



УДК 656.13.072

ANALYSIS OF THE INFLUENCE OF CHANGING THE PASSENGER CAPACITY UTILIZATION FACTOR ON TRANSPORT ENERGY-EFFICIENCY AND MOTOR VEHICLE EMISSIONS FOR CITY PASSENGER TRANSPORTATION**АНАЛІЗ ВПЛИВУ ЗМІНИ КОЕФІЦІЄНТА ВИКОРИСТАННЯ ПАСАЖИРОМІСТКОСТІ НА ТРАНСПОРТНУ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ ТА ВИКИДИ ШКІДЛИВИХ РЕЧОВИН АВТОБУСА ДЛЯ МІСЬКИХ ПАСАЖИРСЬКИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ****Khabutdinov R.A./ Хабутдінов Р.А.***d.t.s., prof. / д.т.н., проф.*

ORCID: 0000-0002-1329-5739

Fedorenko I.O./ Федоренко І.О.*PhD student/аспірант*

ORCID: 0000-0002-8690-5673

*National Transport University, Kyiv, vul. M. Omelyanovich-Pavlenko, 1, 02000**Національний транспортний університет,**Київ, вул. М. Омеляновича-Павленка, 1, 02000*

Анотація. Існуюча методологія транспортного та економічного аналізу базується на віртуально-спрощеній та сервісно-комерційній парадигмі знань про автомобільний транспорт, тобто автобус не розглядається як носій технологічних ресурсів з рядом властивостей. Основною метою статті є визначення впливу коефіцієнта використання пасажиромісткості на транспортну енергоефективність, витрати енергії та палива при різних фазах руху та викиди шкідливих речовин автобуса для міських пасажирських перевезень. У роботі використовується імітаційне моделювання руху автобуса в тестовій операції. Отримано залежності показників транспортної енергоефективності, енергетичних витрат, витрат палива і викидів ШР автобуса від показника використання пасажиромісткості, для фази розгону, сталого руху та циклу. На основі отриманих результатів отримані закономірності впливу кількості пасажирів, що перевозяться автобусом на транспортну енергоефективність та викиди ШР.

Ключові слова: автобус, транспортна операція, транспортна енергоефективність, викиди шкідливих речовин, міські пасажирські перевезення.

Вступ.

Міські пасажирські перевезення посідають перше місце серед діючих ліцензій на право провадження господарської діяльності з перевезення пасажирів, небезпечних вантажів та небезпечних відходів автомобільним транспортом, міжнародні перевезення пасажирів та вантажів автомобільним транспортом за даними Мінтрансу на 2020 рік, що становить 30% від загальної кількості ліцензій. При цьому використовуються 51 909 автобусів для здійснення пасажирських перевезень, що становить 36,4% від загальної кількості транспортних засобів, що використовуються ліцензіатами. За 2020 рік перевезено 1083,9 мільйонів пасажирів автомобільним транспортом (автобусами) в Україні [1], з них 119,52 млн пасажирів перевезено автомобільним транспортом у м. Києві [2], що становить 11% від загального пасажирообігу країни. Міські автобусні пасажирські перевезення є основною складовою пасажирських перевезень як міста Києва, так і країни в цілому.



Існуюча методологія транспортного і економічного аналізу на АТ базується на віртуально-спрощеній і сервісно-комерційній парадигмі знань про АТ як сфері технологічно - консервативного транспортного обслуговування [3,4,5]. Що не дозволяє розглядати автобус як носій технологічних ресурсів, що має ряд властивостей: автобус складна машина, автобус складний об'єкт управління рухом, автобус перевізний засіб, автобус потенційний об'єкт технічного обслуговування, автобус конструктивно-технічна основа перетворення ресурсів[6].

В умовах конкурентної ринкової економіки актуальні комплексні стратегії управління виробничо-якісним функціонуванням ресурсно-технологічної бази автотранспорту і його інноваційним розвитком на основі проектів високо-технологічного та інтенсивно-ресурсозберігаючого відтворення автотранспортних послуг відповідно до концепції енергоресурсної синергії в структурно-функціональній організації автотранспортної системи [7].

Викиди шкідливих речовин (ШР) нормуються згідно нормативної бази [8], не враховуючи режими руху ТЗ, а саме поділ на фази: розгін – сталий рух (рух з постійною швидкістю) – гальмування. Необхідно враховувати режими руху автобуса у міському циклі перевезень, при визначенні викидів шкідливих речовин.

Основний текст.

Дослідження проведені на прикладі транспортної мережі міста Києва. Для розрахунку середньої відстані між зупинками проаналізовано 85 автобусних маршрутів Києва [9], на яких здійснюються перевезення автобусами великого та особливо великого класу КП «Київпастрас» [10]. Аналіз паршпутів показує, що мінімальна довжина прямого рейсу – 2,62 км, максимальна – 29,95 км; довжина зворотнього рейсу у діапазоні 2,25 - 28,24 км. Середня кількість зупинок для прямого та зворотного маршрутів становить 20 шт. Середня відстань між зупинками розрахована за формулою 1, і становить 0,55 км.

$$L_{\text{сер}} = \left(\sum_N \frac{l_{\text{ni}} + l_{\text{zi}}}{n_{\text{ni}} - 1 + n_{\text{zi}} - 1} \right) / N \quad (1)$$

де $l_{\text{ni}}, l_{\text{zi}}$ – відстань i -го прямого і зворотного напрямків i -го маршруту,

$n_{\text{ni}}, n_{\text{zi}}$ – кількість зупинок прямого та зворотного напрямків на i -му маршруті,

N – сумарна кількість маршрутів.

Подальші розрахунки проведено для автобуса Богдан А70132, короткі технічні характеристики якого приведені у таблиці 1 [11]. Коефіцієнт використання пасажиромісткості варіюється в межах $\gamma_{\text{ст}} = 0,2 \dots 1$, тобто кількість пасажирів в салоні змінюється від 20 до 100, з кроком 20. Довжина циклу (тестова відстань між зупинками) 550 метрів. Сталим вважається рух зі швидкістю 14 м/с.



Таблиця 1

Короткі технічні характеристики автобуса Богдан А70132

Параметр	Значення
Габаритні розміри Д/Ш/В, мм	11960/2550/3180
База, мм	5860
Повна маса, кг	18000
Споряджена маса, кг	10840
Пасажиromісткість, пас	100
Двигун	IVECO F4AE3682E
Максимальна потужність двигуна, кВт	264
Тип палива	ДП
Трансмісія	Гідромеханічна, 6 ступенів
Розмір шин	275/70R22,5
Екологічний клас	Euro 5
Клас ТЗ	М3

Проведемо порівняння фази розгону, сталого руху та циклу (табл. 2) за показниками: сумарні енергетичні витрати на цикл (E_c), енергетичні витрати на розгін (E_{pc}), енергетичні витрати на сталий рух (E_{vl}) (рисунок 1), витрати пального на цикл (Q_c), витрати пального на розгін (Q_{pc}), витрати пального на сталий рух (Q_{vl}) (рисунок 2), витрати часу на цикл (T_c), витрати часу на розгін (T_{pc}), витрати часу на сталий рух (T_{vl}).

Таблиця 2

Розподіл енергетичних витрат, палива і часових витрат в циклі і різних режимах руху залежно від зміни коефіцієнта використання пасажиромісткості $\gamma_{ст}$.

	$\gamma_{ст}$	0,2	0,4	0,6	0,8	1
На цикл	E_c , МДж	6,279	6,631	6,984	7,339	7,694
	Q_c , г	323,654	334,634	345,725	356,900	368,143
	T_c , с	60,499	60,529	60,554	60,575	60,593
На розгін	E_{pc} , МДж	2,247	2,447	2,647	2,847	3,046
	Q_{pc} , г	131,361	143,024	154,679	165,603	177,981
	T_{pc} , с	11,693	11,799	11,880	11,959	12,029
На сталий рух	E_{vl} , МДж	2,652	2,643	2,635	2,628	2,622
	Q_{vl} , г	187,817	187,135	186,567	186,088	185,679
	T_{vl} , с	43,471	43,383	43,310	43,248	43,195

Рисунок 1 показує розподіл витрат енергії в циклі і різних режимах руху залежно від зміни коефіцієнта використання пасажиромісткості $\gamma_{ст}$.

Встановлено, що витрати енергії при розгоні (E_{pc}) зростають зі зростанням коефіцієнту використання пасажиромісткості $\gamma_{ст}$ з 35,78% до 39,59% від загальної в циклі, при цьому витрати енергії (E_{vl}) для сталого руху знижується з



42,24 % до 34,08% при рості коефіцієнту використання пасажиромісткості $\gamma_{ст}$ від 0,2 до 1. Тобто, зі збільшенням значення $\gamma_{ст}$ автобус витрачає більше енергії для розгону, але менше для сталого руху. При цьому на фазі розгону зростання витрат енергії становить 3,81%, а в режимі сталого руху витрати енергії зменшуються на 8,16%. Значення витрат енергії при сталому русі обумовлюється діями водія, який є носієм трудових ресурсів, що має ряд властивостей. При розгоні водій витрачає 2 с на переключення передач, реакція водія, та час на переключення передач враховується, тому фазу сталого руху автобус починає зі швидкості 15 м/с, потім швидкість знижується до 14 м/с, з чого слідує зниження енергетичних витрат при сталому русі.

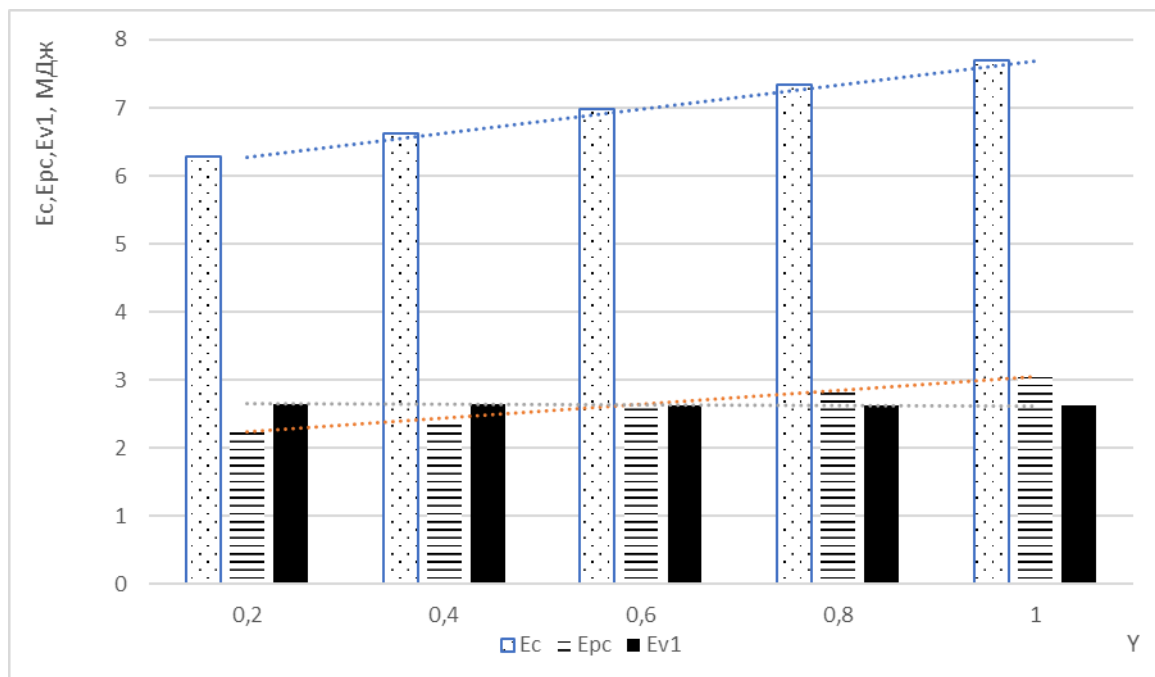


Рисунок 1 – Розподіл витрат енергії в циклі і різних режимах руху залежно від зміни коефіцієнту використання пасажиромісткості $\gamma_{ст}$.

Рисунок 2 показує, що на автобусному маршруті адаптивно-дискретного руху вплив коефіцієнту використання пасажиромісткості $\gamma_{ст}$ на витрати пального в циклі (Q_c), витрати пального на розгін ($Q_{рс}$, г), витрати пального на сталий рух (Q_{v1} , г) має наступні залежності: якщо коефіцієнт використання пасажиромісткості $\gamma_{ст} = 0,2$, то при розгоні витрачається 40,58 % палива від загальної витрати в циклі, а на режим сталого руху 58,03%. Якщо коефіцієнт використання пасажиромісткості $\gamma_{ст} = 1$, то при розгоні витрачається 48,35 % палива від загальної витрати в циклі, а на режим сталого руху 50,43%. Тобто зі зростанням коефіцієнту використання пасажиромісткості $\gamma_{ст}$ від 0,2 до 1 витрати палива при розгоні зростають на 46,62 грам (7,77%), а в режимі сталого руху знижуються на 2,14 грам (7,6%).

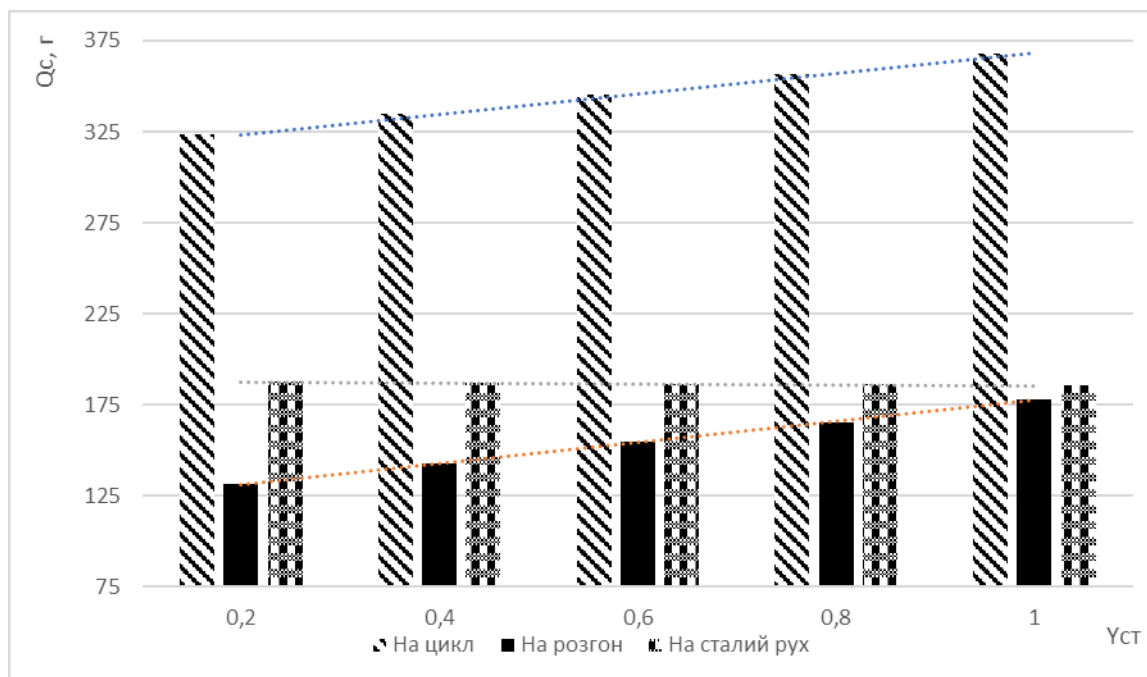


Рисунок 2 – Розподіл витрати палива в циклі і різних режимах руху залежно від зміни коефіцієнта використання пасажиромісткості $\gamma_{ст}$.

Розподіл витрати часу показує, що при русі на відстань 550 метрів автобус Богдан А70132 витрачає від 60,48 с ($\gamma_{ст} = 0,2$) до 60,59 с ($\gamma_{ст} = 1$), при цьому розподіл часу на розгін та сталий рух наступний: при $\gamma_{ст} = 0,2$ – 11,69 с (19,32% від загальних витрат часу T_c) та 37,8 с (62,48% від загальних витрат часу T_c) відповідно; при $\gamma_{ст} = 1$ – 12,03 с (19,85% від загальних витрат часу T_c) та 37,56 (61,98% від загальних витрат часу T_c) відповідно.

Далі представлено результати порівняння фази розгону та сталого руху в структурі циклу руху між зупинками за показниками E_{pc} , E_{v1} (рисунок 3) і Q_{pc} , Q_{v1} в структурі циклу руху між зупинками (рисунок 5). Фаза розгону поділена на 5 передач, аналізуємо сумарні витрати енергії та пального, сталий режим руху відбувається на одній передачі.

На рисунку 3 представлено залежність енергетичних витрат на розгін (E_{pc}) та сталий режим руху ($V=14\text{м/с}$) (E_{v1}) від коефіцієнта використання пасажиромісткості $\gamma_{ст}$. Графік показує, що при збільшенні коефіцієнта використання пасажиромісткості $\gamma_{ст}$ енергетичні витрати при розгоні (E_{pc}) зростають на 35,5%, при цьому енергетичні витрати (E_{v1}) для сталого режиму руху знижується на 1,13%.

На рисунку 4 представлено залежність витрати палива на розгін (Q_{pc}) та сталий режим руху (Q_{v1}) від зміни коефіцієнта використання пасажиромісткості $\gamma_{ст}$. Встановлено, що витрата палива при сталому режимі руху (Q_{v1}) знижується при збільшенні коефіцієнта використання пасажиромісткості $\gamma_{ст}$ в діапазоні 0,2 – 1 на 2,13 грама, що становить 1,14%. В режимі розгону витрата палива (Q_{pc})



зростає зі зростанням коефіцієнта використання пасажиромісткості $\gamma_{ст}$, і становить 114,28 г при $\gamma_{ст} = 0,2$ і 154,77 г при $\gamma_{ст} = 1$, тобто зростає на 46,62 грам (35,5%).

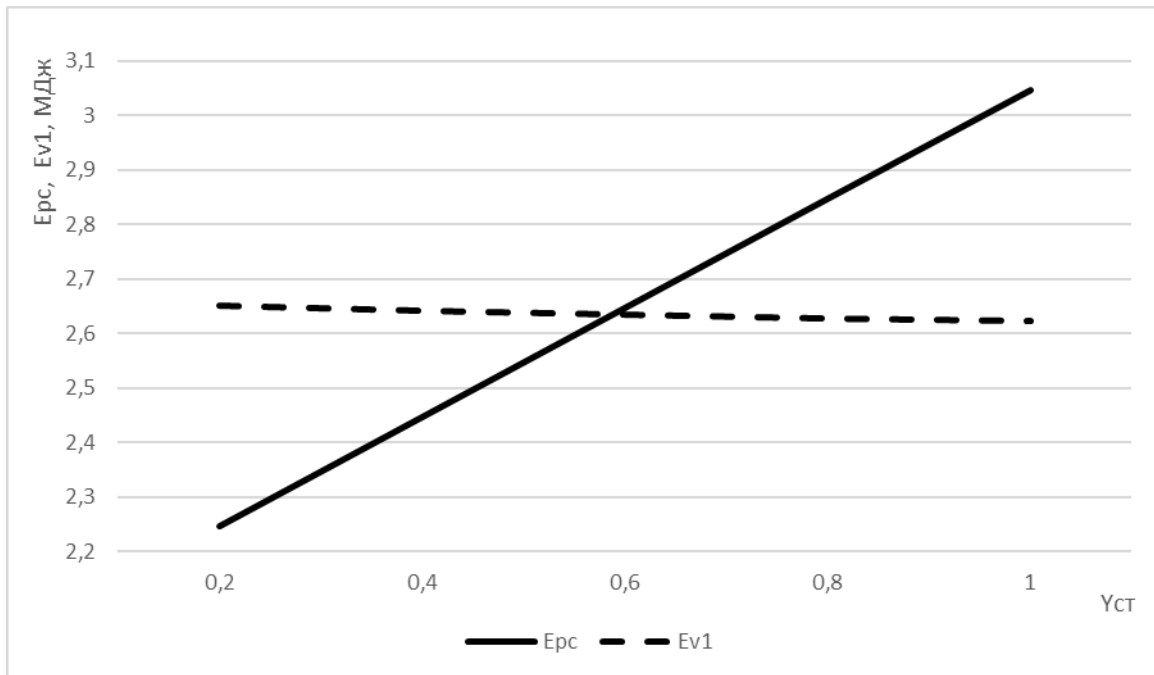


Рисунок 3 – Графік залежності енергетичних витрат на розгін (E_{pc}) та сталий режим руху (E_{v1}) від зміни коефіцієнта використання пасажиромісткості $\gamma_{ст}$.

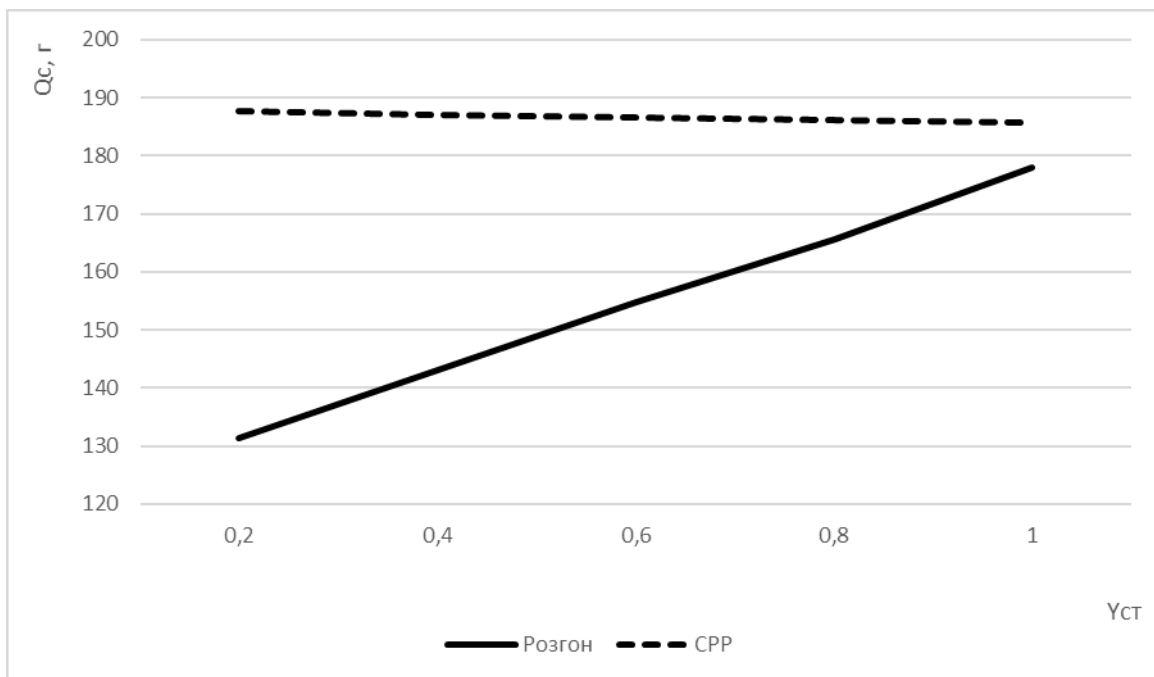


Рисунок 4 – Графік залежності витрати палива на розгін (Q_{pc}) та сталий режим руху (Q_{v1}) від зміни коефіцієнта використання пасажиромісткості $\gamma_{ст}$.



Співвідношення витрат палива при розгонах (Q_{pc}) до витрат палива на сталому режимі руху (Q_{v1}) (2). Результати зміни коефіцієнта відносної паливовитратності в режимах розгону K_Q при зміні коефіцієнта використання пасажиромісткості $\gamma_{ст}$ від 0,2 до 1 представлено у таблиці 3.

$$K_Q = \frac{Q_{pc}}{Q_{v1}} \quad (2)$$

Таблиця 3

Зміна коефіцієнта відносної паливовитратності в режимах розгону K_Q при зміні коефіцієнта використання пасажиромісткості $\gamma_{ст}$.

$\gamma_{ст}$	0,2	0,4	0,6	0,8	1
K_Q	0,7	0,76	0,83	0,89	0,96

Таблиця 3 демонструє зростання коефіцієнта відносної паливовитратності в режимах розгону K_Q при зростанні коефіцієнта використання пасажиромісткості $\gamma_{ст}$. Тобто, витрата палива при розгоні при зростанні $\gamma_{ст}$ від 0,2 до 1 при русі на тестову відстань між зупинками зростає.

Встановлені факти не враховуються в умовах експлуатації автобусів, при нормуванні витрат палива та при розрахунках графіків руху автобусів.

В джерелі [12] визначено токсичні викиди та їх склад, спираючись на дані витрат палива. У дані роботі враховано адаптивно-дискретний рух між зупинками при розрахунку викидів шкідливих речовин. Для визначення значення мас викидів шкідливих речовин при різних режимах руху використовується методика [12]. Для визначення різних компонентів викидів шкідливих речовин при адаптивно-дискретному русі необхідні показники витрати енергії і середньої потужності потоку енергії адаптивно-дискретного руху між зупинками.

Розрахуємо сукупні споживані енерговитрати адаптивно-дискретного руху автобуса в циклі руху A_c (3), при розгоні A_p (4) та в сталому русі A_{v1} (5). Довжина тестової відстані між зупинками становить 550 метрів, зміна середньої потужності при зміні коефіцієнта використання пасажиромісткості $\gamma_{ст}$ представлена у таблиці 4, рисунок 5.

$$A_c = N_{сер_c} * T_c, \text{ кВт * год} \quad (3)$$

$$A_p = N_{сер_p} * T_{pc}, \text{ кВт * год} \quad (4)$$

$$A_{v1} = N_{сер_{v1}} * T_{v1}, \text{ кВт * год} \quad (5)$$

де $N_{сер}$ – потужність потоку енергії при адаптивно-дискретному русі (на цикл ($N_{сер_c}$, кВт), на розгін ($N_{сер_p}$, кВт), на сталий рух ($N_{сер_{v1}}$, кВт)); T_i – витрати часу (на цикл (T_c , с), на розгін (T_{pc} , с), на сталий рух (T_{v1} , с)).



Таблиця 4

Потужність потоку енергії адаптивно-дискретного руху приведена до двигуна, енергетичні витрати, потужність потоку енергії в циклі, при розгоні, при сталому русі залежно від зміни коефіцієнта використання пасажиромісткості $\gamma_{ст}$.

	$\gamma_{ст}$	0,2	0,4	0,6	0,8	1
На цикл	A_c , кВт*год	1,744	1,842	1,940	2,039	2,137
	E_c , МДж	6,279	6,631	6,984	7,339	7,694
	$N_{серс}$, кВт	103,793	109,556	115,343	121,149	126,971
На розгін	A_p , кВт*год	0,624	0,680	0,735	0,791	0,846
	E_p , МДж	2,247	2,447	2,647	2,847	3,046
	$N_{серр}$, кВт	192,182	207,421	222,825	238,037	253,220
На сталий рух	A_{v1} , кВт*год	0,737	0,737	0,737	0,737	0,737
	E_{v1} , МДж	2,652	2,643	2,635	2,628	2,622
	$N_{серv1}$, кВт	61,014	61,138	61,241	61,329	61,404

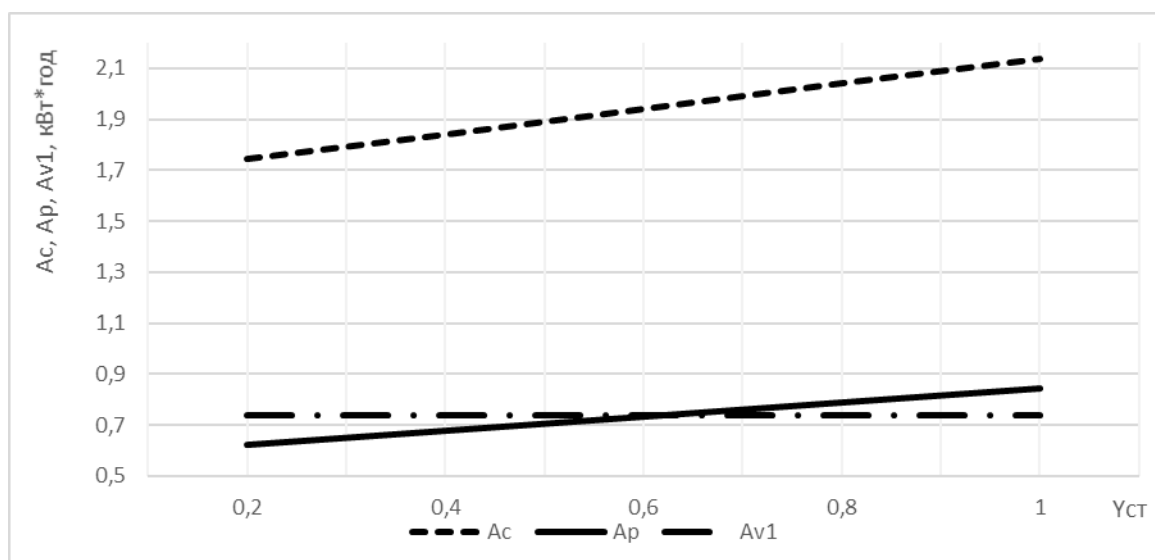


Рисунок 5 – Залежність середньої потужності потоку енергії при різних фазах руху від зміни коефіцієнта використання пасажиромісткості $\gamma_{ст}$.

Рисунок 5 показує, що потужність потоку енергії адаптивно-дискретного руху приведена до двигуна в циклі є вищою ніж при розгоні та сталому русі та зростає з ростом коефіцієнта використання пасажиромісткості $\gamma_{ст}$ на 22,52 %.

Потужність потоку енергії адаптивно-дискретного руху приведена до двигуна в режимі розгону також зростає з ростом коефіцієнта використання пасажиромісткості $\gamma_{ст}$ на 33,83%. Потужність потоку енергії адаптивно-дискретного руху приведена до двигуна в режимі сталого руху зменшується з ростом коефіцієнта використання пасажиромісткості $\gamma_{ст}$ на 1,13%.

На основі результатів імітаційного моделювання руху автобуса встановлено закономірності впливу коефіцієнта використання



пасажиромісткості γ_{CT} на енергоефективність транспортної операції. Зокрема при русі автобуса між зупинками на відстань 550 метрів проаналізовано вплив коефіцієнта використання пасажиромісткості γ_{CT} на коефіцієнт швидкості (K_{vc}), коефіцієнт транспортної енергоефективності (Per) та коефіцієнт паливної ефективності (Peq) (рисунок 6).

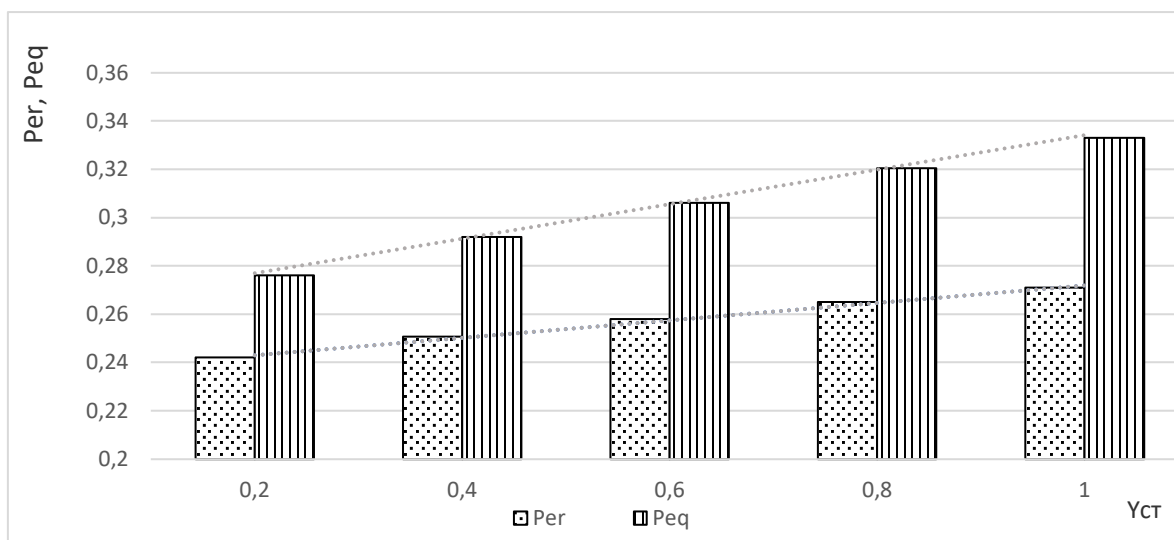


Рисунок 6 – Залежність транспортної енергоефективності (Per) та паливної ефективності (Peq) від коефіцієнту використання пасажиромісткості (γ_{CT}).

Рисунок 6 демонструє зростання паливної ефективності (Peq) з 0,267 до 0,333, на 24,7%. Транспортна енергоефективність при зростанні коефіцієнта використання пасажиромісткості γ_{CT} від 0,2 до 1 зростає на 14,34%.

Питання енергоефективності перевезень тісно пов'язане з екологічністю перевезень. Вирішувалась задача аналізу токсичності викидів для розрахункового циклу з використанням методики [12]. На основі отриманих результатів моделювання проведено аналіз токсичності викидів CO , HC , NO_x при адаптивно-дискретному русі на відстань 550 метрів між зупинками.

Згідно Додатку 2 «Екологічні норми, методи випробувань, позначення рівня екологічних норм КТЗ» Наказу Міністерства інфраструктури України № 521 від 17.08.2012 «Про затвердження Порядку затвердження конструкції транспортних засобів, їх частин та обладнання та Порядку ведення реєстру сертифікатів типу транспортних засобів та обладнання і виданих виробниками сертифікатів відповідності транспортних засобів або обладнання», для автобусів класу МЗ з дизельним двигуном екологічні норми Євро-5 описані у Правилах ЄЕК ООН № 49-04 (В2) [2]. У таблиці 5 представлено граничні значення викидів ШР для автобусів з дизельними двигунами.

Граничні норми викидів не враховують режими руху транспортного засобу, відсутній поділ на фази руху (розгон, сталий рух, гальмування) тому необхідно здійснити розподіл на фази руху та визначити, яке відсоткове співвідношення між кількістю викидів на кожній з фаз руху.



Таблиця 5

Граничні значення викидів ШР для автобусів з дизельними двигунами.

Маса окиду вуглецю (CO) г/кВт*год	Маса вуглеводнів (НС) г/кВт*год	Маса оксидів азоту (NO _x) г/кВт*год	Маса твердих частинок (ТЧ) г/кВт*год	Димність м-1
1,5	0,46	2,0	0,02	0,5

На основі розрахункових даних таблиці 2 з урахуванням граничних викидів (табл. 5) розраховано компоненти викидів автобуса при русі на тестову відстаню між зупинками для різних фаз руху.

Для тестової відстані між зупинками у 550 метрів отримано наступні залежності викидів ШР від зміни коефіцієнта використання пасажиромісткості $\gamma_{ст}$: зі зростанням $\gamma_{ст}$ від 0,2 до 1 значення CO, НС, NO_x зростають на 22,52%. Якщо розглядати залежності викидів ШР від $\gamma_{ст}$ на 1 літр дизельного палива, отримуємо зростання на 7,7 % при зростанні $\gamma_{ст}$ від 0,2 до 1. (рисунок 7).

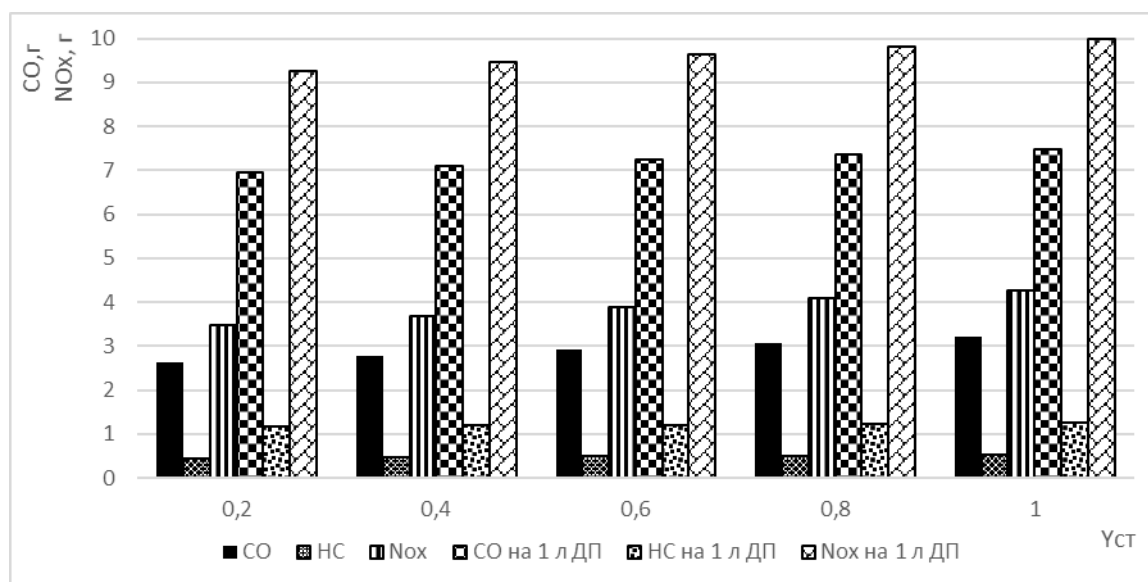


Рисунок 7 – Залежність викидів CO, NO_x та HC від коефіцієнта використання пасажиромісткості $\gamma_{ст}$.

Проведемо порівняння викидів ШР на розгоні та у режимі сталого руху. Графік порівняння середньої потужності на розгоні та в режимі сталого руху представлено на рисунку 8. З графіка видно, що середня потужність при розгоні має лінійну залежність, та стрімко зростає на 35,5% при збільшенні $\gamma_{ст}$. При сталому режимі руху середня потужність має лінійну залежність, та зменшується на 1,14% зі збільшенням $\gamma_{ст}$.

Для аналізу викидів шкідливих речовин у режимах розгону та сталого руху побудуємо графік 9. Як видно з графіку, при сталому режимі руху, викиди ШР мають лінійну залежність, та зменшуються зі збільшенням $\gamma_{ст}$ на 1,14% , в режимі розгону викиди ШР збільшуються з зростанням $\gamma_{ст}$ на 35,55%.

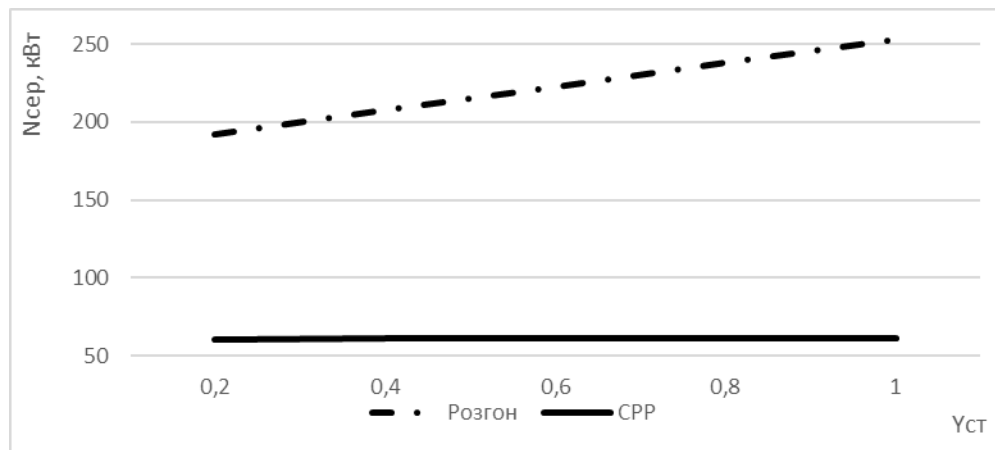


Рисунок 8 – Графік залежності середньої потужності при розгоні та у режимі сталого руху від коефіцієнта використання пасажиромісткості $\gamma_{ст}$.

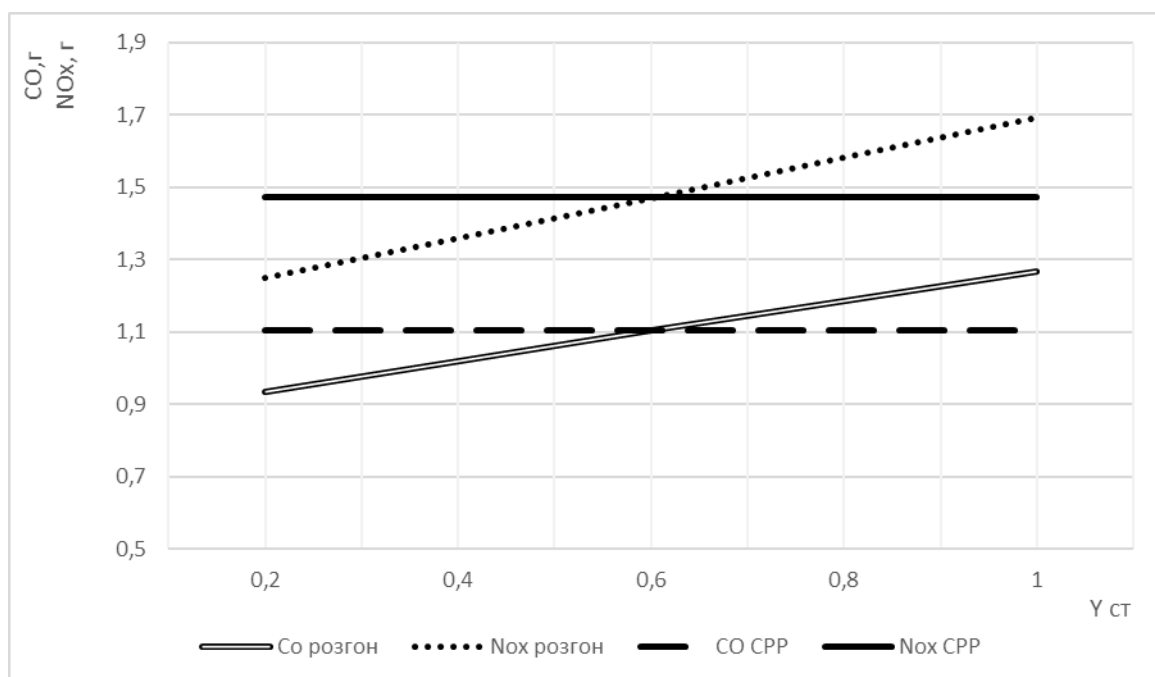


Рисунок 9 - Залежність викидів CO та NO_x при розгоні та сталому режимі руху від коефіцієнта використання пасажиромісткості $\gamma_{ст}$.

Як видно з графіку, при сталому режимі руху, викиди ШР мають лінійну залежність, та не змінюються зі збільшенням $\gamma_{ст}$, в режимі розгону викиди ШР збільшуються з зростанням $\gamma_{ст}$ на 35,55%. Також виявлено, що при значенні коефіцієнта використання пасажиромісткості $\gamma_{ст} = 0,6$ викиди CO і NO_x мають рівні значення для фази розгону та сталого руху.

Висновки.

1. В результаті статистичної обробки 85 автобусних маршрутів міста Києва встановлено, що середня відстань між зупинками становить 550 метрів.

2. Встановлено, що різні фази адаптивно-дискретного руху на перегонах по різному впливають на енергетичні витрати. Витрати енергії, часу та палива зростають на всіх фазах руху зі зростанням коефіцієнта використання



пасажиромісткості. При цьому на фазі розгону зростання витрат енергії про збільшенні $\gamma_{ст}$ в діапазоні 0,2 – 1 становить 3,81%, а в режимі сталого руху ($V=14$ м/с) витрати енергії зменшуються на 8,16%. Зі зростанням коефіцієнту використання пасажиромісткості $\gamma_{ст}$ в діапазоні 0,2 – 1 витрати палива при розгоні зростають на 40,54 грам (7,77%), а в режимі сталого руху знижуються на 1,86 грам (7,6%). При порівнянні сталого руху до режиму розгону коефіцієнт відносної паливовитратності K_Q в режимах розгону знаходиться в межах 0,7-0,96, отримано закономірності впливу коефіцієнту використання пасажиромісткості $\gamma_{ст}$ на K_Q .

3. Встановлено залежність впливу коефіцієнта використання пасажиромісткості $\gamma_{ст}$ на середню потужність потоку енергії при різних фазах руху. Встановлено, що потужність потоку енергії адаптивно-дискретного руху приведена до двигуна в циклі A_c є вищою ніж при розгоні A_{pc} та сталому русі A_{v1} та зростає на 22,52 % в режимі сталого руху; в режимі розгону – 33,83 %.

4. За результатами імітаційного модулювання руху автобуса Богдан А70132 на тестовому перегоні (550 метрів) встановлено закономірності впливу коефіцієнта використання пасажиромісткості $\gamma_{ст}$ на транспортну енергоефективність та токсичність (CO , CH , NO_x). Зокрема зростання $\gamma_{ст}$ від 0,2 до 1 призводить до зростання паливної ефективності (Pe_q) з 0,267 до 0,333, на 24,7%; транспортна енергоефективність зростає на 14,34%; питомі викиди шкідливих речовин CO , HC , NO_x зростають на 22,52%. При цьому питомі викиди ШР від $\gamma_{ст}$ на 1 літр дизельного палива, отримуємо зростання на 7,7 % .

5. Встановлено кількісний зв'язок показників транспортної енергоефективності і показників питомих викидів шкідливих речовин при адаптивно-дискретному русі автобуса на міських маршрутах.

Література

1. Статистичні дані по галузі автомобільного транспорту URL: <https://mtu.gov.ua/content/statistichni-dani-po-galuzi-avtomobilnogo-transportu.html> (дата звернення: 10.11.2021).
2. Головне управління статистики в м. Києві URL: <http://kyiv.ukrstat.gov.ua/p.php3?c=3219&lang=1> (дата звернення: 10.11.2021).
3. Воркут А.И. Грузовые автомобильные перевозки /А.И. Воркут. – К.: Віща школа, 1986, 447с.
4. Макконнелл, К.Р. Экономикс: принципы, проблемы и политика : учебник / К.Р. Макконнелл, С.Л. Брю, Ш.М. Флинн ; пер. с англ. — 19-е изд. — Москва : ИНФРА-М, 2018. - XXVIII, 1028 с. - ISBN 978-5-16-006520-5 (print) ; ISBN 978-5-16-106252-4 (online) ; ISBN 978-0-07-351144-3 (alk. paper).
5. Будрина Е.В. Экономика транспорта : учебник и практикум для академического бакалавриата / Е. В. Будрина [и др.] ; под редакцией Е. В. Будриной. — Москва : Издательство Юрайт, 2018. — 366 с.



6. Хабутдинов Р. А. Системное формирование технологий автомобильных перевозок по критериям энерго- и ресурсоотдачи : дис. докт. техн. наук: 05.22.01. Киев, 2003. 332 с.

7. СИСТЕМНА КОНЦЕПЦІЯ ЕНЕРГОРЕСУРСНОЇ СИНЕРГІЇ ТА МЕТОДОЛОГІЯ ТЕХНОЛОГІЧНО-ІННОВАЦІЙНОГО УПРАВЛІННЯ НА АВТОТРАНСПОРТІ, Хабутдінов Р.А.

8. ЕЕК ООН «Соглашение о принятии единообразных технических предписаний для колесных транспортных средств, предметов оборудования и частей, которые могут быть установлены и/или использованы на колесных транспортных средствах, и об условиях взаимного признания официальных утверждений, выдаваемых на основе этих предписаний.» (від 02.07.2015)

9. Список маршрутів Київ // <https://wikiroutes.info/uk/kyiv/catalog> (дата звернення: 01.09.2021).

10. Розклад руху автобусів КП "Киїпастрас" URL: <https://kpt.kyiv.ua/schedule> (дата звернення: 15.05.2021).

11. Технічні характеристики автобусу Богдан А70132 URL: <http://busplant.bogdan.ua/> (дата звернення: 15.05.2021).

12. Гутаревич Ю.Ф., Зеркалов Д.В., Говорун А.Г., Корпач А.О., Мержиевська Л.П. Екологія та автомобільний транспорт: Навчальний посібник. – К.: Арістей, 2006. – 292 с. ISBN 966-8458-86-9.

References

1. Statistical data on road transport URL: <https://mtu.gov.ua/content/statistichni-dani-pogaluzi-avtomobilnogo-transportu.html> (date of access: 10.11.2021).

2. Main Department of Statistics in Kyiv URL: <http://kyiv.ukrstat.gov.ua/p.php3?c=3219&lang=1> (date of reference: 10.11.2021).

3. Vorkut A.I. Cargo road transportation / A.I. Vorkut.-M.: Broadcasting School, 1986, 447 p.

4. McConnell, C.P. Economics: principles, problems and policies: a textbook / C.R. McConnell, S.L. Brew, S.M. Flynn; transl. from English - 19th ed. - Moscow: INFRA-M, 2018. - XXVIII, 1028 p. - ISBN 978-5-16-006520-5 (print); ISBN 978-5-16-106252-4 (online); ISBN 978-0-07-351144-3 (alk. paper).

5. Budrina E.V. Economics of transport: textbook and practical work for academic baccalaureate / E. V. Budrina [and others]; edited by E. V. Budrina. - Moscow: Publishing house Yurait, 2018. - 366 с.

6. Khabutdinov R. A. Systemic formation of automobile transportation technologies according to the criteria of energy and resource efficiency : Doctoral thesis: 05.22.01. Kiev, 2003. 332 с.

7. SYSTEM CONCEPT OF ENERGY RESOURCE SYNERGY AND METHODOLOGY OF TECHNOLOGICAL INNOVATION MANAGEMENT ON AUTOTRANSPORT, Khabutdinov R.A.

8. UNECE "Agreement concerning the adoption of uniform technical prescriptions for wheeled vehicles, equipment and parts which can be fitted and/or be used on wheeled vehicles and the conditions for reciprocal recognition of approvals granted on the basis of these prescriptions". (02.07.2015)

9. List of routes Kiev // <https://wikiroutes.info/ru/kyiv/catalog> (date of reference: 01.09.2021).

10. Bus schedule of Kyivpastrans URL: <https://kpt.kyiv.ua/schedule> (date of access: 15.05.2021).

11. Technical characteristics of Bogdan bus A70132 URL: <http://busplant.bogdan.ua/> (date of access: 15.05.2021).



12. Gutarevich Y.F., Zerkalov D.V., Govorun A.G., Korpach A.A., Merzhievskaya L.P. Ecology and automobile transport: Textbook. - Moscow: Aristei, 2006. - 292 c. ISBN 966-8458-86-9.

Abstract. *The existing methodology of transport and economic analysis is based on a virtually simplified and service-commercial paradigm of knowledge about road transport, that is, the bus is not considered as a carrier of technological resources with a number of properties. The main objective of the paper is to determine the impact of passenger capacity utilization factor on the transport energy efficiency, energy and fuel consumption during different phases of travel and emissions of the bus for urban passenger transportation. The paper uses simulation modeling of bus traffic in a test operation. Dependencies of transport energy efficiency, energy consumption, fuel consumption and hazardous substance emissions of the bus on the passenger capacity utilization indicator for the acceleration phase, steady motion and cycle are obtained. On the basis of the obtained results, the regularities of the influence of the number of passengers carried on the transport energy efficiency and and motor vehicle emissions.*

It was found that different phases of adaptive-discrete motion on jumps have different effects on energy costs. The energy, time, and fuel consumption increases in all phases of motion with an increase in the passenger capacity utilization factor. The dependence of the effect of passenger capacity utilization factor on the average power of energy flow at different phases of motion has been established. The results of simulation modulation of Bogdan A70132 bus on the test route (550 meters) revealed the regularities of the impact of the passenger capacity factor on the transport energy efficiency and toxicity (CO, CH, NOx). The quantitative relationship between the characteristics of transport energy efficiency and the characteristics of specific emissions of harmful substances during the adaptive-discrete movement of the bus on urban routes has been established.

Key words: *bus, transport operation, transport energy efficiency, emissions of harmful substances, urban passenger transport.*