

УПРАВЛІННЯ ЕКОЛОГІЧНОЮ МОБІЛЬНІСТЮ ПРИ ОРГАНІЗАЦІЇ МІСЬКИХ
ПАСАЖИРСЬКИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬMANAGEMENT OF ENVIRONMENTAL MOBILITY IN THE ORGANIZATION OF CITY
PASSENGER TRANSPORTATION

Гребельник Микола Миколайович, старший викладач кафедри менеджменту, Національний транспортний університет, Україна, 01010, м. Київ, вул. М. Омельяновича-Павленка, 1, к. 242, e-mail: niknik0229@gmail.com,

<https://orcid.org/0000-0001-8385-8261>



Дехтяренко Дмитро Павлович, Національний транспортний університет, Україна, 01010, м. Київ, вул. М. Омельяновича-Павленка, 1, к. 242, e-mail: mr.dima_2304@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0003-3902-5996>



Порфіренко Володимир Іванович, кандидат економічних наук, Національний транспортний університет, Україна, 01010, м. Київ, вул. М. Омельяновича-Павленка, 1, к. 242, e-mail: porfirenko@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0003-0329-6217>

Анотація. Стаття присвячена дослідженню завантаженості міських доріг в Україні, яка суттєво збільшилась. Особливу увагу приділено міському автобусному транспорту. Розвиток екологічного громадського транспорту є найдієвішим методом боротьби зі шкідливими викидами. На сьогодні такими вважаються гібридні, водневі, електричні технології на автомобільному транспорті.

Об'єкт дослідження – рівень завантаженості міських доріг в Україні та їх оцінка.

Мета роботи – моделювання зниження рівня заторів та розвиток екологічного транспорту у мегаполісах України.

Методи дослідження – статистичні методи, математичне моделювання.

Проведено аналіз рівня завантаженості доріг найбільших міст України. Проведений аналіз тенденцій розвитку міського пасажирського транспорту. Проведено аналіз рівня трафіку міст України. Проведено порівняльний аналіз основних переваг та недоліків електрокарів над автомобілями, які працюють на бензині та дизпаливі. Проведено аналіз шляхів розвитку та використання електробусів в великих містах розвинутих державах світу. На основі проаналізованих даних рівня заторів в містах-мегаполісах України, запропоновано провести оптимізацію маршрутів та структури рухомого складу під час лінійної експлуатації у різні пори року, дні тижня та години доби з використанням модульного типу електробусів: електротягача та салонів – електропричепів різної довжини та місткості: маленьких, середніх та великих.

Ключові слова: завантаженість міських доріг, рівень трафіку, екологічний громадський транспорт, забруднення атмосферного повітря, електробуси.

Аналіз останніх досліджень і публікацій.

За даними сайту TomTom, завантаженість міських доріг в Україні станом на 2021 р суттєво підвищилась. Так, у Києві трафік становив 56 %, що на 5 % більше, ніж у 2020 р, та опинився на 3 сходинці у рейтингу з індексу міст, де найпроблемніше дістатися до пункту призначення власним автомобілем. Трафік Одеси склав 51 %, що на 7 % більше, ніж у 2020 р, і перебуває на 6 місці. У Харкові стало пересуватися трошки гірше, всього на 3 %, в порівнянні з 2021 р. Тут трафік складає 46 % і це 12 місце серед міст світу. Дніпро на 25 сходинці з трафіком 40 %, що на 2 % більше, ніж у 2020 р.

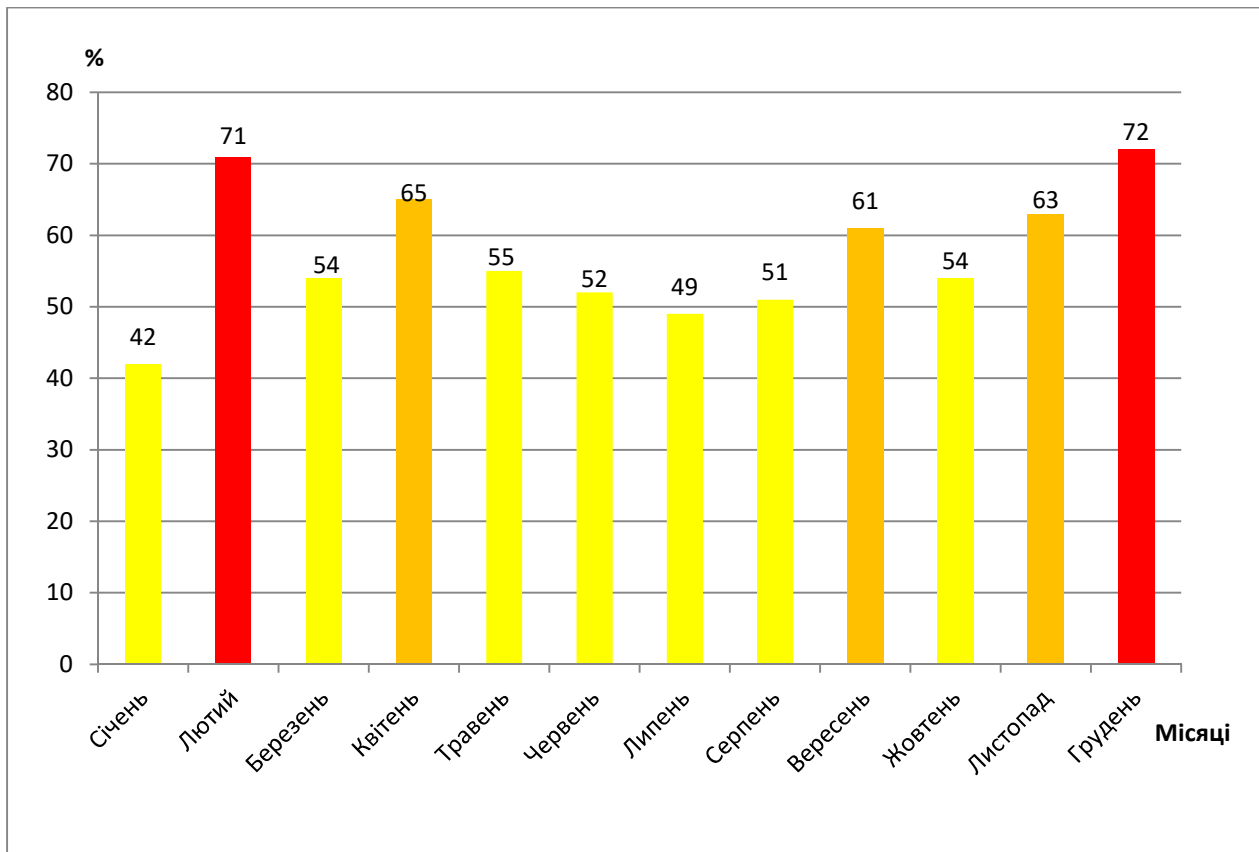
Відобразимо рівень завантаженості доріг міста Києва у таблиці 1.

Таблиця 1 – Рівень трафіку м. Києва у середньому за 2021 р, %, за даними сайту TomTom
Table 1 – Average traffic level of Kyiv in 2021, %, according to data from the TomTom website

День тижня	НД	ПН	ВТ	СР	ЧТ	ПТ	СБ
Час							
0:00	6	3	3	3	3	4	7
	5	2	2	2	2	3	5
2:00	3	2	2	2	2	3	4
	3	2	2	2	2	3	3
4:00	2	1	1	1	1	2	1
	0	0	0	0	0	1	1
6:00	0	11	12	12	11	11	4
	2	65	67	66	62	59	10
8:00	5	98	101	97	93	85	16
	10	82	91	84	83	75	25
10:00	15	62	77	72	74	67	35
	22	52	70	67	69	67	46
12:00	28	49	66	66	68	69	54
	31	50	66	66	68	72	57
14:00	32	49	65	65	68	73	56
	31	49	65	65	68	77	50
16:00	29	54	69	70	73	92	43
	29	75	92	93	95	103	38
18:00	28	90	108	108	110	98	33
	25	63	78	77	80	69	27
20:00	21	35	43	43	45	42	22
	18	20	23	24	25	27	18
22:00	11	11	13	13	15	17	13
	6	6	7	7	8	11	9

Згідно таблиці, найбільші затори у місті утворювалися у вечірній піковий період четверга, у проміжку між 18 та 19 годинами, і досягали 110 %. Подібна ситуація відбувалася у вівторок та середу, 108 % завантаженості. У п'ятницю пікове навантаження на дороги, 103%, припадало на проміжок між 16 до 18 годинами, коли люди поверталися з роботи та прямували за місто. Єдиний ранковий піковий період утворення заторів відбувався у вівторок між 8 та 9 годинами та досягав 101%. Аналіз даних показав, що в середньому автомобілісти витрачали на дорогу на 17 хв. більше, за умови, якщо їх поїздка тривала в середньому до 30 хв, у базових умовах, без заторів.

У місячному вимірі за 2021 р найбільший трафік спостерігався у лютому – 71 % та у грудні – 72 %, що пояснюється погодними умовами. Дану інформацію продемонструємо на графіку 1 [1, Kyiv traffic report | TomTom Traffic Index].



Графік 1 – Рівень трафіку у місті Києві за 12 місяців 2021 р, %
Figure 1 – Traffic level in the city of Kyiv for 12 months of 2021, %

Рівень завантаженості доріг в м. Одесі відображено в таблиці 2.

Таблиця 2 – Рівень трафіку м. Одеса у середньому за 2021 р, %, за даними сайту TomTom
Table 2 – Average traffic level of Odesa for 2021, %, according to TomTom site data

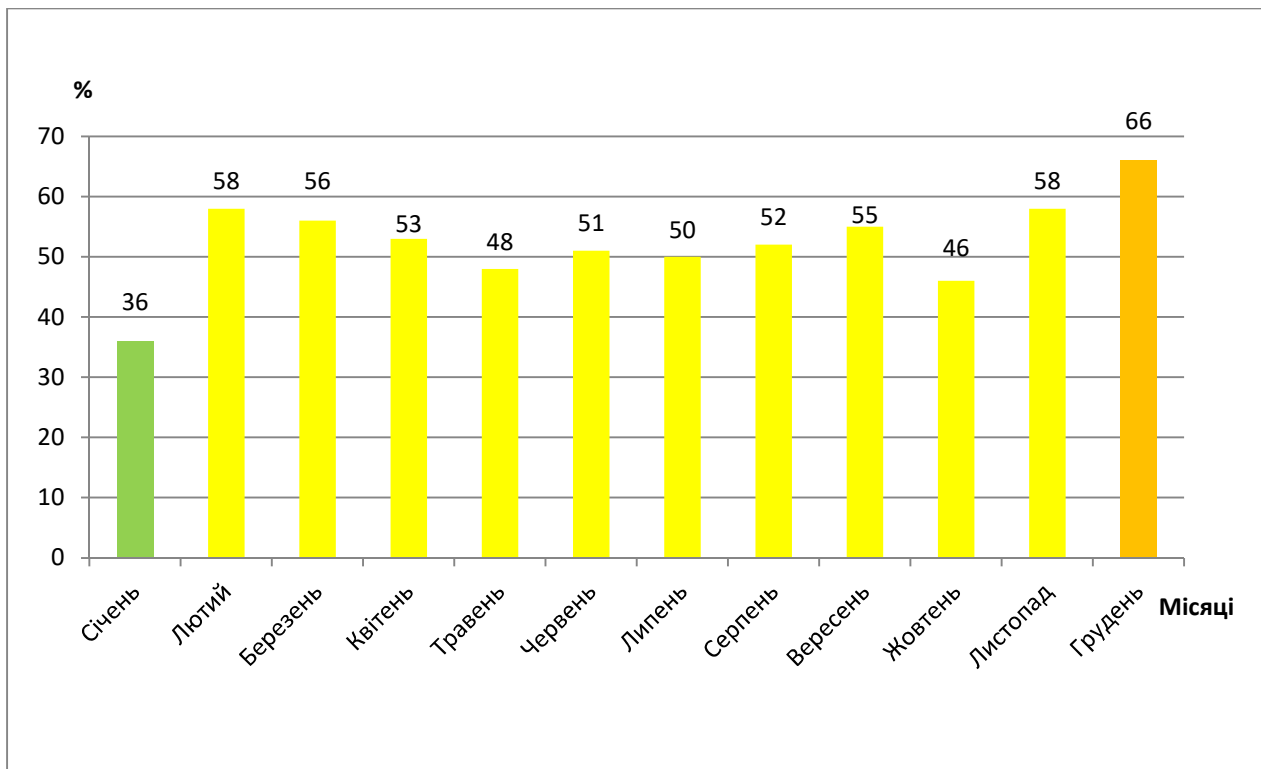
День тижня	НД	ПН	ВТ	СР	ЧТ	ПТ	СБ
Час							
0:00	8	4	3	3	3	4	6
	5	2	1	2	3	2	3
2:00	2	1	1	2	3	1	2
	2	1	0	1	3	1	1
4:00	1	0	0	2	2	1	1
	0	0	0	1	1	0	0
6:00	1	6	6	7	7	5	5
	6	39	42	44	42	38	15
8:00	9	72	81	82	78	72	22
	14	65	77	76	73	69	31
10:00	19	54	69	67	64	67	41
	24	51	64	63	62	68	49
12:00	29	54	65	64	64	73	55
	33	56	67	67	67	76	59
14:00	33	60	70	69	70	78	60
	29	59	68	69	70	79	52

продовж. табл. 2

16:00	27	57	68	69	69	87	43
	25	72	85	87	87	95	36
18:00	26	79	93	94	94	93	33
	24	51	61	61	62	66	29
20:00	21	27	32	33	35	40	25
	19	19	20	21	23	26	22
22:00	12	11	12	12	13	16	16
	6	6	6	6	7	10	11

Затори найвищого рівня в Одесі спостерігалися у період вечірніх пікових годин, між 17 та 18 годинами, у п'ятницю, коли трафік досягав 95 %, а також у вівторок, середу та четвер, близько 18 години, на рівні 93-94 %. Дослідження показали, що одесити та гості міста витрачають на 15 хв більше у подорожах, які в середньому тривають до 30 хв при низькому рівні завантаження доріг.

У річному розрізі найбільше затори сковували місто у грудні, досягши, в середньому 66 %. Відобразимо повну інформацію, за 2021 р, на графіку 2 [2, Odesa traffic report | TomTom Traffic Index].



Графік 2 – Рівень трафіку у місті Одесі за 12 місяців 2021 р, %
Figure 2 – Traffic level in the city of Odessa for 12 months of 2021, %

Рівень завантаженості доріг у м. Харкові відобразимо у таблиці 3.

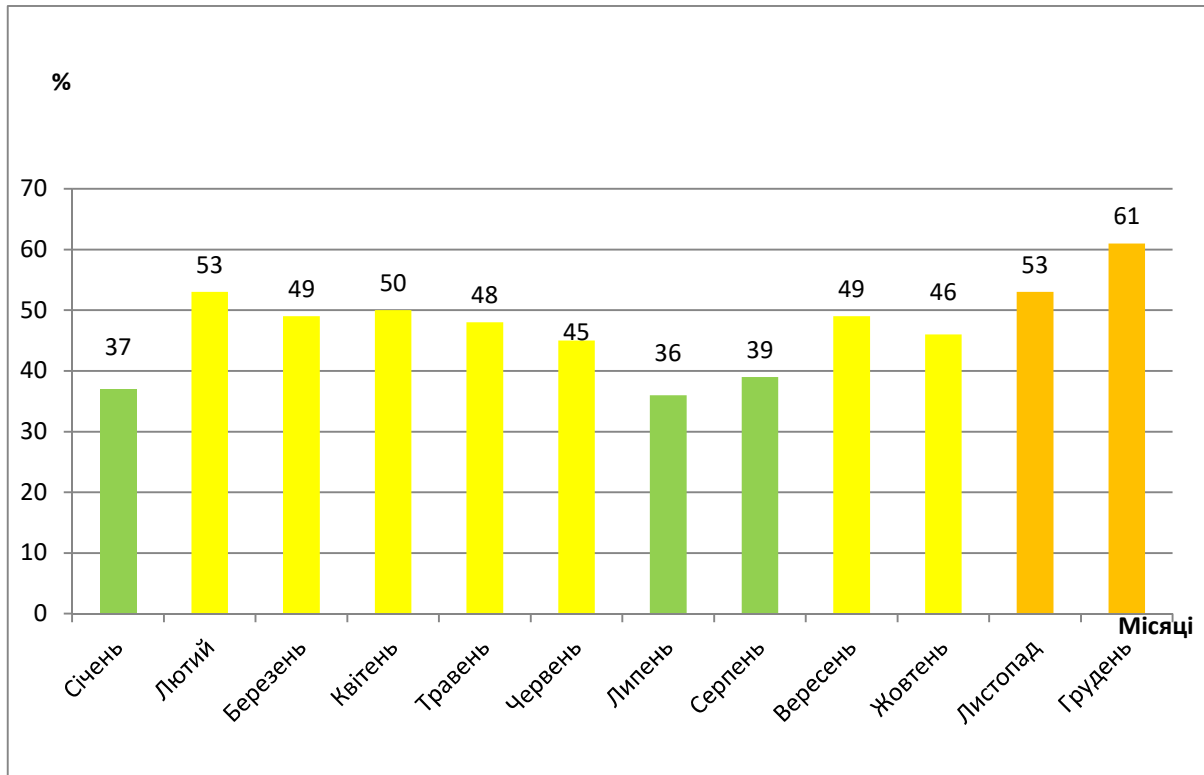
Згідно таблиці, найбільші затори у Харкові спостерігалися у ранковий піковий період, близько 8 години ранку, у вівторок, 85 %. Помітна тенденція відбувалась і у середу, 80 %. Вечірній пік був несприятливим для пересування автомобілем з 16 до 18 години, у п'ятницю, 77-80 %. Аналіз трафіку показує, що люди витрачали на поїздку на 14 хв більше, ніж у період низької завантаженості доріг, при умові, якщо їх подорож в середньому триває не більше 30 хв.

Таблиця 3 – Рівень трафіку м. Харкова у середньому за 2021 р, %, за даними сайту TomTom
 Table 3 – Average traffic level of Kharkiv in 2021, %, according to TomTom site data

День тижня	НД	ПН	ВТ	СР	ЧТ	ПТ	СБ
Час							
0:00	4	2	3	2	2	2	4
	4	2	3	3	3	3	4
2:00	3	2	3	3	3	3	3
	3	2	3	2	3	2	3
4:00	1	1	2	1	1	1	1
	0	0	1	1	0	0	0
6:00	4	8	9	9	9	9	6
	8	37	42	41	40	37	15
8:00	11	74	85	82	78	73	23
	15	59	76	70	67	64	31
10:00	20	47	65	60	58	58	38
	24	45	61	55	55	58	46
12:00	27	46	60	56	55	60	51
	28	46	58	55	54	62	51
14:00	27	47	59	57	57	65	49
	26	48	59	60	60	70	44
16:00	25	51	60	63	61	77	37
	26	65	75	76	76	80	32
18:00	26	68	77	76	78	79	31
	24	41	47	46	48	55	26
20:00	21	25	27	28	28	33	22
	18	18	19	20	19	22	19
22:00	12	12	13	13	13	16	14
	4	4	4	4	4	7	6

У річному розрізі найбільше затори сковували місто у грудні, досягши, в середньому, 61 %. Відобразимо повну інформацію, за 2021 р, на графіку 3 [3, Kharkiv traffic report | TomTom Traffic Index].

Згідно таблиці, у Дніпрі найбільший рівень заторів спостерігався у період вечірнього пікового завантаження, у вівторок, близько 18 години, - 75 %. Подібна ситуація виникала також у середу, четвер та п'ятницю, 71-74 % трафіку. У ранкові години складно пересуватися дорогами міста було близько 8 години ранку, у вівторок, середу та четвер, - 71-74 % зайнятості доріг. Аналіз трафіку показав, що люди, які пересуваються власними автомобілями, витрачають на поїзду більше на 12 хв, якщо їхня подорож триває в середньому до 30 хв.



Графік 3 – Рівень трафіку у місті Харкові за 12 місяців 2021 р, %
Figure 3 – Traffic level in the city of Kharkiv for 12 months of 2021, %

У річному розрізі найбільше затори сковували місто у грудні, досягши, в середньому, 57 %. Відобразимо повну інформацію, за 2021 р, на графіку 4 [4, Dnipro traffic report | TomTom Traffic Index]. Загалом згідно звіту, World Air Quality Report 2021, Україна опинилася на 56 місці у світі, та на 9 місці у Європі, за рівнем забруднення атмосферного повітря дрібнодисперсними частинками PM_{2.5} із середнім показником 18,5 мкг/м³ [5, IQAir].

Відобразимо рівень завантаженості доріг міста Дніпро у таблиці 4.

Таблиця 4 – Рівень трафіку м. Дніпро у середньому за 2021 р, %, за даними сайту TomTom
Table 4 – Average traffic level of Dnipro in 2021, %, according to the TomTom website

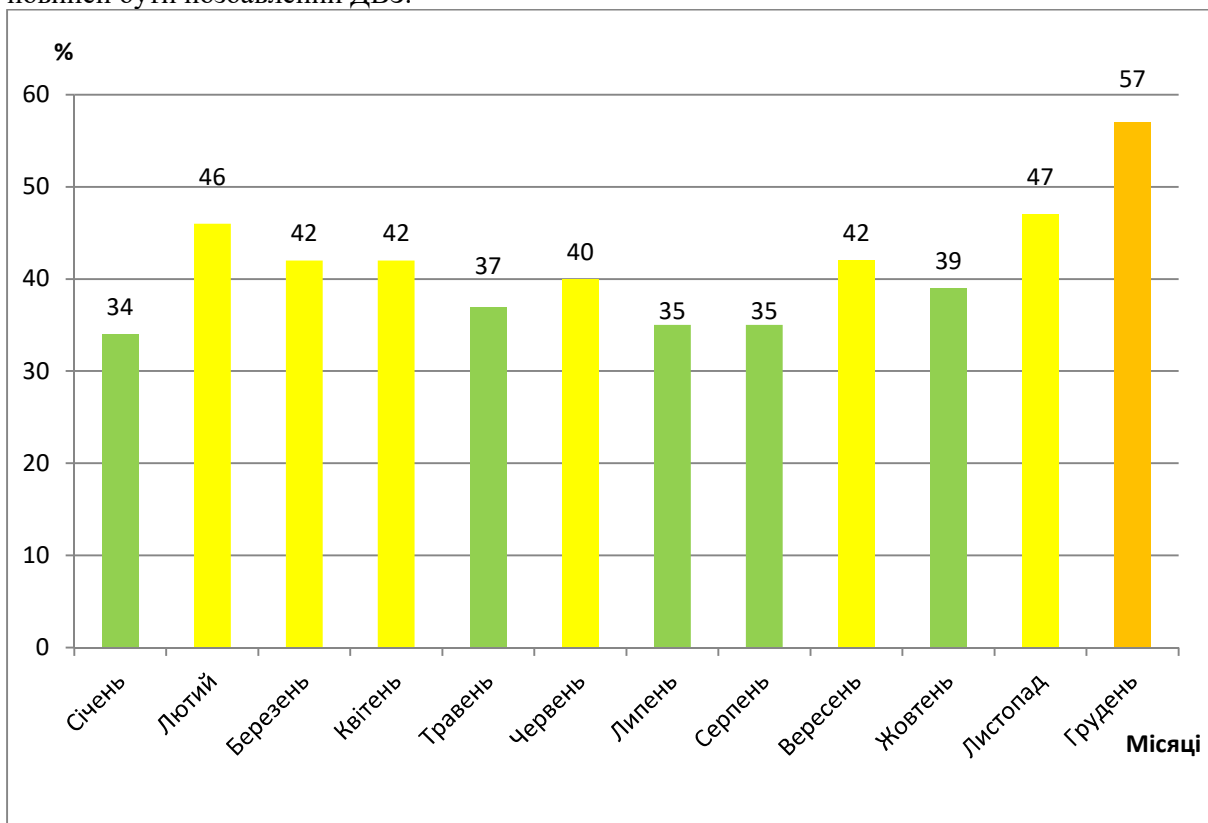
День тижня	НД	ПН	ВТ	СР	ЧТ	ПТ	СБ
Час							
0:00	3	1	2	2	2	3	4
	2	1	2	2	3	3	3
2:00	2	3	4	3	3	3	3
	2	4	4	5	3	3	2
4:00	0	1	2	3	3	2	1
	0	1	1	2	2	1	1
6:00	9	12	13	13	14	13	11
	11	39	41	41	40	38	16
8:00	13	69	72	74	71	67	22
	17	53	58	61	57	55	27
10:00	20	39	46	47	45	47	33
	22	37	43	44	43	47	37

продовж. табл. 4

12:00	24	38	44	45	44	50	39
	25	38	44	45	44	51	37
14:00	24	39	44	45	44	54	34
	23	41	46	47	46	57	31
16:00	23	44	51	52	51	64	28
	24	57	67	66	67	70	28
18:00	24	64	75	72	74	71	27
	23	38	45	42	45	46	25
20:00	21	26	28	28	29	30	23
	19	21	22	22	22	23	21
22:00	14	16	16	17	17	18	17
	3	4	4	5	5	7	6

У лютому 2020 р першою країною "Великої сімки", що оголосила про відмову від двигунів внутрішнього згорання (далі – ДВЗ), стала Великобританія. Більш того, - наприкінці року темпи переходу на електротягу були примусово прискорені: замість раніше заявленого 2040 року повна заборона призначена на 2035-й, а для бензинових і дизельних автомобілів без гібридного модуля - взагалі на 2030 рік.

У американському штаті Каліфорнія заборонять продажі нових легкових і вантажних бензинових автомобілів із 2035 р, тоді ж від бензинових легковиків має намір відмовитися канадська провінція Квебек. А у березні 2021 року про поступовий перехід в «електричний табір» оголосив Сінгапур: із 2025 р тут заборонять нові дизельні легковики і таксі, а до 2040 р весь автопарк країни повинен бути позбавлений ДВЗ.



Графік 4 - Рівень трафіку у місті Дніпро за 12 місяців 2021 р, %
Figure 4 - Traffic level in the city of Dnipro for 12 months of 2021, %

Під тиском ухвалених по всьому світу майбутніх заборон на продаж машин на викопному паливі, світові автовиробники вимушено та навіть поспішно переглядають свої виробничі плани.

Схоже, в антагоністичному протистоянні "ДВЗ та електродвигун" переконливу перемогу здобуває електричний двигун.

Так, концерн General Motors вкладе 27 млрд \$ у розробку електрокарів, а до 2025 р випустить на ринок 30 нових моделей на електротязі. У лютому 2021 р Ford оголосив, що з 2026 року всі його легкові моделі в Європі будуть виключно електричними або плагін-гібридами.

У Європі відмова від ДВЗ може статися навіть раніше, ніж вже оголосили окремі країни, що входять до складу ЄС. Справа в тому, що в 2025 р планується надати чинності новому екологічному стандарту викидів Euro 7, який порівняно з нині чинним Euro 6d-TEMP значно жорсткіший, і багато представників автоіндустрії вважають його недосяжним.

Норми ще не фіналізовані. Згідно з поточною пропозицією, нові автомобілі повинні викидати всього 30 мг оксидів азоту NOx на один пройдений кілометр. Початкова позначена межа для Euro 7 становила 60 мг/км для бензинових машин і 80 мг/км - для дизельних. Вміст у вихлопі окису вуглецю також має бути істотно знижений.

Для дизельних моторів це означає фактично припинення виробництва, тому що сучасні технології не дозволять укластися в такі вимоги. Відмова від бензину в світлі Euro 7 не настільки очевидна, адже для таких моторів відповідати прийдешньому посиленню викидів буде дуже складно, але можливо. Щоправда, це важко доступно, а вартість розробки власне моторів значно, як вважають автовиробники, та невиправдано зросте.

Заміна ДВЗ на електродвигун у країнах, де вже визначалися про введення заборон, означає, що внутрішні перепродажі раніше випущених машин із моторами на ископному паливі, неухильно падатимуть. Їхніх власників просто задавлять високими податками, як це в Європі відбувається зараз зі старими моделями: чим нижчий екологічний клас, тим вища ставка податку.

Попередньо визначено, що ввезення в Україну старих автомобілів із дизельними двигунами заборонять з 1 січня 2028 р, нових автомобілів із дизельними двигунами і старих із бензиновими двигунами - з 1 січня 2033 р, нових автомобілів із бензиновими двигунами - з 1 січня 2038 року [6, Добровольський, 2021].

Крім того, в Мінінфраструктури зріє ідея окремо заборонити експлуатацію автобусів із ДВЗ навіть раніше, з 2028 р. Щоправда, ці плани поки не набули форми остаточної концепції, і вимагають обговорення з усіма учасниками ринку, враховуючи приватних перевізників тощо.

Паливна криза, спричинена війною Росії проти України, суттєво вплинула на розвиток екологічного транспорту не тільки у нашій країні, але у всій Європі. Попит на електромобілі різко підвищився. У травні цього року українці купили на 63 % більше автомобілів з електродвигунами, ніж рік тому за цей період, повідомив "Укравтопром". Частка нових машин в цій кількості становила 28% проти 11% торік. Станом на 1 червня 2022 р в Україні таких автомобілів зареєстровано 36,6 тисяч. Серед лідерів регіони з великою транспортною інфраструктурою: Київ та Одеська, Харківська, Дніпропетровська, Київська, Львівська області року [6, Добровольський, 2021].

Згідно зі статтею, нещодавно опублікованою виданням Autoblog, середня ціна нового електромобіля в травні 2022 року зросла до 54 000 \$, і в річному обчисленні клієнти заплатили за новий електромобіль на 22 % більше. Тим часом, ціни на автомобілі з бензиновими двигуном зросли лише на 14 %, і становлять у середньому 44 400 \$ (інформацію про ціни взято з нещодавнього звіту AlixPartners).

У статті йдеться, що компанія Tesla цього року неодноразово підвищувала ціни на свої машини, і зараз деякі моделі Tesla коштують майже на 10 % більше, ніж на початку 2022 року. Електромобільні стартапи Rivian та Lucid також підвищили ціни. Схоже, зараз це характерно для більшої частини галузі, включаючи і таких традиційних автовиробників, як Ford та General Motors.

Як основну причину підвищення цін, автовиробники називають зростання вартості сировини. Autoblog пише, що з березня 2020 року вартість сировинних матеріалів підскочила на 144 %! Згідно з дослідженням, вартість деяких матеріалів після пандемії подвоїлася. А генеральний директор Ford Finance Джон Лоулер визнав, що зростаючі витрати зробили електромобілі на зразок Ford Mustang Mach-E практично нерентабельними.

Зважаючи на зростання цін на усі види палива через збільшення курсу за барель нафти, введені санкції проти Росії, та ускладнення процесу пошуку диверсифікованих, альтернативних місць закупівлі сировини, та маючи місце перерозподіл ринку, електромобілі розбирають «як гарячі пірижки», і

виробники вперше стикнулися з тим, що не можуть забезпечити пропозицію через шалений попит. Тому цей факт теж є суттєвим важелем підвищення цін на електромобілі [7, Internetua].

Розвиток екологічного громадського транспорту є найдієвішим методом боротьби зі шкідливими викидами. На сьогодні такими вважаються гібридні, водневі, електричні технології на автомобільному транспорті.

Водневий двигун складається з двох основних частин: паливного елемента, як первинного генератору енергії, та електродвигуна, який використовується для приводу трансмісії. Машини на водневому паливі можна поділити на 3 типи:

- зі звичайним двигуном внутрішнього згоряння, який працює на водні або водневій суміші. Такі моделі можуть працювати на чистому водні або 5- 10 % водню додають до основного палива;

- з двома електроносіями, так звані гібридні, їх колеса рухає електропривід, енергію якому постачає акумулятор, що у свою чергу заряджається від високо-економічного двигуна внутрішнього згоряння, що працює на водні або суміші водню з бензином;

- з електродвигуном, який працює від паливного елемента, що знаходиться в автомобілі. Теоретично ККД паливного елемента, що працює на суміші водень-повітря, може перевищувати 85 %. Зараз вже вдалося одержати двигуни з ККД близько 75 % - це більш ніж удвічі вище відповідного показника найкращих двигунів внутрішнього згоряння. В умовах міста такі машини одержать п'ятишестизову перевагу над звичайними автомобілями [8, Вікіпедія].

Перших 16 двоповерхових водневих автобусів з'явилися у Шотландії, місті Абердині, 28 січня 2021 р. Кошторис закупівлі становив 8,3 млн фунтів стерлінгів або близько 500 тис фунтів за одиницю. Це гроші міської ради, уряду Шотландії та Європейського союзу. Кожен автобус має резервуар на 25 кг водню, який заправляється за 10 хвилин. Цього запасу вистачає на пробіг до 400 км. Виробник – фірма Wrightbus [9, АвтоЦентр].

У Польщі почнеться виробництво водневих автобусів у 2023 році. NesoBus – проект Polsat Plus, найбільшої польської компанії та провідної медійної та телекомунікаційної групи у регіоні. Neso - аббревіатура польської фрази “Nie Emituje Spalin i Oczyszcza” (“Не виділяє вихлопних газів та очищує повітря”). Єдині викиди - водяна пара.

NesoBus розроблений з нуля польськими дизайнерами та інженерами у співпраці з партнерами з Європи та інших країн світу. Екстер'єр та інтер'єр розробила італійська компанія Torino Design, що спеціалізується на автомобільному дизайні. Паливні елементи надала канадська компанія Ballard Power Systems, а водневі баки – шведська технологічна група Hexagon AB. Автобус завдовжки 12 метрів може перевозити до 93 пасажирів та має із 37 сидячих місць. Завширшки NesoBus досягає 2,55 метрів, у висоту – 3,4 метри. Споряджена маса – менше 13 т.

Доступ до салону забезпечують троє широких дверей. Автобус пристосований для перевезення осіб з інвалідністю та обладнаний системами опалення і кондиціонування. Також в оснащенні бортова система гучного зв'язку, 3 подвійні порти USB, 3 місця для індукційної підзарядки смартфонів або ноутбуків, 5 дисплеїв усередині пасажирського салону, 6 зовнішніх дисплеїв з боків автобусу й по одному спереду та ззаду, камери кругового огляду, Wi-Fi та 5G.

Місткість баків для зберігання водню – 37,5 кг. Час заправки – 15 хвилин. Як зазначено в офіційному прес-релізі компанії, при випробуванні СОРТ-2 середня витрата склала 5,5 кг водню на 100 км. Дальність пробігу без дозаправки – близько 450 км.

«NesoBus – ідеальне рішення для мешканців міст, яке виключає викиди шкідливих речовин, окрім CO₂. До таких речовин здебільшого належать оксид азоту або дрібнодисперсні частинки PM 2,5. Фактично, це електромобіль, що працює на водні. Він виробляє електроенергію з використанням паливного елемента, використовуючи водень як паливо. Автобус має власну міні-електростанцію. Фізично водень, що подається з баків, з'єднується з киснем повітря, й таким чином генерується електроенергія, що живить двигун. Немає жодного процесу горіння. Водяна пара - єдине, що викидається автобусом із вихлопної труби внаслідок з'єднання водню та кисню у паливному елементі. Вода повністю дистильована», – йдеться у прес-релізі компанії.

Протягом 65 днів NesoBus пройшов інтенсивні вуличні та лабораторні випробування, які включали 40 тестів різних типів, проведених у Польщі та за кордоном, й у квітні 2022 року отримав схвалення в ЄС.

Серійне виробництво польського водневого автобусу відбуватиметься на новому заводі, який будується у місті Свидник. Річні виробничі потужності підприємства перевищать 100 одиниць [10, InfoCar].

Транспортне відомство Лондона вже має у своєму парку понад 500 електричних автобусів, і до 2030 року він прагне досягти нульових викидів у навколишнє середовище від експлуатації автобусів [11, Хожаїнова, 2021].

Висновок. На основі проаналізованих даних рівня заторів в містах-мегаполісах України, пропонуємо провести оптимізацію маршрутів та структури рухомого складу під час лінійної експлуатації у різні пори року, дні тижня та години доби з використанням модульного типу електробусів: електротягача та салонів – електропричепів різної довжини та місткості: маленьких, середніх та великих.

Маленькі (small – до 10 м, місткістю до 40 осіб) доцільно використовувати у період з 21 до 1 год та з 5 до 6 ранку у робочі дні. У разі якщо у місті працюють нічні маршрути, то з 21 год до 6 год.

Середні (middle - 12 – 15 м) варто використовувати у період з 12 до 15 год та з 20 до 21 год.

Великі (large – понад 20 м) вводяться в експлуатацію під час пікового завантаження доріг з 8 до 11 год та з 17 до 19 год.

Проведений аналіз тенденцій розвитку міського пасажирського транспорту показує, що в світі превалює тенденція на використання електричного та водневого рухомого транспорту. Крім переходу на нові електричні та водневі моделі, слід застосовувати структурну оптимізацію автобусів виходячи із не стаціонарності потоків пасажирів.

Перелік посилань

1. Kyiv traffic report | TomTom Traffic Index. TomTom. https://www.tomtom.com/en_gb/traffic-index/kyiv-traffic/
2. Odesa traffic report | TomTom Traffic Index. TomTom. https://www.tomtom.com/en_gb/traffic-index/odessa-traffic/
3. Kharkiv traffic report | TomTom Traffic Index. TomTom https://www.tomtom.com/en_gb/traffic-index/kharkiv-traffic/
4. Dnipro traffic report | TomTom Traffic Index. TomTom. https://www.tomtom.com/en_gb/traffic-index/dnipro-traffic/
5. World Air Quality Report 2021. Region & City PM2.5 Ranking | IQAir. <https://www.iqair.com/world-air-quality-report>
6. Добровольський, В. (2021, 9 квітня) "Електрика замість бензину. Чи відмовиться Україна від ДВЗ слідом за Європою". Фокус. <https://focus.ua/uk/auto/479149-dvs-i-elektrodivigatel-kogda-proizojdet-otkaz-ot-benzina-v-evrope-mire-i-ukraine>
7. (2022, 30 червня) "Електромобілі різко дорожчають через зростання попиту та ціни на сировину". Internetua. <https://internetua.com/elektromobili-rizko-dorojsauat-eserez-zrostannya-popitu-ta-cini-na-sirovinu>
8. Водневий двигун | Вікіпедія. https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D0%BE%D0%B4%D0%BD%D0%B5%D0%B2%D0%B8%D0%B9_%D0%B4%D0%B2%D0%B8%D0%B3%D1%83%D0%BD
9. Гоголев Ю. (2021, 28 січня) "На дороги виїхали перші в світі двоповерхові автобуси на водні". АвтоЦентр. <https://www.autocentre.ua/ua/news/sobytie/na-dorogi-vyehali-pervye-v-mire-dvuhetazhnye-avtobusy-na-vodorode-1311852.html>
10. (2022, 4 червня) "У Польщі розробили свій водневий автобус NesoBus". InfoCar. https://news.infocar.ua/u_polshch_rozrobili_svy_vodneviy_avtobus_nesobus_150718.html
11. Хожаїнова В. (2021, 23 червня) "У Лондоні уперше запустять двоповерхові водневі автобуси". Суспільне новини. <https://suspilne.media/141715-u-londoni-uperse-zapustat-dvopoverhovi-vodnevi-avtobusi/>

MANAGEMENT OF ENVIRONMENTAL MOBILITY IN THE ORGANIZATION OF CITY PASSENGER TRANSPORTATION

Hrebelnyk Mykola M., National Transport University, Kyiv, Ukraine, e-mail: niknik0229@gmail.com, tel.: +380976572803, Ukraine, 01010, Kyiv, str. M. Omelyanovich-Pavlenko, 1, k. 242. <https://orcid.org/0000-0001-8385-8261>

Dekhtiarenko Dmytro P., National Transport University, Kyiv, Ukraine, e-mail: mr.dima2304@gmail.com, tel.: +380671451579, Ukraine, 01010, Kyiv, str. M. Omelyanovich-Pavlenko, 1, k. 242. <https://orcid.org/0000-0003-3902-5996>

Porfirenko Volodymyr I., National Transport University, Kyiv, Ukraine, e-mail: porfirenko@gmail.com, tel.: +380675034433, Ukraine, 01010, Kyiv, str. M. Omelyanovich-Pavlenko, 1, k. 242. <https://orcid.org/0000-0003-0329-6217>

Abstract. The article is devoted to the study of congestion on city roads in Ukraine, which has significantly increased. Special attention is paid to city bus transport. The development of ecological public transport is the most effective method of combating harmful emissions. Today, hybrid, hydrogen, and electric technologies in road transport are considered to be such.

The object of the study is the level of congestion of city roads in Ukraine and their assessment.

The purpose of the work is to model the reduction of traffic jams and the development of ecological transport in megapolises of Ukraine.

Research methods – statistical methods, mathematical modeling.

An analysis of the level of congestion on the roads of the largest cities of Ukraine was carried out. The analysis of the development trends of urban passenger transport was carried out. An analysis of the traffic level of Ukrainian cities was carried out. A comparative analysis of the main advantages and disadvantages of electric cars over cars running on gasoline and diesel fuel was carried out. An analysis of the ways of development and use of electric buses in large cities of the developed countries of the world was carried out. On the basis of the analyzed data on the level of traffic jams in the cities-megapolises of Ukraine, it is proposed to optimize the routes and the structure of the rolling stock during linear operation in different seasons of the year, days of the week and hours of the day using a modular type of electric buses: an electric tractor and salons - electric trailers of different lengths and capacities: small, medium and large.

Keywords: congestion of city roads, traffic level, ecological public transport, atmospheric air pollution, electric buses.

References

1. Kyiv traffic report | TomTom Traffic Index. TomTom. https://www.tomtom.com/en_gb/traffic-index/kiev-traffic/
2. Odesa traffic report | TomTom Traffic Index. TomTom. https://www.tomtom.com/en_gb/traffic-index/odessa-traffic/
3. Kharkiv traffic report | TomTom Traffic Index. TomTom https://www.tomtom.com/en_gb/traffic-index/kharkiv-traffic/
4. Dnipro traffic report | TomTom Traffic Index. TomTom. https://www.tomtom.com/en_gb/traffic-index/dnipro-traffic/
5. World Air Quality Report 2021. Region & City PM2.5 Ranking | IQAir. <https://www.iqair.com/world-air-quality-report>
6. Dobrovolskyi, V. (2021, April 9) "Electricity instead of gasoline. Will Ukraine abandon ICE after Europe." Focus. <https://focus.ua/uk/auto/479149-dvs-i-elektrodivigatel-kogda-proizojdet-otkaz-ot-benzina-v-evrope-mire-i-ukraine>
7. (2022, June 30) "Electric cars rise in price as demand and raw material prices rise". Internetua. <https://internetua.com/elektromobili-rizko-dorojcsauat-cserez-zrostantnya-popitu-ta-cini-na-sirovinu>
8. Hydrogen engine | Wikipedia. https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%92%D0%BE%D0%B4%D0%BD%D0%B5%D0%B2%D0%B8%D0%B9_%D0%B4%D0%B2%D0%B8%D0%B3%D1%83%D0%BD
9. Gogolev Yu. (2021, January 28) "The world's first double-decker water-powered buses hit the roads." Auto Center. <https://www.autocentre.ua/ua/news/sobytie/na-dorogi-vychali-pervye-v-mire-dvuhetazhnye-avtobusy-na-vodorode-1311852.html>
10. (2022, June 4) "Poland has developed its own NesoBus hydrogen bus." InfoCar. https://news.infocar.ua/u_polshch_rozrobili_svy_vodneviy_avtobus_nesobus_150718.html
11. Khozhainova V. (2021, June 23) "Double-decker hydrogen buses will be launched in London for the first time." Suspilne news. <https://suspilne.media/141715-u-londoni-uperse-zapustat-dvopoverhivodnevni-avtobusi>