

Д.П. Понкратов

Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова, Україна

## ДІАПАЗОНИ ПАСАЖИРОПОТОКУ РАЦІОНАЛЬНОГО ВИКОРИСТАННЯ АВТОБУСІВ ПЕВНОГО КЛАСУ ПАСАЖИРОМІСТКОСТІ НА МІСЬКИХ МАРШРУТАХ РІЗНОЇ ПРОТЯЖНОСТІ

Встановлено, що довжина маршруту є вагомим фактором, що зумовлює раціональні сфери використання автобусів різного класу пасажиромісткості. Зі зростанням довжини маршруту відбувається зміна діапазонів пасажиропотоку на найбільш завантаженому перегоні маршруту раціонального використання автобусів особливо малого, середнього та великого класів місткості у бік зменшення. У той же час, розширюється діапазон використання автобусів особливо великого класу місткості.

**Ключові слова:** міський пасажирський транспорт, оптимальна пасажиромісткість автобусу, пасажиропотік на найбільш завантаженому перегоні маршруту, довжина маршруту.

### Постановка проблеми

У комплексі завдань розробки технології міських пасажирських перевезень питання вибору автобусів для роботи на маршрутах є вкрай важливим, оскільки цей параметр визначає інші показники перевізного процесу, та у кінцевому випадку зумовлює результативність перевізного процесу з позиції перевізника та рівень задоволеності транспортними послугами з боку пасажирів.

### Аналіз останніх досліджень і публікацій

Як підходи до вибору параметрів перевезень на маршрутах міського пасажирського транспорту можуть бути застосовані два підходи [1]: типового об'єкту та типового вирішення.

Метод типового вирішення заснований на розробці оптимізаційної обчислювальної процедури, яку використовують при проведенні розрахунку потреби в автобусах кожного з маршрутів без попереднього їхнього поділу на класи [1]. В якості критерію оптимальності зазвичай застосовують сумарні витрати перевізника та пасажирів [1-6].

На користь застосування методу типового вирішення вказує той факт, що його використання дає змогу враховувати індивідуальні особливості кожного маршруту та отримати більш ефективне (економічне) вирішення завдання [1].

Метод типового об'єкту передбачає попередній поділ маршрутів на групи та виділення в рамках кожної групи типового маршруту. Для типового маршруту з кожної групи визначають раціональну пасажиромісткість автобусу [1].

Як первинний, слід розглядати метод типового вирішення, що на основі оптимізаційної моделі дає змогу розглядати значну кількість параметрів процесу перевезень та їхніх сполучень, що впливають на прийняття обґрунтованих рішень щодо доцільності застосування автобусів певної пасажиромісткості. На підставі їх аналізу можливо виявлення загальних закономірностей, що обумовлюють цей процес. Таким чином, підґрунтям методу типового об'єкту є застосування моделей вибору пасажиромісткості транспортних засобів.

На підставі аналізу наявних моделей вибору пасажиромісткості транспортних засобів, автор праці [7] наводить такі особливості їхнього застосування та загальні закономірності:

1. Зі зростанням вартісної оцінки транспортного часу пасажирів спостерігається зменшення оптимальної пасажиромісткості транспортного засобу. У деяких моделях цей зв'язок виражається зворотно пропорційною залежністю кореню квадратному вартості транспортного часу.

2. Немає погодженості серед моделей щодо питання впливу складників пересування на оптимальну пасажиромісткість транспортного засобу. Деякі моделі містять, як змінні окремі складники часу пересування, проте не має моделей, що містили б усі з них.

3. Зазвичай моделі зміни витрат перевізника описується функцією  $C = a + b \cdot Z$  ( $Z$  - пасажиромісткість транспортного засобу;  $a$ ,  $b$  - коефіцієнти витрат); у більшості моделей параметр  $a$  виявляється впливовим фактором вибору оптимальної пасажиромісткості, а параметр  $b$ , як впливовий фактор розглядається лише у декількох моделях.

4. Залежність оптимальної пасажиромісткості від довжини маршруту або часу оборту показує, що чим більша протяжність маршруту, тим більшою є оптимальна пасажиромісткість транспортних засобів.

5. У різних моделях виходять з протилежних точок зору щодо взаємозв'язку між величиною попиту та пасажиромісткістю транспортних засобів: в одних моделях зростання величини потоку пасажирів позначається на збільшенні пасажиромісткості транспортні засобів; в інших моделях обґрунтовується використання транспортних засобів меншої місткості.

6. Практичне застосування моделей вибору пасажиромісткості потребують додаткових налаштувань та калібрування їх параметрів виходячи з чинних умов. До таких параметрів може бути віднесена функція експлуатаційних витрат перевізника, вартісна оцінка витрат часу пасажирів тощо. Разом з цим, переважна кількість моделей як змінні містять параметри, що підлягають безпосередній фіксації та є доступними для транспортних підприємств. Натомість, деякі моделі є більш трудомісткими з позиції формування вхідних даних та потребують більш деталізованої інформації, що може бути отримана шляхом проведення додаткових обстежень.

Прикладом застосування методу типового вирішення є рекомендації згідно з якими визначеному діапазону пасажиропотоку відповідають автобуси певної пасажиромісткості (класу місткості) [8, 9]. Проте, такі рекомендації, як зазначають самі автори слід розглядати як орієнтовні. Причиною такого становища є спроба формування раціональних сфер використання автобусів певної пасажиромісткості виходячи з одного параметру, хоча й найбільш вагомого. Виділення одного основного параметру є недостатнім оскільки вибір пасажиромісткості транспортних засобів зумовлений також й іншими параметрами, що можуть значно відрізнятися на діючих маршрутах міського пасажирського транспорту.

Таким чином, напрямком удосконалення методу типового об'єкту щодо вирішення завдання вибору пасажиромісткості транспортних засобів, є більш ретельне обґрунтування умов застосування запропонованих рекомендацій, що мають базуватися на закономірностях, що розкривають сфери раціонального використання транспортних засобів різного класу пасажиромісткості. При цьому, розробка таких рекомендацій має виконуватись з залученням додаткових факторів, що зумовлюють вибір пасажиромісткості транспортних засобів. Одним з таких факторів, як впливає з проведеного аналізу, є довжина маршруту. Отже, **мета статті** може бути сформульована як дослідження сфер

раціонального використання автобусів певного класу пасажиромісткості на міських маршрутах різної протяжності.

### Виклад основного матеріалу

Раціональні сфери використання автобусів різного класу місткості розглядали у контексті вирішення завдання знаходження діапазонів пасажиропотоку на найбільш завантаженому перегоні маршруту ( $F_{\max}$ ), у межах якого доцільно застосовувати автобуси певного класу місткості.

При проведенні дослідження керувалися гіпотезою згідно до якої було висунуто припущення, що діапазони раціонального використання автобусів різного класу пасажиромісткості залежать від протяжності маршруту. Перевірку вірності висунутого припущення проводили з використанням оптимізаційної моделі, що наведена у працях [10, 11].

Модельний експеримент проводили шляхом варіювання двох змінних: довжини маршруту та величини пасажиропотоку на найбільш завантаженому перегоні. Довжину маршруту розглядали в інтервалі від 3 до 20 км, а інтервал зміни пасажиропотоку на найбільш завантаженому перегоні маршруту було прийнято у межах від 100 до 5200 пас./год. Інші параметри розглядали як сталі величини, виходячи з їхніх середніх значень для автобусних маршрутів, наприклад: експлуатаційна швидкість – 20 км/год; коефіцієнт нерівномірності пасажиропотоку по довжині маршруту – 1,54, коефіцієнт нерівномірності пасажиропотоку за напрямками руху – 1,48. Дохід середньостатистичного пасажирів приймали таким, що дорівнює 5000 грн. Середню відстань поїздки та коефіцієнт змінюваності розглядали як функцію від довжини маршруту. Результати модельного експерименту наведено у табл. 1.

Граничні значення величини пасажиропотоку на найбільш завантаженому перегоні, що може бути засвоєний на автобусних маршрутах, визначали виходячи із залежностей [12]:

$$F_{\max}^{\min} = \frac{60}{I_{n,l}^{\max}} \cdot q_n^{\min} \cdot \gamma_{c \max (d)} \cdot \tau, \quad (1)$$

$$F_{\max}^{\max} = \frac{60}{I_{n,l}^{\min}} \cdot q_n^{\max} \cdot \gamma_{c \max (d)} \cdot \tau, \quad (2)$$

де  $I_{n,l}^{\min}$ ,  $I_{n,l}^{\max}$  - відповідно мінімально та максимально допустимі планові інтервали руху автобусів, хв.;

$q_n^{\min}$ ,  $q_n^{\max}$  - відповідно мінімальна та максимальна пасажиромісткість автобусу, пас;

$\gamma_{c\max}(d)$  - плановий статичний коефіцієнт використання пасажиромісткості на найбільш

завантаженому перегоні маршруту з рівнем заповнення  $d$  ;

$\tau$  - тривалість розрахункового періоду, год.

Таблиця 1

Результати модельного експерименту визначення оптимальної пасажиромісткості автобусу за змінної величини пасажиропотоку на найбільш завантаженому перегоні та довжини маршруту

Довжина маршруту, км	Величина пасажиропотоку на найбільш завантаженому перегоні маршруту ( $F_{\max}$ ), пас./год											
	100	200	300	400	600	800	1200	2000	2800	3600	4400	5200
3,0	19	27	33	37	48	58	64	88	108	137	168	178
4,7	22	32	40	46	54	67	73	104	133	154	179	178
6,4	22	35	43	50	59	69	80	119	124	146	179	178
8,1	22	37	45	52	62	72	89	115	137	166	179	178
9,8	22	38	46	54	67	75	92	118	140	150	179	178
11,5	22	39	48	55	69	76	94	121	143	162	179	178
13,2	21	40	49	56	70	78	95	123	145	165	179	178
14,9	21	41	49	57	71	79	97	125	147	167	179	178
16,6	21	41	50	58	72	83	98	126	149	168	179	178
18,3	21	42	51	59	73	84	99	127	150	170	179	178
20,0	21	42	51	59	73	85	99	128	151	171	179	178

Якщо прийняти, що  $q_n^{\min} = 9$  пас.;  $q_n^{\max} = 180$  пас.;  $I_{nl}^{\min} = 2$  хв.;  $I_{nl}^{\max} = 12$  хв.;  $\gamma_{c\max}(d) = 1$ ;  $\tau = 1$  год, то  $F_{\max}^{\min} = 45$  пас./год та  $F_{\max}^{\max} = 5400$  пас./год.

Обробку результатів модельного експерименту (табл. 1) виконували із застосуванням методу регресійного аналізу. В результаті встановлено, що зміна оптимальної пасажиромісткості автобуса залежно від величини пасажиропотоку на найбільш завантаженому перегоні маршруту може бути з достатнім рівнем адекватності апроксимована рівнянням наступного вигляду:

$$q_n^{opt} = a + b \cdot F_{\max}^c, \tag{3}$$

де  $a$ ,  $b$ ,  $c$  - коефіцієнти рівняння.

За різної довжини маршруту спостерігається зміна значень коефіцієнтів рівняння (3).

Виходячи із залежності (3) величина  $F_{\max}$ , що відповідає певному значенню  $q_n^{opt}$  може бути визначена таким чином:

$$F_{\max} = \sqrt[c]{\frac{q_n^{opt} - a}{b}}. \tag{4}$$

Нижня межа пасажиропотоку, що може бути засвоєний автобусами особливо малого класу місткості визначається за формулою (1) та становить 45 пас./год. Враховуючи незадовільну описову здатність моделі (3) за малих значень  $F_{\max}$ , верхню границю діапазону раціонального застосування автобусів особливо малого класу місткості визначали підбором за оптимізаційною моделлю. Значення верхньої межі для автобусів цього класу незалежно від довжини маршруту складає 74 пас./год, що відповідає межам виняткового діапазону пасажиропотоку [12].

Виходячи з залежності (4), верхня межа діапазону пасажиропотоку раціонального використання автобусів класу місткості  $\varphi$  (малого, середнього та великого) може бути визначена за формулою:

$$F_{\max}^{\varphi(\varphi)} = \sqrt[c]{\frac{q_n^{\varphi(\max)} - a}{b}}. \tag{5}$$

У такому випадку, нижня межа діапазону раціонального використання автобусів наступного класу місткості ( $\varphi + 1$ ) визначається як:

$$F_{\max}^{\varphi+1(n)} = F_{\max}^{\varphi(e)} + 1. \quad (6)$$

На підставі такого підходу, запропоновано розрахункову схему встановлення діапазонів пасажиропотоку раціонального використання автобусів різного класу місткості у вигляді табл. 2.

Граничні значення пасажиромісткості автобусів різних класів (табл. 2) приймали на підставі даних праці [9].

Графічно раціональні діапазони використання автобусів різного класу пасажиромісткості за довжини маршруту 3, 9,8 та 20 км зображено на рис. 1. За результатами проведених розрахунків сформовано табл. 3.

Таблиця 2

Визначення меж діапазонів пасажиропотоку раціонального використання автобусів певного класу пасажиромісткості

Клас місткості автобусу	Місткість автобусу, пас.		Межі діапазону пасажиропотоку $F_{\max}$ раціонального використання автобусів певного класу місткості	
	min	max	нижня межа	верхня межа
Особливо малий (ОМ)	9	14	$F_{\max}^{OM(n)} = \frac{60}{I_{n,l}^{\max}} \cdot q_n^{OM(\min)}$	$F_{\max}^{OM(e)} = \frac{60}{I_{n,l}^{\max}} \cdot q_n^{M(\min)} - 1$
Малий (М)	15	45	$F_{\max}^{M(n)} = F_{\max}^{OM(e)} + 1$	$F_{\max}^{M(e)} = c \sqrt{\frac{q_n^{M(\max)} - a}{b}}$
Середній (С)	46	80	$F_{\max}^{C(n)} = F_{\max}^{M(e)} + 1$	$F_{\max}^{C(e)} = c \sqrt{\frac{q_n^{C(\max)} - a}{b}}$
Великий (В)	81	115	$F_{\max}^{B(n)} = F_{\max}^{C(e)} + 1$	$F_{\max}^{B(e)} = c \sqrt{\frac{q_n^{B(\max)} - a}{b}}$
Особливо великий (ОВ)	116	180	$F_{\max}^{OB(n)} = F_{\max}^{B(e)} + 1$	$F_{\max}^{OB(e)} = \frac{60}{I_{n,l}^{\min}} \cdot q_n^{OB(\max)}$

Таблиця 3

Діапазони пасажиропотоку ( $F_{\max}$ ) раціонального використання автобусів певного класу пасажиромісткості на маршрутах різної протяжності

Довжина маршруту, км	Клас місткості	Діапазони пасажиропотоку	Значення коефіцієнтів функції $q_n^{opt} = a + b \cdot F_{\max}^c$		
			a	b	c
1	2	3	4	5	6
3,0	ОМ	від 45 до 74 пас./год	10,596	0,321	0,731
	М	від 75 до 599 пас./год			
	С	від 600 до 1564 пас./год			
	В	від 1565 до 2734 пас./год			
	ОВ	від 2735 до 5400 пас./год			
4,7	ОМ	від 45 до 74 пас./год	6,921	0,956	0,612
	М	від 75 до 411 пас./год			
	С	від 412 до 1190 пас./год			
	В	від 1191 до 2255 пас./год			
	ОВ	від 2256 до 5400 пас./год			
6,4	ОМ	від 45 до 74 пас./год	2,221	1,883	0,533
	М	від 75 до 350 пас./год			
	С	від 351 до 1073 пас./год			
	В	від 1074 до 2153 пас./год			
	ОВ	від 2154 до 5400 пас./год			

Продовження табл. 3

1	2	3	4	5	6
8,1	OM	від 45 до 74 пас./год	-0,122	2,415	0,510
	M	від 75 до 312 пас./год			
	C	від 313 до 964 пас./год			
	B	від 965 до 1963 пас./год			
	OB	від 1964 до 5400 пас./год			
9,8	OM	від 45 до 74 пас./год	-1,465	3,102	0,479
	M	від 75 до 285 пас./год			
	C	від 286 до 921 пас./год			
	B	від 922 до 1943 пас./год			
	OB	від 1944 до 5400 пас./год			
11,5	OM	від 45 до 74 пас./год	-24,034	8,177	0,379
	M	від 75 до 278 пас./год			
	C	від 279 до 819 пас./год			
	B	від 820 до 1760 пас./год			
	OB	від 1761 до 5400 пас./год			
13,2	OM	від 45 до 74 пас./год	-32,303	10,798	0,351
	M	від 75 до 271 пас./год			
	C	від 272 до 784 пас./год			
	B	від 785 до 1696 пас./год			
	OB	від 1697 до 5400 пас./год			
14,9	OM	від 45 до 74 пас./год	-39,579	13,447	0,330
	M	від 75 до 264 пас./год			
	C	від 265 до 753 пас./год			
	B	від 754 до 1641 пас./год			
	OB	від 1642 до 5400 пас./год			
16,6	OM	від 45 до 74 пас./год	-49,927	17,697	0,303
	M	від 75 до 256 пас./год			
	C	від 257 до 721 пас./год			
	B	від 722 до 1584 пас./год			
	OB	від 1585 до 5400 пас./год			
18,3	OM	від 45 до 74 пас./год	-55,043	20,139	0,291
	M	від 75 до 249 пас./год			
	C	від 250 до 699 пас./год			
	B	від 700 до 1546 пас./год			
	OB	від 1547 до 5400 пас./год			
20,0	OM	від 45 до 74 пас./год	-58,849	21,748	0,284
	M	від 75 до 248 пас./год			
	C	від 249 до 691 пас./год			
	B	від 692 до 1528 пас./год			
	OB	від 1529 до 5400 пас./год			

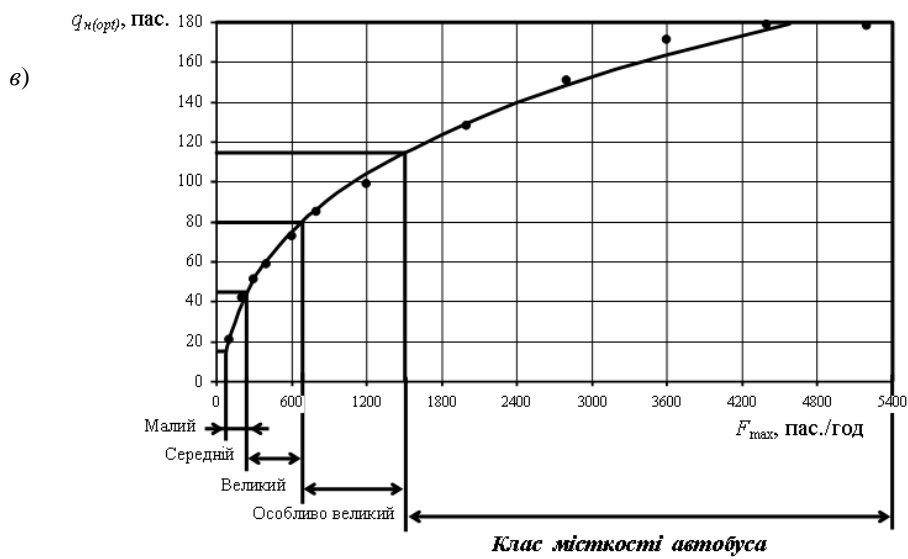
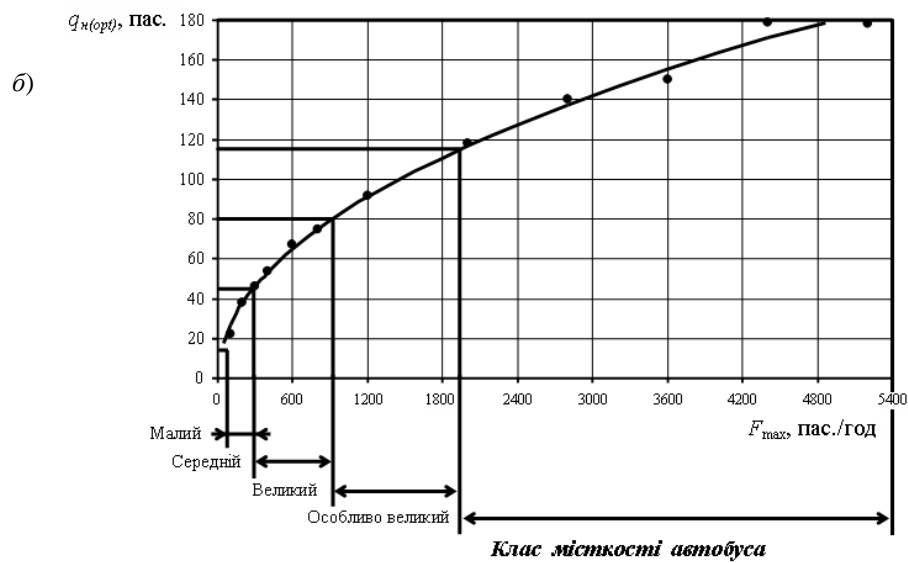
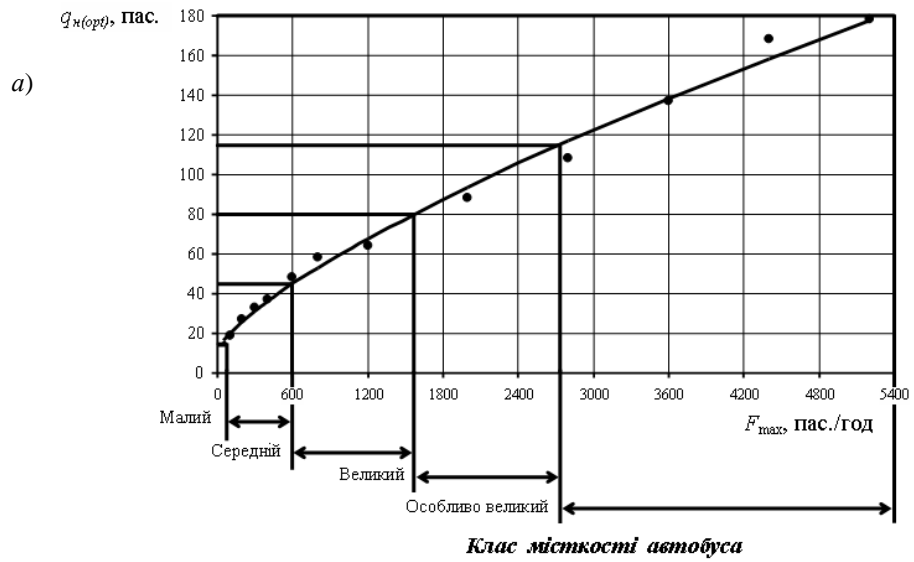


Рис. 1. Рациональні діапазони використання автобусів різного класу пасажиромісткості за довжини маршруту:  
 а)  $L_m = 3$  км; б)  $L_m = 9,8$  км; в)  $L_m = 20$  км.

З табл. 3 бачимо, що автобуси особливо малого класу місткості доцільно застосовувати за величини  $F_{max}$ , що знаходиться у діапазоні від 45 до 74 пас./год не залежно від довжини маршруту. Проте, діапазони раціонального використання інших класів є змінними за різної довжини маршруту. Зокрема, можна зазначити, що за довжини маршруту від 3 до 20 км, діапазони раціонального використання автобусів за класами місткості варіюються у таких інтервалах: малий клас – від 75 до 599 пас./год; середній клас – від 249 до 1564 пас./год; великий

клас – від 692 до 2734 пас./год; особливо великий клас – від 1529 до 5400 пас./год.

Виходячи із зазначеного, для математичного опису зміни раціональних діапазонів пасажиропотоку залежно від довжини маршруту, достатньо провести формалізацію зміни верхніх границь для автобусів малого, середнього та великого класів пасажиромісткості. Внаслідок цього, на підставі табл. 3, сформовано верхні межі значень діапазонів  $F_{max}$  використання автобусів різного класу місткості за різної довжини маршруту (див. табл. 4).

Таблиця 4

Верхні межі значень діапазонів  $F_{max}$  використання автобусів різного класу місткості

Довжина маршруту, км	Клас місткості автобусів				
	особливо малий	малий	середній	великий	особливо великий
3	74	599	1564	2734	5400
4,7	74	411	1190	2255	5400
6,4	74	350	1073	2153	5400
8,1	74	312	964	1963	5400
9,8	74	285	921	1943	5400
11,5	74	278	819	1760	5400
13,2	74	271	784	1696	5400
14,9	74	264	753	1641	5400
16,6	74	256	721	1584	5400
18,3	74	249	699	1546	5400
20	74	248	691	1528	5400

Таблиця 5

Статистична характеристика моделей визначення граничних діапазонів  $F_{max}$  використання автобусів різного класу місткості

Клас місткості автобусу	Апроксимуюча функція	Значення коефіцієнтів		Діапазон зміни $F_{max}$ , пас./год	Коефіцієнт кореляції	Середня помилка апроксимації, %
		a	b			
Малий	$L_m = \frac{1}{a + b \cdot \ln(F_{max})}$	-1,714	0,320	248 - 599	0,999	2,42
Середній	$L_m = \exp\left(a + \frac{b}{F_{max}}\right)$	-0,306	2271,43	691 - 1564	0,996	4,00
Великий		-1,179	6382,41	1528 - 2734	0,992	4,77

З використанням розроблених моделей (табл. 5), побудовано діаграму раціональних сфер використання автобусів певного класу

пасажиромісткості на маршрутах різної протяжності (рис. 2).



Рис. 2. Діаграма раціональних сфер використання автобусів певного класу пасажиромісткості на маршрутах різної протяжності:

– особливо малий; – малий; – середній; – великий; – особливо великий

З рис. 2 бачимо, що зі зростанням довжини маршруту відбувається зсув діапазонів застосування автобусів особливо малого, середнього та великого класів місткості у бік зменшення величини  $F_{\max}$ . У цей же час розширюється діапазон використання автобусів особливо великого класу місткості.

### Висновки

В результаті досліджень встановлено, що довжина маршруту є вагомим фактором, що зумовлює раціональні сфери використання автобусів різного класу пасажиромісткості. Зі зростанням довжини маршруту відбувається зміна діапазонів пасажиропотоку на найбільш завантаженому перегоні маршруту раціонального використання автобусів малого, середнього та великого класів місткості у бік зменшення. У той же час, розширюється діапазон використання автобусів особливо великого класу місткості. Взагалі, за зміни довжини маршруту від 3 до 20 км, діапазони раціонального використання автобусів за класами місткості варіюються у інтервалі: особливо малий клас – від 45 до 74 пас./год; малий клас – від 75 до 599 пас./год; середній клас – від 249 до 1564 пас./год; великий клас – від 692 до 2734 пас./год; особливо великий клас – від 1529 до 5400 пас./год. Напрямок подальших досліджень є поширення отриманих результатів на інші види маршрутного міського пасажирського транспорту з метою визначення раціональних сфер їхнього використання.

### Література

1. Антошвили, М. Е. Оптимизация городских автобусных перевозок [Текст] / М. Е. Антошвили, С. Ю. Либерман, И. В. Спириин. – М.: Транспорт, 1985. – 102 с.
2. Jansson, J. O. (1980) A simple bus line model for optimization of service frequency and bus size. *Journal of Transport Economics and Policy*, 53-80.
3. Oldfield, R. H., Bly, P. H. (1988) An analytic investigation of optimal bus size. *Transportation Research Part B: Methodological*, 22, 5, 319-337.
4. Jansson, K. (1993) Optimal public transport prices, service frequency, and transport unit size. *Selected Proceedings of the Sixth World Conference on Transport Research*, 1591-1602.
5. Jara-Díaz, S., Gschwender, A. (2003) Towards a general microeconomic model for the operation of public transport. *Transport Reviews*, 23, 4, 453-469.
6. Rietveld, P., Dekkers, J., Woudenberg, S. Van (2002) Choice of frequency and vehicle size in rail transport. *Implications for marginal external costs*, 2, 95-111.
7. Ceder, A. (2007) *Public transit planning and operation: theory, modeling and practice*, Oxford: Elsevier, 626.
8. Афанасьев, Л.Л. Автомобильные перевозки [Текст] / Л.Л. Афанасьев, С.М. Цукерберг. – М.: Транспорт, 1973. – 320 с.
9. Спириин, И. В. Организация и управление пассажирскими автомобильными перевозками [Текст] / И. В. Спириин. – М.: Академия, 2010. – 400 с.
10. Доля, В. К. Цільова функція вибору пасажиромісткості транспортних засобів на міських маршрутах [Текст] / В. К. Доля, Д. П. Понкратов // Збірник наукових праць Українського державного університету залізничного транспорту. – 2016. – №. 161 – С. 44-52.
11. Понкратов, Д. П. До питання вибору транспортних засобів для міських пасажирських перевезень [Текст] / Д. П. Понкратов, Г. І. Фалецька // Міжнародна науково-технічна конференція «Технології та інфраструктура



транспорту», Харків, 14 – 16 травня 2018 р.: Тези доповідей. – Харків: УкрДУЗТ, 2018. - С. 231-233.

12. Понкратов, Д. П. Діапазони пасажиропотоку виняткового та альтернативного застосування автобусів різного класу пасажиромісткості [Текст] / Д. П. Понкратов // Комунальне господарство міст. – 2018. – № 144. – С. 24-31.

### References

1. Antoshvili, M. E., Liberman, S. Yu., Spirin, I. V. (1985) Optimization of urban bus transportation, 102.
2. Jansson, J. O. (1980) A simple bus line model for optimization of service frequency and bus size. *Journal of Transport Economics and Policy*, 53-80.
3. Oldfield, R. H., Bly, P. H. (1988) An analytic investigation of optimal bus size. *Transportation Research Part B: Methodological*, 22, 5, 319-337.
4. Jansson, K. (1993) Optimal public transport prices, service frequency, and transport unit size. *Selected Proceedings of the Sixth World Conference on Transport Research*, 1591–1602.
5. Jara-Diaz, S., Gschwender, A. (2003) Towards a general microeconomic model for the operation of public transport. *Transport Reviews*, 23, 4, 453-469.
6. Rietveld, P., Dekkers, J., Woudenberg, S. Van (2002) Choice of frequency and vehicle size in rail transport. *Implications for marginal external costs*, 2, 95-111.
7. Ceder, A. (2007) *Public transit planning and operation: theory, modeling and practice*, Oxford: Elsevier, 626.

8. Afanas'yev, L.L., Tsukerberg, S. M. (1973) Automobile transportation, 320.

9. Spirin, I. V. (2010) Engineering and management of passenger automobile transportation, 400.

10. Dolya, V. K., Ponkratov, D. P. (2016) Objective function of vehicles's capacity choice for public transit routes. *Collection of scientific works of the Ukrainian State University of Railway Transport*, 161, 44-52.

11. Ponkratov, D. P., Faletskaya, G. I. (2018) Choice of the vehicles for urban passenger transportation. *International scientific and technical conference "Technologies and Transport Infrastructure"*, 231-233.

12. Ponkratov, D. P. (2018) The passenger flow ranges of exceptional and alternative application of different vehicles capacity classes. *Municipal economy of cities*, 866, 216-220.

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. Ю. О. Давідіч, Харківський національний університет міського господарства ім. О.М. Бекетова, Харків, Україна

**Автор:** ПОНКРАТОВ Денис Павлович  
кандидат технічних наук, доцент.  
Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова  
E-mail – [dpponkratov@gmail.com](mailto:dpponkratov@gmail.com)

## THE RANGES OF PASSENGER FLOW OF RATIONAL USE OF CERTAIN CLASS BUSES OF CAPACITY ON URBAN ROUTES WITH VARYING LENGTHS

D. Ponkratov

O.M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv, Ukraine

*In the article rational areas of use of different bus capacity class are considered. For solving this problem it was setting up the task of finding the ranges of the passenger flow on maximum load section of the route, within rationale to use buses of a certain capacity. The research was based on the hypothesis that the ranges of rational use of different bus capacity depend on the route length. The verification of the set up hypothesis was carried out using an optimization model of the choice of optimal capacity buses. The model experiment was conducted by varying two variables: the length of the route and the passenger flow on maximum load section of the route. The length of the route was considered in the range of 3 to 20 km, and the interval of the passenger flow on maximum load section of the route was taken in the range of 100 to 5200 pass/hour. Other parameters were considered as constant values, based on their average values for bus routes. As a result of the research, it was established that the length of the route is a significant factor, which determines the rational areas of use of different buses capacity classes. As the length of the route increases, there is a change in the passenger flow ranges on maximum load section of the route of rational use of buses of small, middle and large capacity classes in the decrease aspect. At the same time, the range of use of buses of a especially large class of capacity is expanding. In general, for changes in the length of the route from 3 to 20 km, the ranges of rational use of buses capacity variation in the range: especially small - from 45 to 74 pass/hour; small class - from 75 to 599 pass/hour; middle class - from 249 to 1564 pass/hour; large class - from 692 to 2734 pass/hour; especially large class - from 1529 to 5400 pass/hour. The direction of further research is the dissemination of the results obtained to other types of route urban passenger transport in order to determine the rational areas of their use.*

**Keywords:** public transit, optimal bus capacity, passenger flow on the maximum load section of the route, route length.