – Загальні обсяги споживання палива та викидів шкідливих речовин в атмосферу пасажирським автотранспортом України

| Показник                   | Значення           |            |             |
|----------------------------|--------------------|------------|-------------|
|                            | легкові автомобілі | автобуси   | всього      |
| Споживання палива, л       | 13676370444        | 4507449800 | 18183820244 |
| Викиди CO <sub>2</sub> , т | 30169664,9         | 16582670,6 | 46752335,5  |
| Викиди NO <sub>x</sub> , т | 11226,9            | 36486,6    | 47713,5     |
| Викиди РМ, т               | 120,4              | 497,7      | 618,1       |

Згідно з даними табл. 8, пасажирський автомобільний транспорт має суттєвий вплив на довкілля. Отже, можна дійти висновку щодо доцільності на національному рівні заходів з покращення екологічних характеристик та структури парку автотранспортних засобів.

### Висновки

Розроблена методика аналізу витрат палива та викидів парникових газів пасажирським автомобільним транспортом, заснована на європейських значеннях питомих викидів і витрат палива, потребує узгодження з даними національної статистики та вихідними даними щодо пробігу ТЗ, але все ж таки дозволяє здійснити орієнтовний аналіз величини спожитого палива та визначити ступінь впливу пасажирського транспорту на довкілля.

Згідно з розрахунками загальний річний обсяг споживання палива пасажирським автотранспортом у транспортній системі України складає 18183820244 л, а загальний обсяг викидів шкідливих речовин в атмосферу складає 46800667,1 т.

### Література

- Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change / Pachauri R. K. and Meyer L. A. (eds.). Geneva: IPCC, 2014. 151 p.
- Kerali H. R., Odoki J. B., Stannard E. E. Overview of HDM-4. The Highway Development and Management Series. International Study of Highway Development and Management (ISO-

- HDM). Paris: World Roads Association, 2006. 53 p.
- Ecological Transport Information Tool (EcoTransIT) for Worldwide Transports: Methodology and Data Update 2019. Berne-Hannover-Heidelberg: EcoTransIT World Initiative, 2019. 117 p.
- EcoPassenger Environmental Methodology and Data : Final Report. Heidelberg: Institut für Energieund Umweltforschung Heidelberg. 2008. 27 p.
- Methodology for calculation and declaration of energy consumption and GHG emissions of transport services (freight and passengers): EN 16258:2012. Brussels: European Committee For Standardization, 2012. 70 p.
- Ukraine's Greenhouse Gas Inventory 1990–2017: Annual National Inventory Report for Submission under the United Nations Framework Convention on Climate Change and the Kyoto Protocol. Kyiv: Ministry of Ecology and Natural Resources of Ukraine, 2019. 504 p.
- Verification of the HDM-4 fuel consumption model using a Big data approach: A UK case study / Perrottaa F. et. al. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*. 2019. Vol. 67. P. 109–118.
- Inventory of U.S. Greenhouse Gas Emissions and Sinks 1990–2015: Federal Report EPA 430-R-13-001. Washington: U.S. Environmental Protection Agency (EPA). 2017. 10767 p.
- A Training and Dissemination Strategy for HDM-4: Project Report PR/INT/653/99 / Parkman C. C. et. al. Berkshire: Transport Research Laboratory, 1999. 2639 p.
- Shah Y. U., Jain S. S., Devesh T. Adaptation of HDM-4 Tool for Strategic Analysis of Urban Roads Network. *Transportation Research Procedia*. 2016. № 17. P. 71–80.
- COPERT 4 (COMputer Programme to calculate Emissions from Road Transport) / Samaras Z. et. al. Commissioned by the European Environment Agency. Thessaloniki: AUT, 2006. 2 p.
- Державна служба статистики України: Офіційний веб-сайт. URL: <http://www.ukrstat.gov.ua/>.
- Транспорт України. Київ: Держстат, 2022. 114 с.
- Відомості про транспортні засоби та їх власників: Єдиний державний портал відкритих даних. URL: <https://data.gov.ua/dataset/06779371-308f-42d7-895e-5a39833375f0>.
- ДП «ДержавтотрансНДІпроект» : Офіційний веб-сайт державного підприємства «Державний автотранспортний науково-дослідний і проектний інститут». URL: <https://www.insat.org.ua/>.
- Про затвердження Порядку визначення середньоринкової вартості легкових автомобілів, мотоциклів, мопедів: Постанова КМУ від 10 квітня 2013 р. № 403. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/403-2013-%D0%BF#Text>.

17. Greenhouse Gases Equivalencies Calculator – Calculations and References: An official website of the United States Environmental Protection Agency. URL: <https://www.epa.gov/energy/greenhouse-gases-equivalencies-calculator-calculations-and-references>.
  18. Транспорт і зв'язок України 2015. Київ: Державна служба статистики України, 2016. 186 с.
  19. Транспорт і зв'язок України 2014. Київ: Державна служба статистики України, 2015. 204 с.
  20. Транспорт і зв'язок України 2013. Київ: Державна служба статистики України, 2014. 204 с.
  21. Транспорт і зв'язок України 2012. Київ: Державна служба статистики України, 2013. 269 с.
  22. Parameterisation of fuel consumption and CO<sub>2</sub> emissions of passenger cars and light commercial vehicles for modelling purposes / Mellios G. et. al. Ispra: European Commission Joint Research Centre (Institute for Energy and Transport (IET). Publications Office of the European Union, 2011. 116 p.
  23. Wang J., Rakha H. A. Fuel consumption model for conventional diesel buses. *Applied Energy*. 2016. № 170. P. 394–402.
  24. Murrells T., Rose R. Production of Updated Emission Curves for Use in the NTM and WebTAG: Report for the Department for Transport. Harwell, Didcot: Ricardo Energy & Environment, 2019. 57 p.
- References**
1. Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change / Pachauri R. K. and Meyer L. A. (eds.). Geneva: IPCC, 2014. 151 p.
  2. Kerali H. R. and Odoki J. B., Stannard E. E. (2006). Overview of HDM-4. The Highway Development and Management Series. International Study of Highway Development and Management (ISOHDM). Paris: World Roads Association.
  3. Ecological Transport Information Tool (EcoTransIT) for Worldwide Transports: Methodology and Data Update 2019. Berne-Hannover-Heidelberg: EcoTransIT World Initiative, 2019. 117 p.
  4. EcoPassenger Environmental Methodology and Data : Final Report. Heidelberg: Institut für Energieund Umweltforschung Heidelberg. 2008. 27 p.
  5. Methodology for calculation and declaration of energy consumption and GHG emissions of transport services (freight and passengers): EN 16258:2012. (2012). Brussels: European Committee For Standardization.
  6. Ukraine's Greenhouse Gas Inventory 1990–2017: Annual National Inventory Report for Submission under the United Nations Framework Convention on Climate Change and the Kyoto Protocol. (2019). Kyiv: Ministry of Ecology and Natural Resources of Ukraine.
  7. Verification of the HDM-4 fuel consumption model using a Big data approach: A UK case study / Perrottaa F. et. al. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*. 2019. Vol. 67. P. 109–118.
  8. Inventory of U.S. Greenhouse Gas Emissions and Sinks 1990-2015: Federal Report EPA 430-R-13-001. (2017). Washington: U.S. Environmental Protection Agency (EPA).
  9. A Training and Dissemination Strategy for HDM-4: Project Report PR/INT/653/99 / Parkman C. C. et. al. Berkshire: Transport Research Laboratory, 1999. 2639 p.
  10. Shah Y. U., Jain S. S., Devesh T. Adaptation of HDM-4 Tool for Strategic Analysis of Urban Roads Network. *Transportation Research Procedia*. 2016. № 17. P. 71–80.
  11. COPERT 4 (COMputer Programme to calculate Emissions from Road Transport) / Samaras Z. et. al. Commissioned by the European Environment Agency. Thessaloniki: AUT, 2006. 2 p.
  12. State Statistics Service of Ukraine. Retrieved from: <http://www.ukrstat.gov.ua/> (accessed: 27.03.2023).
  13. Transport of Ukraine. (2022). Kyiv: State Statistics Service of Ukraine.
  14. *Vidomosti pro transportni zasoby ta yikh vlasnykiv* [Information about vehicles and their owners]. Retrieved from: <https://data.gov.ua/dataset/06779371-308f-42d7-895e-5a39833375f0> (accessed: 06.12.2020). [in Ukrainian].
  15. SE “DergavtotransNDIproect”. Retrieved from: <https://www.insat.org.ua/> (accessed: 27.03.2023).
  16. *Pro zatverdzhennia Poriadku vyznachennia sere-dnorynkovoї vartosti lehkovykh avtomobiliv, mototsykliv, mopediv* [On Approval of the Procedure for Determining the Average Market Value of Cars, Motorcycles, Mopeds]: Resolution of Cabinet of Ministers of Ukraine dated on 10 April 2013 № 403. Retrieved from: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/403-2013-%D0%BF#Text> (accessed: 27.03.2023).
  17. Greenhouse Gases Equivalencies Calculator – Calculations and References. Retrieved from: <https://www.epa.gov/energy/greenhouse-gases-equivalencies-calculator-calculations-and-references> (accessed: 27.03.2023).
  18. *Transport i zviazok Ukrainy 2015* [Transport and Communication of Ukraine 2015]. (2016). Kyiv: State Statistics Service of Ukraine. [in Ukrainian].
  19. *Transport i zviazok Ukrainy 2014* [Transport and Communication of Ukraine 2014]. (2015). Kyiv: State Statistics Service of Ukraine. [in Ukrainian].
  20. *Transport i zviazok Ukrainy 2013* [Transport and Communication of Ukraine 2013]. (2014). Kyiv: State Statistics Service of Ukraine. [in Ukrainian].
  21. *Transport i zviazok Ukrainy 2012* [Transport and Communication of Ukraine 2012]. (2013). Kyiv: State Statistics Service of Ukraine. [in Ukrainian].
  22. Parameterisation of fuel consumption and CO<sub>2</sub> emissions of passenger cars and light commercial vehicles for modelling purposes / Mellios G. et.

- al. Ispra: European Commission Joint Research Centre (Institute for Energy and Transport (IET). Publications Office of the European Union, 2011. 116 p.
23. Wang J., Rakha H. A. Fuel consumption model for conventional diesel buses. *Applied Energy*. 2016. № 170. P. 394–402.
24. Murrells T., Rose R. Production of Updated Emission Curves for Use in the NTM and WebTAG: Report for the Department for Transport. Harwell, Didcot: Ricardo Energy & Environment, 2019. 57 p.

**Свiчинський Станiслав Валерiйович<sup>1</sup>**, к.т.н., доцент, доцент кафедри транспортних систем i логiстики, [stas\\_svichinsky@ukr.net](mailto:stas_svichinsky@ukr.net), тел. +38 050-609-00-00,

**Свiчинська Ольга Володимирiвна<sup>1</sup>**, к.т.н., доцент кафедри транспортних систем i логiстики, [svichinskayaolga@gmail.com](mailto:svichinskayaolga@gmail.com), тел. +38 050-993-19-97.

<sup>1</sup>Харкiвський нацiональний автомобiльно-дорожнiй унiверситет, вул. Ярослава Мудрого, 25, м. Харкiв, 61002, Україна.

#### **Assessment of the Environmental Impact of Passenger Road Transport Fleet in Ukraine**

**Abstract. Problem.** Nowadays, the global transport system is still highly dependent on fossil fuels like light oil products, diesel fuel, and gas. This makes it difficult to solve the well-known global problems of the 21st century which are environmental pollution and climate change. In Ukraine, the transport sector remains among the main emitters of greenhouse gases which causes the need to estimate the current situation in fuel consumption and emissions by road transport to get an understanding of the ways to deal with the problem. Because of the high difficulty of this question, it was decided to split it up into two parts which relate to freight and passenger transportation. This paper is aimed to address the latter.

**Goal.** The goal of the paper is to develop an approach to assess the environmental impact of road passenger transport in Ukraine based on corresponding state-of-the-art European methodologies for the estimation of fuel consumption and greenhouse gas emissions. **Methodology.** Provided that there are no open sources with up-to-date information on passenger transport fleet, the regression model based on retrospective state statistical data was used to estimate the number of passenger cars and buses in the country. To calculate their fuel consumption and emissions, the approach based mainly on HDM-4 model was applied. **Results.** The developed approach allowed determining total fuel consumption and greenhouse gas emissions for the passenger road transport fleet in Ukraine. **Originality** For the first time, the approximate up-to-date environmental impact of the entire passenger road transport fleet in the transport system of Ukraine was obtained. **Practical value.** The estimated volumes of total fuel consumption and greenhouse gas emissions are a good basis for developing a national transport policy aimed to improve the ecological parameters and the composition of the passenger road transport fleet.

**Keywords:** transport system, road transport, passenger transport, environment, emissions, fuel consumption, greenhouse gases, transport ecology.

**Svichynskyi Stanislav**, PhD, associate professor at the Transport Systems and Logistics Department, [stas\\_svichinsky@ukr.net](mailto:stas_svichinsky@ukr.net), tel. +38 050-609-00-00,

**Svichynska Olha**, PhD, associate professor at the Transport Systems and Logistics Department, [svichinskayaolga@gmail.com](mailto:svichinskayaolga@gmail.com), tel. +38 050-993-19-97.

<sup>1</sup>Kharkiv National Automobile and Highway University, 25, Yaroslava Mudroho str., Kharkiv, 61002, Ukraine.