

УДК 656.13

Т.М. Григорова, Ю.О. Давідіч, В.К. Доля

*Харківський національний університет міського господарства ім. О.М. Бекетова, м. Харків*

## УПРАВЛІННЯ ПАСАЖИРСЬКОЮ ТРАНСПОРТНОЮ СИСТЕМОЮ ПРИМІСЬКОГО СПОЛУЧЕННЯ З УРАХУВАННЯМ ЛЮДСЬКОГО ФАКТОРУ

*Проектування пасажирських транспортних систем потребує особливої уваги до процесу управління якістю перевезення пасажирів, зокрема, на етапі формування параметрів технологічного процесу. Реалізація основного завдання транспорту у задоволенні потреб населення у перевезеннях передбачає виконання саме такого управління. В рамках дослідження авторами запропоновано підхід до оцінки якості перевезення пасажирів у приміському сполученні шляхом визначення впливу параметрів перевезення на транспортну стомлюваність пасажирів. Отримано регресійну модель для прогнозування зміни транспортної стомлюваності при виконанні поїздки та проведено її аналіз.*

**Ключові слова:** *пасажир, транспортна стомлюваність, якість перевезення, регресійна модель, адекватність, час поїздки, коефіцієнт кореляції.*

### Постановка проблеми

Ефективність функціонування приміської пасажирської транспортної системи як складової транспортної системи України останнім часом є одним з провідних інтересів держави. Система організації транспортного обслуговування жителів передмістя знаходиться у стадії реорганізації і не відповідає сучасним вимогам управління транспортними комплексами, які є складовими загальної соціально-економічної інфраструктури регіону. Внаслідок цього, оптимізація параметрів транспортної системи перевезення пасажирів у приміському сполученні неможлива без оптимізації параметрів технологічного процесу з врахуванням інтересів як перевізників, так і пасажирів.

Потреба в приміських перевезеннях виникає у 95% населення України, а річний обсяг перевезень їх складає 35% від загального [1]. При розвитку приміських транспортних систем недостатньо уваги приділяється вивченню технологій організації перевезень. Методи, моделі та алгоритми організації транспортного обслуговування населення приміських зон, як правило, спираються на розробки, які були виконані ще в минулому столітті, а тому не повністю враховують сучасні особливості його організації. Найбільш суттєві відмінності в організації перевезення пасажирів у приміському сполученні, в порівнянні з іншими видами сполучення, характеризуються закономірностями формування пасажиропотоків та вимогами управління режимами роботи транспортних засобів. Тому, удосконалення системи перевезення пасажирів у приміському сполученні набуває

вирішального значення для сільських населених пунктів.

### Аналіз останніх досліджень і публікацій

Різні вирішення проблем оптимізації функціонування пасажирського транспорту пропонувалися багатьма вітчизняними ученими і фахівцями в області теорії управління системами пасажирського транспорту, серед яких варто відзначити роботи М.Д. Блатнова, Г.А. Варелопуло, Е.П. Володіна, І.С. Єфремова, О.С. Ігнатенко, Л.Б. Міротіна, Е.Е. Муна, Н.Б. Островського, Д.С. Самойлова та інших. За даними дослідників, основним завданням пасажирського транспорту є задоволення потреб населення у перевезеннях. Пасажирський транспорт виконує важливу виробничу задачу доставки працюючих до місць прикладення праці. Підвищення продуктивності праці є одним з найважливіших засобів досягнення високої ефективності виробництва. Вирішення цього завдання можливо з використанням методології ергономіки. Ергономіка, як наука, досліджує вплив середовища на ефективність і якість діяльності людини, його працездатність, фізичне і психічне благополуччя. Ергономічні дослідження визначають оптимальні величини навантажень на людину [2]. Одним з факторів, що впливає на продуктивність праці людини, є транспортна стомлюваність [3]. Тривалість поїздки і ступінь її комфортності визначають транспортну стомлюваність пасажира. За даними дослідників, кожні 10 хвилин додаткового часу, витрачені на пересування до місця роботи, та ще й в дискомфортних умовах, знижують продуктивність праці на 3-4% [4]. Основними показниками якості

перевезень пасажирів є: умови проїзду, що характеризуються ступенем наповнення автобуса; регулярність руху; час, витрачений пасажиром на пересування; безпеку руху; ступінь пересадочності [5, 6]. Всі ці фактори мають різну значимість залежно від умов пересування [5]. Дослідники відзначають, що витрати часу пасажирів на пересування можна визначити як суму витрат часу на виконання наступних елементів пересування пасажирів [5, 6]: пішохідного руху від пункту відправлення до зупинки або від зупинки до пункту призначення; очікування транспорту на зупиночному пункті; руху в транспортному засобі. Причому, всі ці елементи можна виконувати при різних умовах. Так, наприклад, поїздки можна здійснювати як сидячи, так і стоячи в салоні транспортного засобу. Очікувати автобус також можна сидячи або стоячи. Ці особливості також впливають на рівень стомлюваності. Оцінивши вплив кожного елемента пересування на рівень стомлюваності пасажирів можна визначити параметри технології перевезень, які мінімізують транспортну стомлюваність пасажирів. Питання впливу умов руху на вибір шляху прямування пасажиром розглядали багато дослідників [3, 7, 8, 9, 10]. При цьому наголошується, що одним з критеріїв неусвідомленого вибору шляху пересування є транспортна втомлюваність пасажирів [10].

Стомлюваність (стомлення) - це фізіологічний стан організму, який супроводжує тривалу й інтенсивну роботу. Цей стан виражається в тимчасовому розладі функцій нервових клітин кори головного мозку, що розповсюджується і на інші системи організму і визначає працездатність людини [11]. Стомлення визначається зміною функціонального стану людини [12]. Функціональний стан - це комплекс наявних характеристик тих функцій і якостей людини, які прямо або побічно обумовлюють виконання трудової діяльності [11]. Дослідники запропонували інтегральний критерій оцінки функціонального стану людини - показник активності регуляторних систем, що характеризує загальну реакцію організму на вплив факторів зовнішнього середовища. Даний показник показує напругу інформаційних каналів регуляції в організмі людини, реакцію цих каналів на вплив факторів зовнішнього середовища. Він визначається шляхом обробки електрокардіограми людини та вимірюється в балах, за якими можна визначити в якому стані вона знаходиться [9]: до 3 балів - нормальний стан; від 3 до 6 балів - стан напруги; від 6 до 8 балів - стан перенапруження; від 9 до 10 балів - стан виснаження. Визначення транспортної стомлюваності пасажирів при міських перевезеннях було проведено дослідниками та

описано у праці [3]. Приміські перевезення пасажирів мають технологічні особливості. Внаслідок цього, визначення транспортної стомлюваності пасажирів в процесі приміських перевезень потребує додаткових досліджень.

### Виклад основного матеріалу

Метою даної роботи є математична формалізація зміни показника активності регуляторних систем пасажирів при здійсненні поїздки стоячи в транспортному засобі приміського сполучення. Для досягнення поставленої мети необхідно проведення обстеження параметрів поїздки і значення показника активності регуляторних систем при виконанні цього елемента пересування.

Для отримання вихідної інформації були проведені натурні обстеження, в ході яких у пасажирів при поїзді стоячи фіксувалася електрокардіограма і одночасно визначалися параметри поїздки. На підставі отриманої інформації було проведено математичний опис функціонального зв'язку між показником активності регуляторних систем пасажирів і факторами, які на нього впливають. Серед усіх методів, які дозволяють проводити математичний опис зміни показника активності регуляторних систем пасажирів приміського транспорту, були обрані методи регресійного і кореляційного аналізу [13]. Результати розрахунків параметрів моделі зміни показника активності регуляторних систем при поїзді стоячи в транспортному засобі наведені в табл. 1, 2.

Модель має наступний вигляд:

$$P_{\text{після}}^{\text{рст}} = 0,03 \cdot ((P_{\text{до}}^{\text{рст}})^2 \cdot (\log(B_n))) + 0,13 \cdot (\gamma \cdot t^{\text{рст}}) \cdot (2,8 / \text{Ц}/N_m)$$

З використанням критерію Фішера, коефіцієнта множинної кореляції та середньої помилки апроксимації проводилася оцінка статистичної значимості моделі (табл. 3). Розрахунки показали, що значення коефіцієнту множинної кореляції відповідає високому ступеню тісноти зв'язку між залежною та незалежними змінними. Модель є адекватною, так як значення середньої похибки апроксимації відповідає допустимим межах. Для аналізу моделі було розроблено графіки зміни показника активності регуляторних систем. При побудові графіків всі значення дорівнювали середнім величинам, величинам, крім одного фактора, значення якого варіювалося.

Результати розрахунків наведені на рис. 1 - 5.

Таблиця 1. Межі варіювання факторів моделі зміни показника активності регуляторних систем пасажира при проїзді стоячи

Фактор	Позначення, розмірність	Межі вимірювання
Показник активності регуляторних систем до початку поїздки	$Pr^{oc}_{до}$ , бали	1-8
Вік пасажирів	$B_n$ , роки	18-60
Час руху	$t^{cm}_{рух}$ , хв	14-39
Коефіцієнт використання місткості	$\gamma$	0,31-0,91
Відношення вартості нового автобуса до номінальної місткості	$Ц/N_m$ , тис. у.о./пас	0,63-3,33

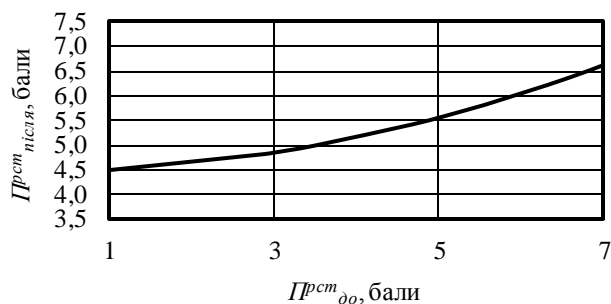


Рис. 1. Залежність зміни показника активності регуляторних систем пасажира при проїзді стоячи залежно від значення цього показника до початку поїздки

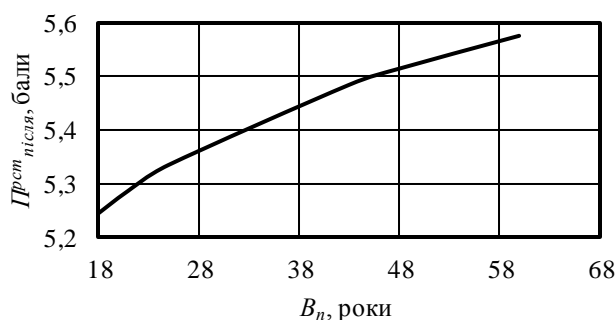


Рис. 2 Залежність зміни показника активності регуляторних систем пасажира при проїзді стоячи залежно від віку пасажирів

Таблиця 2. Характеристика факторів моделі зміни показника активності регуляторних систем пасажира при проїзді стоячи

Фактор	Коефіцієнт	Стандартна похибка	Критерій Стюдента	
			розрахунковий	табличний
$(Pr^{oc}_{до})^2 \cdot (\log(B_n))$	0,03	0,02	2,52	2,02
$(\gamma \cdot t^{cm}_{до}) \cdot (2,8 / Ц/N_m)$	0,13	0,06	2,25	2,02

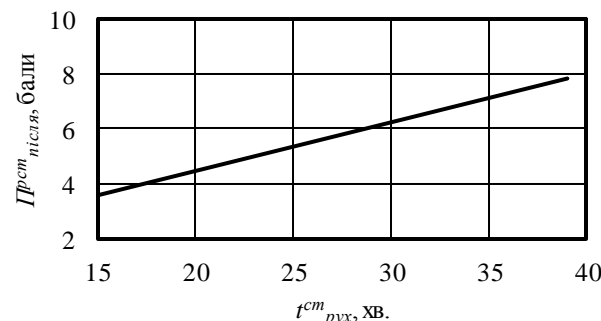


Рис. 3. Залежність зміни показника активності регуляторних систем пасажира при проїзді стоячи залежно від часу руху

Таблиця 3. Результати статистичної оцінки моделі

Показники	Значення
Критерій Фішера: табличний	2,09
Розрахунковий	21,89
Коефіцієнт множинної кореляції	0,94
Середня помилка апроксимації, %	9,01

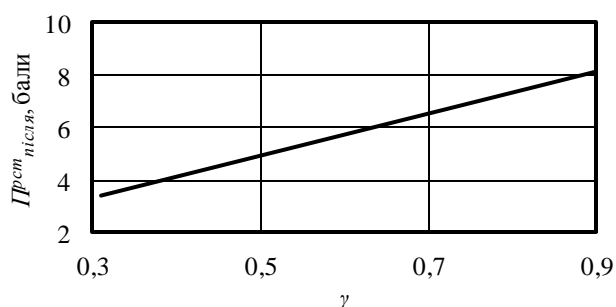


Рис. 4. Залежність зміни показника активності регуляторних систем пасажира при проїзді стоячи залежно від коефіцієнта використання місткості

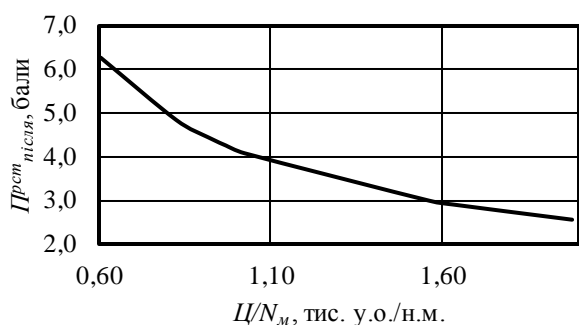


Рис. 5. Залежність зміни показника активності регуляторних систем пасажира при проїзді стоячи від відношення вартості нового автобуса до номінальної місткості

Їх аналіз дозволив зробити наступні висновки. Вплив показника активності регуляторних систем пасажира перед початком поїздки є суттєвим. Він визначає початковий стан людини перед поїздкою. Чим більше значення даного показника перед поїздкою, тим більше його значення після виконання поїздки. Між віком пасажира і його показником активності регуляторних систем спостерігається прямий зв'язок. Із збільшенням віку пасажира знижуються адаптивні властивості його організму, що призводить до розвитку транспортної стомлюваності. Це пояснюється погіршенням роботи систем органів людини з віком, що є природним процесом. Тому чим більше вік пасажира, тим більше вплив на його адаптивні властивості здійснюють умови поїздки. Між часом поїздки та показником активності регуляторних систем пасажира спостерігається прямий зв'язок. При поїзді стоячи на пасажира більше впливають фактори, які пов'язані із рухом транспортного засобу. Це призводить до наростання втоми. Між коефіцієнтом використання місткості транспортного засобу та станом пасажира спостерігається прямий зв'язок. Адже, чим більшим є даний коефіцієнт, то менше залишається особистого простору для пасажира, що їде стоячи. Це впливає на адаптивні можливості організму людини. Ергономічність транспортного засобу, в якості показника якого виступає відношення вартості нового автобуса до номінальної місткості, позитивно впливає на організм людини. З поліпшенням ергономічності салону транспортного засобу зменшується втома під час поїздки.

### Висновки

Виявлено, що зміна показника активності регуляторних систем пасажира при проїзді стоячи з достатньою точністю описується нелінійним регресійним рівнянням, в якому в якості незалежних змінних виступають значення показника активності регуляторних систем перед поїздкою, вік пасажира, час поїздки, значення коефіцієнта використання місткості транспортного засобу і відношення вартості нового автобуса до номінальної місткості.

Отримані закономірності можна використовувати при оптимізації параметрів приміської транспортної системи перевезення пасажирів.

### Література

1. Вакарчук І. М. Управління проектами та програмами побудови приміських автобусних систем : Дис... канд. техн. наук: 05.13.22 [Текст] / І. М. Вакарчук. — К., НТУ, 2006. — 235 с.
2. Введение в эргономику / Под ред. В.П. Зинченко [Текст].- М.: Советское радио, 1974. - 352 с.
3. Доля В. К. Пасажирські перевезення [Текст] / Доля В. К. — Х.: «Видавництво «Форт»», 2011. — 504 с.
4. Воробьева И.Б. Логистический подход к организации перевозки пассажиров в мегаполисе [Текст] / И.Б. Воробьева // Транспорт российской федерации. — 2006. — №7. — С. 38–40.
5. Ефремов И.С. Теория городских пассажирских перевозок [Текст] / И.С. Ефремов, В.М. Кобозев, В.А. Юдин. — М.: Высш. школа, 1980. — 535 с
6. Пассажирыские автомобильные перевозки [Текст] / Афанасьев Л.Л., Воркут А.И., Дьяков А.Б., Миротин Л.Б., Островский Н.Б. - М.: Транспорт, 1986. - 220 с.
7. Spiess H., Florian M. Optimal strategies: a new assignment model for transit networks / Transportation Research, 23B, 1989, p. 83–102.
8. Cepeda M., Cominetti R., Florian M. A frequency-based assignment model for congested transit networks with strict capacity constraints: characterization and computation of equilibria / Transportation Research 40B, 2006, p. 437–459.
9. Wu J. H., Florian M., Marcotte P. Transit equilibrium assignment: a model and solution algorithms. / Transportation Science, 28(3), 1994, p. 193 – 203.
10. Понкратов Д. П. Оцінка значущості критеріїв вибору пасажирами шляху пересування у містах [Текст] / Д. П. Понкратов, Г. І. Фалецька // Наукові нотатки. Міжвузівський збірник. — Луцьк, 2014. — Вип. 46. — С. 452 – 459.
11. Руководство по физиологии труда [Текст] / [под ред. проф. М.И. Виноградова]. — М.: Медицина, 1969. — 408 с.
12. Физиологические принципы разработки режимов труда и отдыха [Текст] / [под. ред. В.И. Медведева]. — Л. Наука, 1984. — 140 с.
13. Баевский Р.М. Математический анализ изменений сердечного ритма при стрессе [Текст] / Р.М Баевский. - М.: Наука, 1984. - 222 с.
14. Галушко В.Г. Вероятностно-статистические методы на автотранспорте [Текст] /В. Г. Галушко. - Киев: Вища школа, 1976. — 232 с.

### References

1. Vakarchuk I.M. (2006) Program and Project Management building suburban bus systems: Dis ... candidate. Sc. Sciences: 05.13.22. - Kyiv, NTU, 235.
2. Introduction to ergonomics (1974) / Ed. VP Zinchenko. - M.: Soviet Radio, 352
3. Dolya V.K. (2011) Passenger transportation. - H.: "Publisher" Fort", 2011, 504.
4. Vorobyova I.B. (2006) The logistics approach to transport passengers in the city // Transport of the Russian Federation, №7, 38-40.
5. Yefremov I.S., Kobozev V.M., Yudin V.A. (1980) The theory of urban passenger transport. M.: Higher. School, 535.
6. Afanasyev L.L., Vorkuta A.I., Dyakov A.B. Mirotin L.B., Ostrovsky N.B. (1986) Passenger road transport. M.: Transport, 220 p.

7. Spiess H., Florian M. (1989) *Optimal strategies: a new assignment model for transit networks* / *Transportation Research*, 23B, 83–102.
8. Cepeda M., Cominetti R., Florian M. (2006) *A frequency-based assignment model for congested transit networks with strict capacity constraints: characterization and computation of equilibria* / *Transportation Research* 40B, 437–459.
9. Wu J. H., Florian M., Marcotte P. (1994) *Transit equilibrium assignment: a model and solution algorithms* / *Transportation Science*, 28(3), 193 – 203.
10. Ponkratov D.P., Faletska G.I. (2014) *Grade significance criteria for selecting the movement of passengers in cities* / *Scientific notes. Interuniversity collection. Lutsk, Vol. 46*, 452 - 459.
11. *Guide to the physiology of labor (1969)* / [ed. prof. M.I. Vinogradov]. M.: Medicine, 1969, 408.
12. *Physiological principles of development modes of work and rest (1984)* / [ed. V.I. Medvedeva]. L. Science, 140.
13. Baevsky R.M. (1984) *Mathematical analysis of changes in heart rate during stress*. M.: Nauka, 222.
14. Galushko V.G. (1976) *Probabilistic and statistical methods in road transport*. Kiev: Vishcha School, 232.

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

**Автор:** ГРИГОРОВА Тетяна Михайлівна  
Харківський національний університет міського господарства ім. О.М. Бекетова, Харків, кандидат технічних наук, докторант  
E-mail – kafedra\_tsl@ukr.net

**Автор:** ДАВІДІЧ Юрій Олександрович  
Харківський національний університет міського господарства ім. О.М. Бекетова, Харків, доктор технічних наук, професор.  
E-mail – kafedra\_tsl@ukr.net

**Автор:** ДОЛЯ Віктор Костянтинівич  
Харківський національний університет міського господарства ім. О.М. Бекетова, Харків, доктор технічних наук, професор.  
E-mail – kafedra\_tsl@ukr.net

### УПРАВЛЕНИЕ ПАССАЖИРСКОЙ ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМОЙ ПРИГОРОДНОГО СООБЩЕНИЯ С УЧЕТОМ ЧЕЛОВЕЧЕСКОГО ФАКТОРА

Т.М. Григорова, Ю.А. Давидич, В.К. Доля

*Проектирование пассажирских транспортных систем требует особого внимания к процессу управления качеством перевозки пассажиров, в частности, на этапе формирования параметров технологического процесса. Реализация основной задачи транспорта в удовлетворении потребностей населения в перевозках предусматривает выполнение именно такого управления. В рамках исследования авторами предложен подход к оценке качества перевозки пассажиров в пригородном сообщении путем определения влияния параметров перевозки на транспортную утомляемость пассажиров. Получено регрессионную модель для прогнозирования изменения транспортной утомляемости при выполнении поездки и проведен ее анализ.*

**Ключевые слова:** пассажир, транспортная утомляемость, качество перевозки, регрессионная модель, адекватность, время поездки, коэффициент корреляции.

### DEPARTMENT OF PASSENGER TRANSPORT SYSTEMS COMMUTER WITH A HUMAN FACE

T.M. Grigороva, J.O. Davidich, V.K. Dolya

*Design of passenger transport systems requires special attention to the process of quality management carriage of passengers, in particular, on the stage of the process parameters. The implementation of the basic tasks of transport to meet the needs of the population in transportation provides performance is such management. In the study, the authors propose an approach to assessing the quality of the carriage of passengers on suburban routes by determining the effect of the parameters on the transport carriage of passengers fatigue. Obtained a regression model to predict changes in the performance of transport fatigue trip and conducted its analysis.*

**Keywords:** passenger, transport fatigue, quality of transportation, the regression model, adequacy, travel time, the correlation coefficient.