



ТРАНСПОРТНІ ТЕХНОЛОГІЇ

УДК 656.072

<https://doi.org/10.31713/vt1202538>

Понкратов Д. П., д.т.н., доцент, Давідіч Ю. О., д.т.н., професор (Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова), **Никончук В. М., д.е.н., професор, Хітров І. О., к.т.н., доцент, Пашкевич С. М., к.т.н.** (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне), **Доля В. К., д.т.н., професор** (Національний університет «Одеська політехніка», м. Одеса)

АНАЛІЗ ЧИННИКІВ РОЗВИТКУ ТРАНСПОРТНОЇ СТОМЛЮВАНOSTІ ПАСАЖИРІВ

У статті проведено аналіз чинників розвитку транспортної стомлюваності пасажирів. Увагу акцентовано на встановленні впливу трьох груп факторів на зміну показника функціонального стану пасажирів в результаті пересування, а саме: параметрів маршрутної мережі, містобудівних чинників та індивідуальних характеристик пасажирів; характеристик маршруту та техніко-експлуатаційних показників роботи транспортних засобів; параметрів пасажиропотоку на маршруті. Встановлено, що до переліку вагомих чинників розвитку транспортної стомлюваності пасажирів можна зарахувати експлуатаційну швидкість транспортних засобів, їхню пасажиромісткість та кількість. Тому під час планування заходів щодо покращення рівня транспортного обслуговування як першочергові слід розглядати ті, що сприятимуть зростанню експлуатаційної швидкості. Окрім цього, важливого значення має оптимізація перевізного процесу з позиції вибору раціональної пасажиромісткості транспортних засобів та встановлення їхньої потрібної кількості з огляду характеристик пасажиропотоку.

Ключові слова: міський пасажирський транспорт; транспортна стомлюваність; пасажиропотік; експлуатаційна швидкість; пасажиромісткість; коефіцієнт використання пасажиромісткості.

Вступ. Стрімкий розвиток сучасних міст та зростання рухомості населення потребують вдосконалення роботи міського пасажирського транспорту. Пріоритетний розвиток громадського транспорту, порівняно з індивідуальним, продиктований насамперед

екологічними вимогами, а також необхідністю забезпечення перевезень всіх категорій населення до місць прикладення праці, навчання та відпочинку тощо.

Робота громадського транспорту позначається на функціонуванні інших галузей міського господарства, тому під час планування заходів з удосконалення організації перевезень пасажирів недостатньо обмежуватись розглядом суто технічних та технологічних аспектів перевізного процесу. Доцільним є застосування ширшого підходу, який би враховував різні аспекти його результативності, зокрема вплив транспортного процесу на людину. Одним з проявів людського чинника під час пасажирських перевезень є виникнення транспортної стомлюваності пасажирів, що слід розглядати як результат незадовільних умов транспортного обслуговування. Ігнорування або недостатнє врахування людського чинника може призвести до організації процесів перевезень, що будуть недостатньо ефективними, як в соціальному, так й економічному аспектах.

Слід зазначити, що на теперішній час чинники розвитку транспортної стомлюваності залишаються недостатньо вивченими, що зумовлює актуальність проведення досліджень у цьому напрямі.

Аналіз публікацій. Трудові пересування вважаються фактором стресу, який погіршує якість життя населення [1–3]. Чисельні дослідження зосереджені на вивченні окремих аспектів такого впливу.

Час, що витрачається на пересування, здебільшого гається даремно. Відмінність може складати використання транспортного часу пасажирами з корисною метою, наприклад для читання, прослуховування аудіоінформації тощо [4]. Окрім цього, більші витрати часу на пересування призводять до скорочення часу, що може бути використаний для виконання інших видів діяльності [5]. Результати досліджень вказують на негативний вплив тривалості пересування на стан здоров'я людини [6; 7], рівень задоволеності роботою [5], сімейним життям і дозвіллям [8].

Витрати часу, хоча й є вагомим чинником задоволеності транспортними послугами, але не єдиним. Додатково слід враховувати особливості та умови здійснення пересувань. Наприклад, у праці [9] встановлено, що негативне сприйняття пересування пов'язано з такими чинниками як переповнення громадського транспорту, нерегулярність руху. У праці [1] як додаткові чинники зазначаються вид транспорту, відстань підходу



до зупинки, наявність пересадок. Також, слід брати до уваги, що оцінка окремих складників пересування не є рівнозначною з точки зору сприйняття пасажирями [10]. Складником пересування, що найбільш негативно сприймається пасажирями, вважається очікування на зупинці [11–13]. Тривалість часу очікування насамперед зумовлена величиною маршрутного інтервалу та характеристиками нерегулярності руху транспортних засобів. За перевищення величини пасажиропотоку наявної провізної здатності маршруту виникають відмови пасажирів у посадці, через що час очікування зростає [14; 15]. Облаштування зупинок навісами, їх забезпеченість місцями для сидіння, доступність інтернету, наявність систем інформаційного забезпечення пасажирів у режимі реального часу тощо розглядаються, як чинники, що роблять час очікування менш обтяжливим [11; 12].

Вивчення задоволеності користувачів транспортними послугами є важливим як з наукової, так й практичної точок зору. Наукова значущість цього завдання знаходиться у площині встановлення причинно-наслідкових зв'язків між параметрами транспортного обслуговування та оцінюванням їхньої якості з позиції пасажирів. Практичний аспект цього питання полягає у встановленні напрямків та виборі найбільш дієвих методів підвищення якості обслуговування, що сприятимуть суттєвому підвищенню привабливості послуг громадського транспорту за дотримання мінімальних експлуатаційних витрат [16–18].

Одним з негативних аспектів незадовільного транспортного обслуговування є розвиток транспортної стомлюваності пасажирів, що під час здійснення трудових пересувань позначається на результативності трудової діяльності користувачів транспортної системи [14].

Під час дослідження причинно-наслідкових зв'язків розвитку транспортної стомлюваності пасажирів застосовуються різні підходи. Зокрема, автори праці [19] проводили оцінку транспортної стомлюваності пасажирів на підставі суб'єктивної оцінки пасажирів щодо потрібного часу відновлення після пересування для належного виконання трудових функцій.

Автори праці під час вивчення транспортної стомлюваності пасажирів поєднували проведення суб'єктивної оцінки та застосування об'єктивного підходу [20]. Об'єктивний підхід передбачав встановлення витрат фізичної енергії пасажирів на підставі реєстрації сирцевого ритму. За результатами проведених

досліджень було встановлено, що носіння особистих речей, вібрація та прискорення транспортного засобу, рівень його заповнення мали значний вплив як на суб'єктивну, так й об'єктивну оцінку відчуття транспортної стомлюваності. Причому було виявлено, що найбільш вагомим чинником розвитку транспортної стомлюваності пасажирів, які здійснюють поїздки стоячи є рівень заповнення транспортного засобу. Суб'єктивне оцінювання показало більш високу відносну вагомість цього показника ніж застосування об'єктивного підходу.

Вивченню витрат фізичної енергії пасажирів під час здійснення пересувань присвячено праці [21; 22]. За результатами натурних спостережень встановлено, що пересування громадським транспортом пов'язано з витратами фізичної енергії пасажирів, що знаходяться в діапазоні 50–140 ккал та залежать від індивідуальних характеристик пасажирів та параметрів транспортного обслуговування. Окрім цього, суттєвого значення має відстань та час виконання пішохідного складника транспортного пересування [22].

В результаті досліджень проведених авторами праці [23] було встановлено, що негативна оцінка пересувань з позиції психологічної та фізичної втоми насамперед пов'язана з соціально-економічними змінними, показниками відстані та тривалості пересування, метою його здійснення та характеристиками застосованих видів транспорту.

Комплексний підхід під час дослідження транспортної стомлюваності пасажирів було застосовано у праці [14]. Вивчення транспортної стомлюваності виконувалась шляхом проведення натурних експериментальних досліджень, в ході яких у пасажирів проводилась реєстрація кардіограми під час здійснення трудових пересувань. В результаті опрацювання кардіограм залучених осіб проводили оцінку функціонального стану їхнього організму. Як оцінний було застосовано показник активності регуляторних систем організму людини. В результаті, було виявлено та формалізовано взаємозв'язок між окремими параметрами пересування та функціональним станом організму пасажирів. До переліку параметрів пересування віднесено тривалість окремих його складників та рівень заповнення салону транспортного засобу під час виконання маршрутної поїздки. Окрім цього, встановлено, що наслідком транспортної стомлюваності є скорочення продуктивності праці пасажирів на виробництві, величина якої залежить від їхнього функціонального стану наприкінці пересування.



Постановка проблеми. Розгляд наявних досліджень у сфері вивчення людського чинника в галузі маршрутних пасажирських перевезень показав, що аналіз факторів розвитку транспортної стомлюваності пасажирів проводився без конкретизованої прив'язки до окремих технологічних параметрів перевізного процесу. Натомість, проведення більш деталізованого аналізу, що дасть змогу встановити взаємозв'язок між технологічними параметрами перевізного процесу та рівнем транспортної стомлюваності пасажирів є актуальним завданням як з наукової, так й практичної точок зору.

Основна частина. Наявна методика оцінки транспортної стомлюваності пасажирів [14] передбачає послідовне встановлення показника функціонального стану пасажирів за окремими складниками пересування. Зміна показника функціонального стану визначається такими чинниками як: тривалість пішохідного складника транспортного пересування (час пішого руху до (від) зупинки; час очікування на зупинці; рівень заповнення салону транспортного засобу під час здійснення маршрутної поїздки та її тривалість. Для проведення деталізованого аналізу чинників розвитку транспортної стомлюваності пасажирів має бути проведено формалізацію залежності вище зазначених показників від окремих технологічних параметрів перевізного процесу та інших первинних чинників.

Середній час пішохідного руху до зупинки може бути визначений наступним чином [14]:

$$t_{niu} = \frac{K_{nn} \cdot K_{e3}}{V_{niu}} \left(\frac{1}{3 \cdot \delta} + \frac{l_n}{4} \right), \quad (1)$$

де V_{niu} – середня швидкість пішохода, км/год; K_{nn} – коефіцієнт непрямолінійності пішого підходу; K_{e3} – коефіцієнт вибору зупинного пункту; V_c – швидкість сполучення, км/год; δ – щільність маршрутної мережі, км/км²; l_n – середня довжина перегону, км.

З урахуванням залежності (1) значення показника функціонального стану пасажирів після пішохідного руху до зупинки може бути встановлено так:

$$P_{niu} = 0,107 \cdot P_n \cdot \left(\sqrt{12,72 \cdot \frac{K_{nn} \cdot K_{e3}}{V_{niu}} \left(\frac{1}{3 \cdot \delta} + \frac{l_n}{4} \right)} + 1 + 8,318 \right), \quad (2)$$

де Π_n – початкове значення показника функціонального стану пасажирів перед здійсненням пересування, бали.

Середній час очікування пасажирів на зупинці може бути визначений за формулою [14]:

$$t_{оч} = \frac{I_{пл}}{2} + \frac{\sigma^2}{2 \cdot I_{пл}}, \quad (3)$$

де $I_{пл}$ – плановий інтервал руху маршрутних транспортних засобів, хв; σ – середнє квадратичне відхилення фактичних інтервалів руху від його планового значення, хв.

Враховуючи, що плановий інтервал руху визначається як відношення часу оберт ($t_{об}$) до кількості транспортних засобів, що працюють на маршруті (A) [14]:

$$I_{пл} = \frac{t_{об}}{A}, \quad (4)$$

а час оберт – як відношення його довжини ($2 \cdot L_m$) до експлуатаційної швидкості (V_e) [14]:

$$t_{об} = \frac{2 \cdot L_m}{V_e}, \quad (5)$$

формула (3) може бути представлена у такому вигляді:

$$t_{оч} = \frac{L_m \cdot 60}{A \cdot V_e} + \frac{A \cdot V_e \cdot \sigma^2}{240 \cdot L_m}. \quad (6)$$

Враховуючи це, значення показника функціонального стану пасажирів після очікування на зупинці може бути визначено за такою залежністю:

$$\begin{aligned} \Pi_{оч} = & 0,33 + 0,915 \cdot \left(\Pi_{ниш} \cdot \left(1 - 0,28 \cdot \ln \left(\frac{L_m \cdot 60}{A \cdot V_e} + \frac{A \cdot V_e \cdot \sigma^2}{240 \cdot L_m} + 1 \right) \right) + \right. \\ & \left. + 1,12 \cdot \ln \left(\frac{L_m \cdot 60}{A \cdot V_e} + \frac{A \cdot V_e \cdot \sigma^2}{240 \cdot L_m} + 1 \right) \right) + 0,00107 \cdot \frac{L_m \cdot 60}{A \cdot V_e} + \frac{A \cdot V_e \cdot \sigma^2}{240 \cdot L_m}. \quad (7) \end{aligned}$$

З урахуванням коефіцієнта змінюваності ($\eta_{зм}$) середній час поїздки пасажирів може бути представлений так:

$$t_{поїзд} = \frac{60 \cdot L_m}{\eta_{зм} \cdot V_c}, \quad (8)$$



де V_c – швидкість сполучення, км/год.

Величина швидкості сполучення може бути визначена за відомих значень довжини маршруту (L_m), часу оберт ($t_{об}$) та часу простою на кінцевих зупинках ($t_{кз}$) за залежністю:

$$V_c = \frac{2 \cdot L_m}{t_{об} - t_{кз}} . \quad (9)$$

Динамічний коефіцієнт використання пасажиромісткості транспортного засобу (коефіцієнт заповнення) являє відношення фактично виконаної транспортної роботи ($W_{факт}$) до потенційно можливої ($W_{можл}$). У свою чергу фактично виконана транспортна робота може бути визначена з урахуванням величини максимального пасажиропотоку (F_{max}) та коефіцієнта нерівномірності розподілу пасажиропотоку за довжиною маршруту виходячи із залежності [24]:

$$W_{факт} = \frac{L_m \cdot F_{max}}{K_{довж}} . \quad (10)$$

Потенційно можлива транспортна робота може бути представлена так:

$$W_{можл} = \frac{q_n \cdot A \cdot V_e \cdot \tau}{2} , \quad (11)$$

де τ – розрахунковий період часу, год;

Враховуючи зазначені залежності, коефіцієнт використання пасажиромісткості транспортного засобу можна представити у такому вигляді:

$$\gamma_d = \frac{2 \cdot L_m \cdot F_{max}}{q_n \cdot A \cdot V_e \cdot \tau \cdot K_{довж}} . \quad (12)$$

З урахуванням залежностей (8) та (12) формула для розрахунку значення показника функціонального стану пасажирів після здійснення маршрутної поїздки може бути представлена у такому вигляді:

$$\begin{aligned} \Pi_{\text{поїзд}} = & -0,21 + 1,045 \cdot \left(\Pi_{\text{оч}} \cdot \left(1 - 0,14 \cdot \left(\frac{k \cdot 2 \cdot L_M \cdot F_{\text{max}}}{q_H \cdot A \cdot V_e \cdot \tau \cdot K_{\text{довж}}} + 0,6 \right) \cdot \ln \frac{L_M}{\eta_{3M} \cdot V_c} \right) + \right. \\ & \left. + \frac{k \cdot 2 \cdot L_M \cdot F_{\text{max}}}{q_H \cdot A \cdot V_e \cdot \tau \cdot K_{\text{довж}}} \left(\frac{k \cdot 2 \cdot L_M \cdot F_{\text{max}}}{q_H \cdot A \cdot V_e \cdot \tau \cdot K_{\text{довж}}} + 0,6 \right) \cdot \ln \frac{L_M}{\eta_{3M} \cdot V_c} \right), \end{aligned} \quad (13)$$

де k – коефіцієнт пропорційності.

Під час проведення розрахунку за формулою (13) пасажиромісткість транспортного засобу приймається виходячи з щільності пасажирів, які здійснюють проїзд стоячи (α), що дорівнює 5 пас./м². Зазначена пасажиромісткість може бути встановлена за формулою:

$$q_H(\alpha) = q_c + (q_H(\alpha_H) - q_c) \times \frac{\alpha}{\alpha_H}, \quad (14)$$

де q_c – кількість місць у салоні транспортного засобу призначених для проїзду пасажирів, сидячі, пас.; $q_H(\alpha_H)$ – пасажиромісткість транспортного засобу, величина якої визначена виходячи з нормативної щільності заповнення α_H , що дорівнює 8 пас./м².

Значення показника функціонального стану пасажирів після пішохідного руху від зупинки до місця призначення визначається за залежністю (2). При цьому, замість початкового значення показника функціонального стану пасажирів перед здійсненням пересування (Π_H) підставляється значення $\Pi_{\text{поїзд}}$.

Аналіз чинників розвитку транспортної стомлюваності пасажирів проводили на підставі побудови характеристичних графіків. Під час проведення аналізу чинники розвитку транспортної стомлюваності пасажирів було поділено на три групи:

- характеристики маршрутної мережі, містобудівні чинники та індивідуальні характеристики пасажирів;
- характеристики маршруту та техніко-експлуатаційні показники роботи транспортних засобів;
- характеристики пасажиропотоку на маршруті.

Для зазначених груп чинників було встановлено діапазони варіювання та задано їхні середні значення (див. таблицю).



Таблиця

Діапазони варіювання чинників розвитку транспортної
стомлюваності пасажирів

Чинник	Одиниці вимірю- вання	Діапазон варіювання		Середнє значення
		мінімальне значення	максимальне значення	
I Характеристики маршрутної мережі, містобудівні чинники та індивідуальні характеристики пасажирів				
Початковий функціональний стан пасажирів	бали	1	4	2
Коефіцієнт непрямої лінійності пішохідного руху до (від) зупинки	-	1,1	1,30	1,2
Коефіцієнт вибору зупинного пункту	-	1,05	1,25	1,17
Щільність маршрутної мережі	км/км ²	1,6	5	2,9
II Характеристики маршруту та техніко-експлуатаційні показники роботи транспортних засобів				
Середня довжина перегону	км	0,4	0,8	0,55
Довжина маршруту	км	8	16	12
Експлуатаційна швидкість	км/год	15	25	20
Номінальна пасажиромісткість транспортного засобу	пас.	20	70	45
Кількість транспорт- них засобів	од.	8	14	10
Середнє квадратич- не відхилення інтервалу руху	хв.	1	3	2
III Характеристики пасажиропотоку на маршруті				
Максимальний пасажиропотік	пас./год	250	450	385
Коефіцієнт змінюва- ності пасажирів	-	1,8	2,6	2,37

З урахуванням даних таблиці було побудовано характеристичні графіки, що представлені на рис. 1–3.

Аналізуючи рис. 1, можна дійти висновку, що найбільш вагомий вплив на зміну показника функціонального стану пасажирів внаслідок пересування чинить його початковий стан, проте цей чинник не може бути віднесений до розряду керованих.

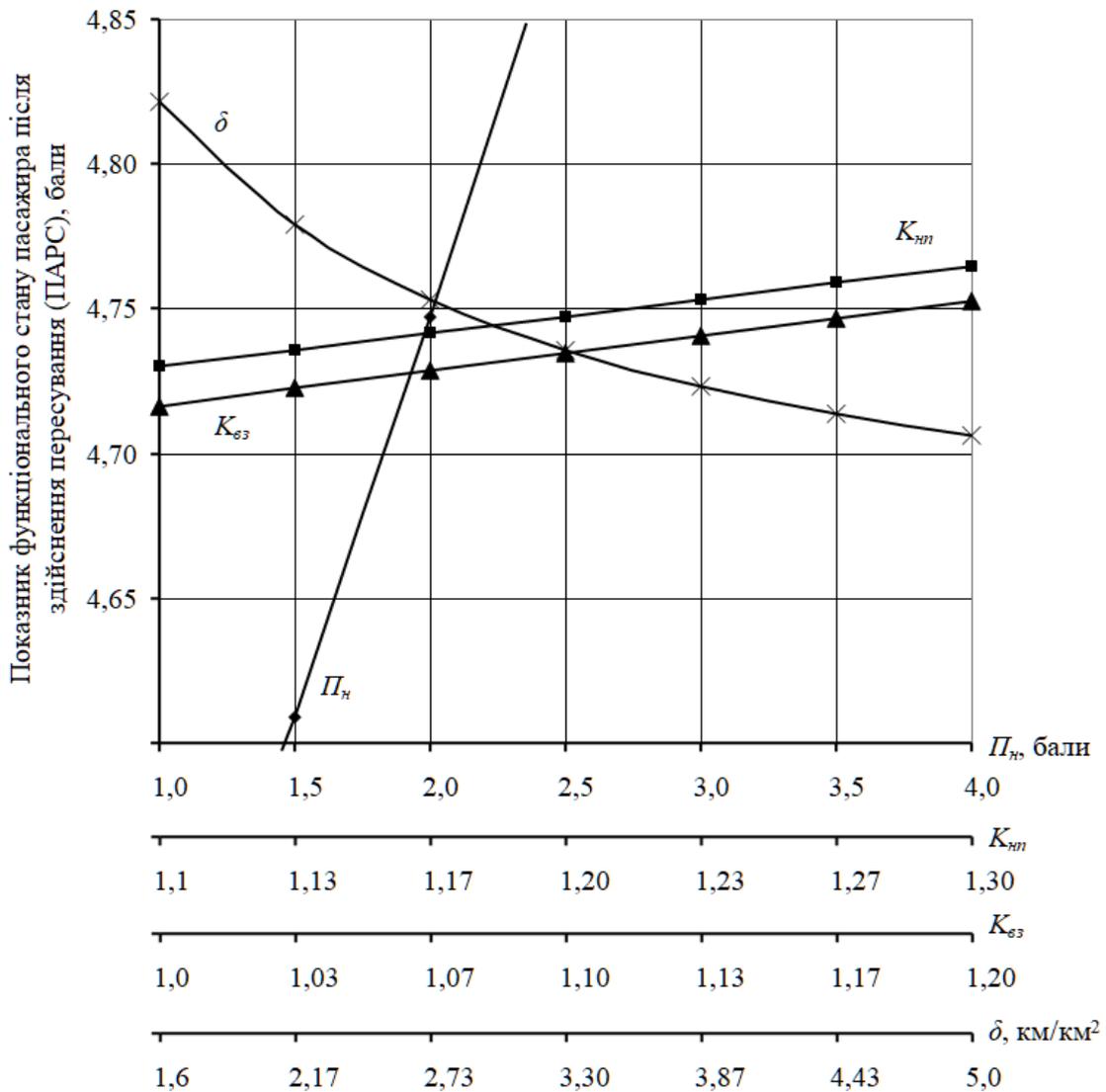


Рис. 1. Характеристичний графік зміни функціонального стану пасажирів після пересування залежно від параметрів маршрутної мережі, містобудівних чинників та індивідуальних характеристик пасажирів

Наступним за вагомістю чинником є щільність маршрутної мережі. Водночас вплив таких чинників як коефіцієнт непрямолінійності підходу та коефіцієнт вибору зупинки є менш значущим. Зважаючи на зазначене, скороченню транспортної стомлюваності пасажирів сприятиме забезпечення кращої



доступності послуг громадського транспорту, що може бути досягнуто за рахунок підвищення щільності маршрутної мережі.

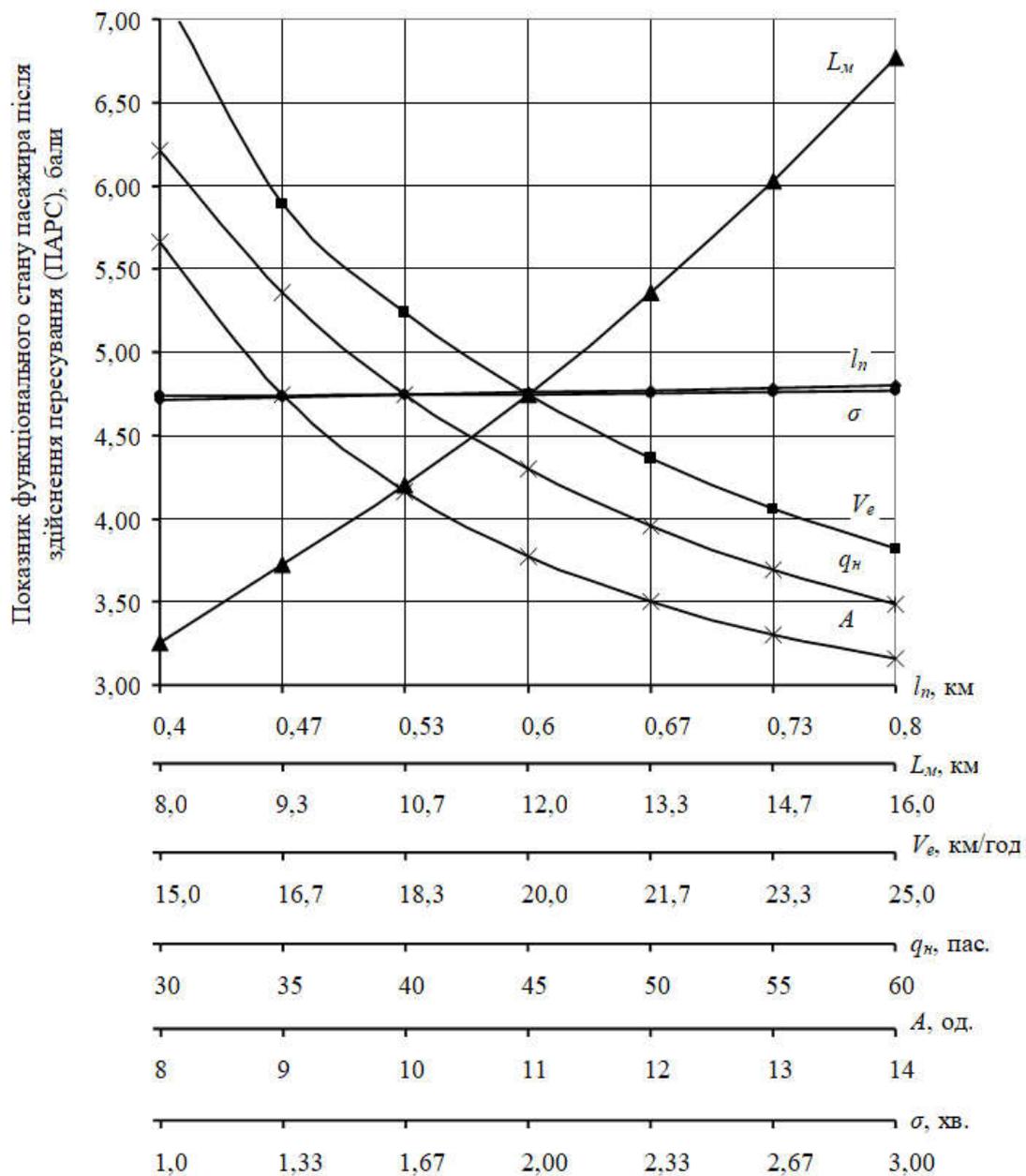


Рис. 2. Характеристичний графік зміни функціонального стану пасажирів після пересування залежно від характеристик маршруту та техніко-експлуатаційних показників роботи транспортних засобів

Аналіз рис. 2 показує, що більшість факторів, віднесених до групи характеристик маршруту та техніко-експлуатаційних показників роботи транспортних засобів, значним чином впливають на зміну функціонального стану пасажирів внаслідок пересування.

Слід виокремити менш вагомий вплив таких показників як довжина перегону та середнє квадратичне відхилення інтервалів руху.

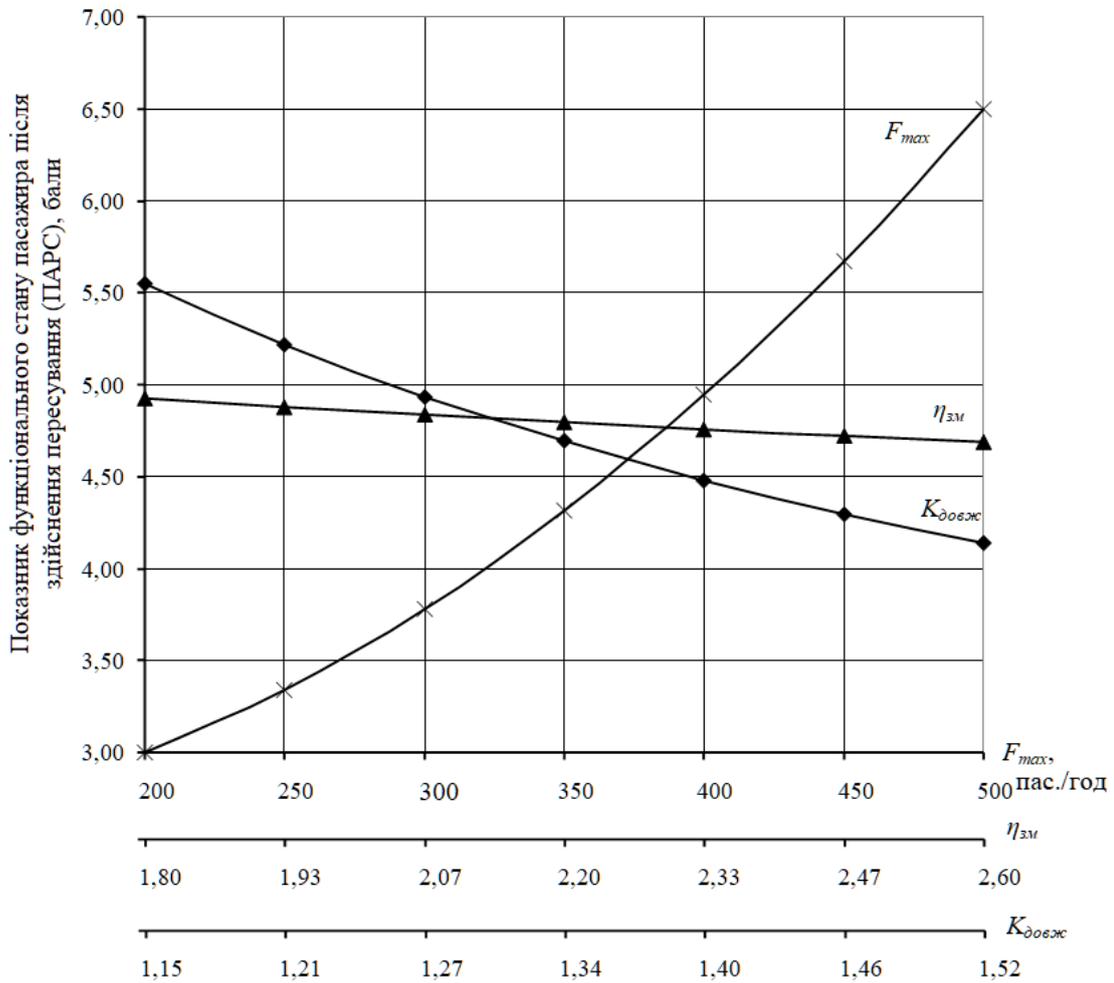


Рис. 3. Характеристичний графік зміни функціонального стану пасажирів після пересування залежно від параметрів пасажиропотоку на маршруті

До вагомих чинників належить довжина маршруту, експлуатаційна швидкість, кількість та пасажиромісткість транспортних засобів. Слід зазначити, що в межах застосованого підходу довжину маршруту не можна розглядати як керовану змінну. Високу вагомість експлуатаційної швидкості можна пояснити виходячи з таких міркувань. По-перше, підвищення експлуатаційної швидкості на певному маршруті призводить до скорочення часу обертів, що позначається на скороченні маршрутного інтервалу та зростанні провізної здатності маршруту. По-друге, за більшої експлуатаційної швидкості спостерігається відповідне зростання швидкості сполучення, що позначається на зменшенні витрат часу на здійснення маршрутної поїздки.



Висока вагомість таких чинників, як кількість та пасажиромісткість транспортних засобів може бути пояснена тим, що вони впливають на величину маршрутного інтервалу та рівень заповнення салону транспортного засобу.

Аналіз впливу чинників, що віднесені до групи параметрів пасажиропотоку на маршруті (рис. 3) показує суттєвий вплив максимального пасажиропотоку та коефіцієнта нерівномірності пасажиропотоку за довжиною маршруту на зміну функціонального стану пасажирів. Разом з цим, вплив такого чинника як коефіцієнт змінюваності є менш суттєвим.

Максимальний пасажиропотік на маршруті є основним чинником, що зумовлює вибір раціональної пасажиромісткості та кількості транспортних засобів. У свою чергу, ці показники, як було зазначено раніше, визначають маршрутні інтервали та рівень заповнення транспортних засобів.

Висока вагомість коефіцієнта нерівномірності пасажиропотоку за довжиною маршруту пояснюється тими обставинами, що маршрути зі значною нерівномірністю пасажиропотоку характеризуються меншим середнім рівнем заповнення салону транспортного засобу, а як наслідок – забезпечують більш комфортними умовами проїзду пасажирів.

Висновки. Керованими параметрами під час організації маршрутних пасажирських перевезень, з переліку вагомих чинників розвитку транспортної стомлюваності пасажирів слід вважати експлуатаційну швидкість транспортних засобів, їх пасажиромісткість та кількість. Виходячи з цього, під час планування заходів щодо покращення рівня транспортного обслуговування пасажирів на маршрутах міського пасажирського транспорту, як першочергові, слід розглядати ті, що сприятимуть зростанню експлуатаційній швидкості (забезпечення пріоритету руху громадського транспорту, скорочення часу простою транспортних засобів на проміжних зупинках, удосконалення умов дорожнього руху вздовж траси маршруту тощо). Окрім цього, важливого значення має оптимізація перевізного процесу з позиції вибору раціональної пасажиромісткості транспортних засобів та встановлення їх потрібної кількості.

Як напрям подальших досліджень за проблематикою статті слід зазначити проведення аналізу сумісного впливу чинників розвитку транспортної стомлюваності пасажирів та встановлення їхньої відносної вагомості.

1. Lunke E. B. Commuters' satisfaction with public transport. *Journal of Transport & Health*. 2020. Vol. 16. P. 1–10.
2. Deng Y., Wang L., Chen M. Commuting and its spillover effects on subjective well-being: Evidence from China. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*. 2024. Vol. 126. P. 1–17.
3. Liu J., Ettema D., Helbich M. Systematic review of the association between commuting, subjective wellbeing and mental health. *Travel behaviour and society*. 2022. Vol. 28. P. 59–74.
4. Keseru I., Bulckaen J., Macharis C., Minnen J., et al. Is travel time wasted? Evidence from a time use survey in Flanders, Belgium. In *14th International Conference on Travel Behaviour Research, Old Windsor, UK*. 2015. P. 1–16.
5. Clark B., Chatterjee K., Martin A., Davis A. How commuting affects subjective wellbeing. *Transportation*. 2020. Vol. 47(6). P. 2777–2805.
6. Künn-Nelen A. Does commuting affect health? *Health economics*. 2016. Vol. 25(8). P. 984–1004.
7. Hansson E., Mattisson K., Björk J., Östergren P. O., Jakobsson K. Relationship between commuting and health outcomes in a cross-sectional population survey in southern Sweden. *BMC public health*. 2011. Vol. 11. P. 1–14.
8. Lorenz O. Does commuting matter to subjective well-being? *Journal of transport geography*. 2018. Vol. 66. P. 180–199.
9. Cantwell M., Caulfield B., O'Mahony M. Examining the factors that impact public transport commuting satisfaction. *Journal of public transportation*. 2009. Vol. 12(2). P. 1–21.
10. Meng M., Rau A., Mahardhika H. Public transport travel time perception: Effects of socioeconomic characteristics, trip characteristics and facility usage. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*. 2018. Vol. 114. P. 24–37.
11. Yoh A., Iseki H., Smart M., Taylor B. D. Hate to wait: Effects of wait time on public transit travelers' perceptions. *Transportation Research Record*. 2011. Vol. 2216(1). P. 116–124.
12. Mishalani R. G., McCord M. M., Wirtz J. Passenger wait time perceptions at bus stops: Empirical results and impact on evaluating real-time bus arrival information. *Journal of Public Transportation*. 2006. Vol. 9(2). P. 89–106.
13. Fan Y., Guthrie A., Levinson D. Waiting time perceptions at transit stops and stations: Effects of basic amenities, gender, and security. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*. 2016. Vol. 88. P. 251–264.
14. Доля В. К. Пасажирські перевезення : підручник. Харків : Форт, 2010. 504 с.
15. Ponkratov D., Davidich Y., Kopytkov D., Bugayov I., Roslavtsev D. Evaluation of Overcrowded Mass Transit Demand-Supply Interaction Considering the Fail to Board Probability and Waiting Time Increase. In: *Smart Technologies in Urban Engineering. STUE 2023. Lecture Notes in Networks and Systems*. 2023. Vol. 807. P. 318–330.
16. Hörcher D., Tirachini A. A review of public transport economics. *Economics of transportation*. 2021. Vol. 25. P. 1–34.
17. Mugion R. G., Toni M., Raharjo H., Di Pietro L., Sebathu S. P. Does the service quality of urban public transport enhance sustainable mobility? *Journal of cleaner production*. 2018. Vol. 174. P. 1566–1587.
18. Redman L., Friman M., Gärling T., Hartig T. Quality attributes of public transport that attract car users: A research review. *Transport policy*. 2013. Vol. 25. P. 119–127.
19. Kopytkov D., Ponkratov D., Samchuk G., Yaruta A. Self-



Reporting as a Determination Method for the Travel Fatigue of Mass Transit Commuters. In: *Smart Technologies in Urban Engineering. STUE 2023. Lecture Notes in Networks and Systems*. 2023. Vol. 807. P. 331–342. **20.** An J., Uno N., Yang X. G., Liu H. D., Shiomi Y. Measurement of travel fatigue: Objective monitoring and subjective estimation. *Transportation research record*. 2011. Vol. 2216(1). P. 157–164. **21.** Ponkratov D., Kopytkov D., Galkin A., Samchuk G., Davidich Y. An energy expenditure approach in mass transit commuting choice preferences. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2024. Vol. 1376. № 1. P. 1–8. **22.** Kopytkov D., Ponkratov D., Samchuk G., Yaruta A., Kitchenko N. Determination of walking energy expenditure as an indicator of walking fatigue. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2024. Vol. 1376. № 1. P. 1–9. **23.** Mokhtarian P. L., Papon F., Goulard M., Diana M. What makes travel pleasant and/or tiring? An investigation based on the French National Travel Survey. *Transportation*. 2015. Vol. 42. P. 1103–1128. **24.** Понкратов Д. П., Доля В. К. Цільова функція вибору пасажиромісткості транспортних засобів на міських маршрутах. *Зб. наук. пр. Української державної університету залізничного транспорту*. Харків, 2016. № 161. С. 44–52.

REFERENCES:

1. Lunke E. B. Commuters' satisfaction with public transport. *Journal of Transport & Health*. 2020. Vol. 16. P. 1–10.
2. Deng Y., Wang L., Chen M. Commuting and its spillover effects on subjective well-being: Evidence from China. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*. 2024. Vol. 126. P. 1–17.
3. Liu J., Ettema D., Helbich M. Systematic review of the association between commuting, subjective wellbeing and mental health. *Travel behaviour and society*. 2022. Vol. 28. P. 59–74.
4. Keseru I., Bulckaen J., Macharis C., Minnen J., et al. Is travel time wasted? Evidence from a time use survey in Flanders, Belgium. In *14th International Conference on Travel Behaviour Research, Old Windsor, UK*. 2015. P. 1–16.
5. Clark B., Chatterjee K., Martin A., Davis A. How commuting affects subjective wellbeing. *Transportation*. 2020. Vol. 47(6). P. 2777–2805.
6. Künn-Nelen A. Does commuting affect health? *Health economics*. 2016. Vol. 25(8). P. 984–1004.
7. Hansson E., Mattisson K., Björk J., Östergren P. O., Jakobsson K. Relationship between commuting and health outcomes in a cross-sectional population survey in southern Sweden. *BMC public health*. 2011. Vol. 11. P. 1–14.
8. Lorenz O. Does commuting matter to subjective well-being? *Journal of transport geography*. 2018. Vol. 66. P. 180–199.
9. Cantwell M., Caulfield B., O'Mahony M. Examining the factors that impact public transport commuting satisfaction. *Journal of public transportation*. 2009. Vol. 12(2). P. 1–21.
10. Meng M., Rau A., Mahardhika H. Public transport travel time perception: Effects of socioeconomic characteristics, trip characteristics and facility usage. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*. 2018. Vol. 114. P. 24–37.

- 11.** Yoh A., Iseki H., Smart M., Taylor B. D. Hate to wait: Effects of wait time on public transit travelers' perceptions. *Transportation Research Record*. 2011. Vol. 2216(1). P. 116–124. **12.** Mishalani R. G., McCord M. M., Wirtz J. Passenger wait time perceptions at bus stops: Empirical results and impact on evaluating real-time bus arrival information. *Journal of Public Transportation*. 2006. Vol. 9(2). P. 89–106. **13.** Fan Y., Guthrie A., Levinson D. Waiting time perceptions at transit stops and stations: Effects of basic amenities, gender, and security. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*. 2016. Vol. 88. P. 251–264. **14.** Доля В. К. Пасажирські перевезення : підручник. Харків : Форт, 2010. 504 с. **15.** Ponkratov D., Davidich Y., Kopytkov D., Bugayov I., Roslavtsev D. Evaluation of Overcrowded Mass Transit Demand-Supply Interaction Considering the Fail to Board Probability and Waiting Time Increase. In: *Smart Technologies in Urban Engineering. STUE 2023. Lecture Notes in Networks and Systems*. 2023. Vol. 807. P. 318–330. **16.** Hörcher D., Tirachini A. A review of public transport economics. *Economics of transportation*. 2021. Vol. 25. P. 1–34. **17.** Mugion R. G., Toni M., Raharjo H., Di Pietro L., Sebathu S. P. Does the service quality of urban public transport enhance sustainable mobility? *Journal of cleaner production*. 2018. Vol. 174. P. 1566–1587. **18.** Redman L., Friman M., Gärling T., Hartig T. Quality attributes of public transport that attract car users: A research review. *Transport policy*. 2013. Vol. 25. P. 119–127. **19.** Kopytkov D., Ponkratov D., Samchuk G., Yaruta A. Self-Reporting as a Determination Method for the Travel Fatigue of Mass Transit Commuters. In: *Smart Technologies in Urban Engineering. STUE 2023. Lecture Notes in Networks and Systems*. 2023. Vol. 807. P. 331–342. **20.** An J., Uno N., Yang X. G., Liu H. D., Shiomi Y. Measurement of travel fatigue: Objective monitoring and subjective estimation. *Transportation research record*. 2011. Vol. 2216(1). P. 157–164. **21.** Ponkratov D., Kopytkov D., Galkin A., Samchuk G., Davidich Y. An energy expenditure approach in mass transit commuting choice preferences. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2024. Vol. 1376. № 1. P. 1–8. **22.** Kopytkov D., Ponkratov D., Samchuk G., Yaruta A., Kitchenko N. Determination of walking energy expenditure as an indicator of walking fatigue. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2024. Vol. 1376. № 1. P. 1–9. **23.** Mokhtarian P. L., Papon F., Goulard M., Diana M. What makes travel pleasant and/or tiring? An investigation based on the French National Travel Survey. *Transportation*. 2015. Vol. 42. P. 1103–1128. **24.** Ponkratov D. P., Dolia V. K. Tsilova funktsiia vyboru pasazhyromistkosti transportnykh zasobiv na miskykh marshrutakh. *Zb. nauk. pr. Ukrainskoi derzhavnoi universytetu zaliznychnoho transportu*. Kharkiv, 2016. № 161. S. 44–52.
-



Ponkratov D. P., Doctor of Engineering, Associate Professor, Davidich Y. O., Doctor of Engineering, Professor (O.M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv), **Nykonchuk V. M., Doctor of Economics, Professor, Khitrov I. O., Candidate of Engineering (Ph.D.), Associate Professor, Pashkevych S. M., Candidate of Engineering (Ph.D.), Associate Professor** (National University of Water and Environmental Engineering, Rivne), **Dolia V. K., Doctor of Engineering, Professor** (Odesa Polytechnic National University, Odesa)

ANALYSIS OF FACTORS THAT AFFECT ON THE PASSENGER'S TRAVEL FATIGUE DEVELOPMENT

The intensive development of modern cities and the growth of population mobility require the improvement of urban transportation system. The priority development of public transit, compared to individual transport, is dictated primarily by environmental requirements, as well as the need to ensure the transportation of all categories of the population to places of work, study and recreation, etc. The operation of public transport affects the functioning of other sectors of the urban economy. Given this, when measures to public transit operating improve are planning, it is not enough to limit oneself to considering purely technical and technological aspects of the transport process. It is advisable to use a broader approach that would take into account various aspects of its effectiveness, in particular, the impact of the transport process on a person. One of the manifestations of the human factor during passenger transport is the occurrence of travel fatigue of passengers, which should be considered as a result of unsatisfactory transport service conditions. Ignoring or insufficient consideration of the human factor can lead to the organization of transportation processes that will be insufficiently effective, both in social and economic aspects. A review of existing research in the field of studying the human factor in public transit transportation showed that the analysis of factors of the development of passenger travel fatigue was carried out without a specific reference to individual technological parameters of the transportation process. Instead, conducting a more detailed analysis that will allow establishing the relationship between the technological parameters of the transportation process and the level of passenger travel fatigue is a relevant task from both scientific and practical points of view. The article attention is focused on establishing the influence of three groups of factors on the change in the passenger's functional state as

a result of transit trip making/ They are following: route network parameters, urban planning factors and individual passenger characteristics; route characteristics and technical and operational indicators of vehicle operation; parameters of passenger flow on the route. It has been established that the controllable parameters during the operating on public transit routes, from the list of significant travel fatigue development factors, include the operating speed of vehicles, their passenger capacity and number of vehicles. Based on this, when planning measures to improve the level of passenger service on urban routes, those that will contribute to an increase in operating speed (ensuring the priority of public transit traffic, reducing the dwell time of the vehicles, improving traffic conditions along the route, etc.) should be considered as main direction. In addition, it is important to optimize the transportation process from the standpoint of choosing a rational passenger capacity of vehicles and establishing their required number. As a direction for further research on the issues considered in the article, it should be noted that an analysis of the combined influence of factors in the development of passenger fatigue and establishing their relative importance should be carried out.

***Keywords:* public transit; travel fatigue; passenger flow; operating speed; vehicle capacity; load factor.**