

Рекомендовано до публікації д-р техн. наук Шамим Б. В.  
Дата надходження рукопису 20.02.2015

**Шатовская Татьяна Борисовна**, кандидат технических наук, доцент, кафедра программной инженерии, Харьковский национальный университет радиоэлектроники, пр. Ленина, 16, г. Харьков, Украина, 61166  
E-mail: shatovska@gmail.com

**Заремская Анастасия Александровна**, кафедра программной инженерии, Харьковский национальный университет радиоэлектроники, пр. Ленина, 16, г. Харьков, Украина, 61166  
E-mail: NastenkaZar@yandex.ua

УДК 656.13

DOI: 10.15587/2313-8416.2015.38836

## ВПЛИВ КОМФОРТАБЕЛЬНОГО ОЧІКУВАННЯ ПАСАЖИРІВ ПРИМІСЬКИХ АВТОБУСІВ НА ЗМІНУ ЇХ ТРАНСПОРТНОЇ СТОМЛЮВАНОСТІ

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

*Досліджено закономірності зміни транспортної стомлюваності пасажирів при очікуванні сидячи приміських маршрутних автобусів. Наведені результати обробки натурних досліджень дозволили встановити вплив віку пасажирів і часу очікування на значення його показника активності регуляторних систем. З використанням статистичних методів оцінки складних об'єктів розроблено регресійну модель зміни показника активності регуляторних систем пасажирів при очікуванні сидячи приміських маршрутних автобусів*

**Ключові слова:** транспортне обслуговування, приміське сполучення, транспортна стомлюваність, умови очікування, час очікування

*The regularities of changing the transport fatigue of passengers sitting in the waiting for suburban buses are investigated. The results of field research processing allow to establish the influence of age and passenger waiting time on the value of its index activity of regulatory systems. Using statistical methods for assessing complex objects it is developed regression model of activity index change of passenger's regulatory systems sitting waiting for suburban buses*

**Keywords:** transport services, suburban traffic, transport fatigue, waiting conditions, waiting time

### 1. Вступ

Підвищення якості транспортних послуг можливе тільки за рахунок істотного вдосконалення і модернізації всіх складових транспортної системи. За даними дослідників, внесок транспортної системи у валовий внутрішній продукт становить близько 10 %, що вказує на важливість галузі для подальшого розвитку нашої економіки [1]. В теперішній час, 68,9 % населення України проживає у містах та селищах міського типу [2]. Внаслідок цього, приміські перевезення займають друге місце по масовості (більше 14 % в загальних обсягах) після внутрішньоміських [1, 2]. Концентрація цих перевезень у найбільших містах, їх великий обсяг та безперервне зростання обумовлені швидким розвитком міст, інтенсивною забудовою приміських районів, створенням міст-супутників, організацією у приміських зонах місць відпочинку та спортивно-оздоровчих закладів, підвищенням матеріального добробуту і культурного рівня населення [1].

### 2. Постановка проблеми

Науковці визначають, що в теперішній час існує загальна потреба в конкретних методиках, що дозволяють кількісно ув'язати попит на перевезення у приміському сполученні з пропозицією транспортних послуг, оцінити вплив на нього як ціно-

вих, так і нецінових факторів. Такі методики необхідні як у теоретичному плані, так і для вирішення практичних завдань управління пасажирським транспортом на рівні транспортних підприємств і державних органів міських і обласних адміністрацій, з метою виявлення ключових факторів, від яких залежить ефективність та якість функціонування транспортної системи [1, 2]. 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.

### 3. Літературний огляд

Для здійснення переміщень у приміському сполученні пасажири постійно проводять вибір між

видами транспорту. Науковці виявили, що вони представлені, в основному, залізничним, автомобільним, а також власним автотранспортом, іноді автомобілями-таксі з міських стоянок або по передчасному замовленню. Раніш проведені дослідження показали, що велике значення при виборі населенням виду транспорту має ціна поїздки, а також надійність і зручність розкладу [2, 3]. Питання вибору пасажирів шляху слідування розглядали також багато дослідників [4–8]. При цьому наголошується, що одним з критеріїв неусвідомленого вибору шляху слідування є транспортна стомлюваність пасажирів [5]. Стомлення являє собою стан організму, що об'єктивно виникає під впливом тієї чи іншої тривалої роботи і характеризується тимчасовим зниженням працездатності [9].

Науковці відзначають, що стомлення розвивається за типом реакції, аналогічної стресу, і є наслідком порушення гомеостазу, у зв'язку з чим виділяються три стадії стомлення: втоми, перевантаження, виснаження [10]. Стомлення визначається зміною функціонального стану людини [9]. Дослідники визначили, що функціональний стан – це комплекс наявних характеристик тих функцій і якостей людини, які прямо або побічно обумовлюють виконання трудової діяльності [10].

Показники економії сил, що витрачаються пасажиром при поїздці, в теперішній час не нормуються. Однак, дослідники визначають, що транспортна стомлюваність пасажирів визначається тривалістю поїздки і ступенем її комфортності. В свою чергу транспортна стомлюваність пов'язана з продуктивністю праці людини. Дослідники визначають, що транспортна стомлюваність помітно знижує продуктивність праці в народному господарстві, що дозволяє говорити про позасистемний ефект вдосконалення обслуговування пасажирів, насамперед у приміському сполученні [3].

За даними дослідників витрати часу пасажирів на пересування можна визначити як суму витрат часу на виконання наступних елементів пересування пасажирів [1, 3]:

– пішохідний рух від пункту відправлення до зупиночного пункту або від зупиночного пункту до пункту призначення;

- очікування транспорту на зупиночному пункті;
- рух в транспортному засобі.

При цьому можливий різний рівень комфортності виконання елементів пересування. Так очікування транспортного засобу і рух в ньому можливі стоячи чи сидячи. Оцінивши вплив кожного елементу переміщення на рівень стомлюваності пасажирів можна визначити параметри перевезення пасажирів, які мінімізують транспортну стомлюваність пасажирів.

Для дослідження функціонального стану людини можливе використання різних психологічних і фізіологічних методів [4, 10]. За думкою дослідників, для оцінки транспортної стомлюваності пасажирів доцільно використовувати математичний метод аналізу серцевого ритму шляхом реєстрації електрокардіограми [4]. Показник, за яким можливо оці-

нити зміну функціонального стану людини, дослідники назвали показником активності регуляторних систем. Він вимірюється в балах, за якими можна визначити в якому стані знаходиться людина [4, 11]:

- 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.

Показник активності регуляторних систем і був використаний для оцінки впливу параметрів очікування у комфортабельних умовах на транспортну стомлюваність пасажирів.

#### **4. Закономірності зміни транспортної стомлюваності пасажирів при очікуванні приміських маршрутних автобусів у комфортабельних умовах**

Метою дослідження є визначення закономірностей зміни показника активності регуляторних систем пасажирів при очікуванні приміських маршрутних автобусів у комфортабельних умовах. Досягнення поставленої мети потребує проведення натурального обстеження з метою фіксації параметрів очікування пасажирів приміських маршрутних автобусів у комфортабельних умовах та статистичної обробки отриманих даних з метою визначення залежності між значенням показника активності регуляторних систем пасажирів та параметрами очікування.

Очікування пасажирів транспортних засобів приміських маршрутних автобусів можливо здійснювати у різних умовах комфортності. Однак, якщо розглянути цей процес у загальному вигляді, можливо виділити два варіанти очікування: сидячи або стоячи. При комфортабельній організації перевезень на приміських автобусних станціях достатньо місць для сидіння пасажирів при очікуванні транспортних засобів. Якщо, при проектуванні приміських автобусних станцій не в повному обсязі враховані параметри пасажиропотоків, пасажирів вимушені очікувати відправлення у некомфортних умовах стоячи. Різні умови очікування обумовлюють різницю в зміні транспортної стомлюваності пасажирів. При проектуванні параметрів організації приміського сполучення доцільно враховувати ці особливості.

Для отримання вихідної інформації було проведено натурні обстеження. Обстеження проводились на приміських автобусних станціях м. Харкова. При проведенні обстеження обліковці перебували до місця проживання пасажирів перед його виходом з дому. У пасажирів фіксувався його вік та до нього приєднувались електроди комп'ютерної системи «Кардіосенс». Після приходу до зупинки фіксувався час початку очікування у положенні сидячи. Після приходу автобусу фіксувався час закінчення очікування. Обробка результатів обстеження полягала у визначенні часу очікування та значення показника регуляторних систем пасажирів перед початком очікування та після його закінчення. Визначення значень цього показника проводилося з використанням спеціального програмного забезпечення комп'ютерної системи «Кардіосенс».

Після розрахунку параметрів очікування проводилась статистична обробка даних натурального дослідження. Серед усіх методів, які дозволяють проводити математичний опис зміни показника активності регуляторних систем пасажирів приміського транспорту, було обрано методи регресійного і кореляційного аналізу [12].

Результати розрахунків дозволили отримати параметри моделі зміни показника активності регуляторних систем при очікуванні сидячи автобусів приміського сполучення (табл. 1, 2).

Моделі має наступний вигляд:

$$P_{\text{міськ}}^{\text{оч}} = 0,01 \cdot ((P_{\text{до}}^{\text{оч}})^{1,75} \cdot (3,9 \cdot \log(B_n))) + 3,7 \cdot (3,59 / t_{\text{оч}}^c). \quad (1)$$

Як показали проведені розрахунки значимими виявилися відповідні співвідношення трьох показників. Аналіз розрахункового значення критерію Стюдента дає можливість зробити даний висновок. Для всіх факторів моделі розрахункове значення більше табличного. З використанням критерію Фішера, коефіцієнта множинної кореляції та середньої помилки апроксимації проводилась оцінка статистичної значимості моделі (табл. 3).

Таблиця 1

Межі варіювання факторів моделі зміни показника активності регуляторних систем пасажирів при очікуванні сидячи

Показники	Позначення, розмірність	Межі вимірювання
Показник активності регуляторних систем до початку очікування сидячи	$P_{\text{до}}^{\text{оч}}$ , бали	1–8,9
Вік пасажирів	$B_n$ , роки	18–60
Час очікування, сидячи на зупиночному пункті	$t_{\text{оч}}^c$ , хв.	2–30

Таблиця 2

Характеристика факторів моделі зміни показника активності регуляторних систем пасажирів при очікуванні сидячи

Фактори	Коефіцієнт	Стандартна помилка	Критерій Стюдента	
			розрахунковий	табличний
$((P_{\text{до}}^{\text{оч}})^{1,75} \cdot (3,9 \cdot \log(B_n)))$	0,01	0,003	2,18	2,02
$3,59 / t_{\text{оч}}^c$	3,7	1,03	3,59	2,02

Таблиця 3

Результати статистичної оцінки моделі зміни показника активності регуляторних систем пасажирів при очікуванні сидячи

Показники	Значення
Критерій Фішера:	
– табличний	2,09
– розрахунковий	201,22
Коефіцієнт множинної кореляції	0,99
Середня помилка апроксимації, %	7,34

Тіснота зв'язку між залежною змінною і факторами, які впливають на її рівень, визначалася коефіцієнтом множинної кореляції. Розрахунки показали, що значення коефіцієнту множинної кореляції відповідає високому ступеню тісноти зв'язку. Оцінка адекватності розробленої моделі зміни показника активності регуляторних систем пасажирів при очікуванні сидячи проводилася з використанням значення середньої помилки-апроксимації. Значення середньої помилки апроксимації відповідає допустимим межах.

Таким чином, проведені розрахунки показали, що отриману модель зміни показника активності регуляторних систем пасажирів при очікуванні сидячи можливо використовувати при оптимізації

параметрів транспортного процесу перевезення пасажирів автомобільним транспортом у приміському сполученні.

### 5. Апробація результатів дослідження

Для аналізу отриманої моделі зміни показника активності регуляторних систем пасажирів при очікуванні сидячи розроблено графіки зміни показника активності регуляторних систем. При побудові графіків всі значення дорівнювали середнім величинам, крім одного фактора, значення якого варіювалося (рис. 1–3).

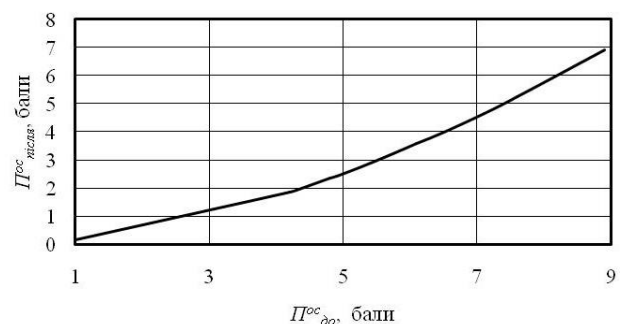


Рис. 1. Залежність зміни показника активності регуляторних систем пасажирів при очікуванні сидячи від його значення до початку очікування

Їх аналіз дозволив зробити наступні висновки.

Значення показника активності регуляторних систем до початку очікування має суттєве значення, адже він визначає початковий стан пасажирів. Чим більше значення показника активності регуляторних систем пасажирів до початку очікування, тим більше значення показника активності регуляторних систем після очікування. Чим більш людина напружена на початку очікування, тим більше буде значення стомлюваності після очікування.

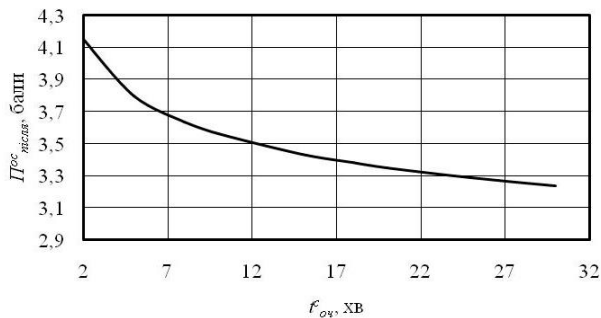


Рис. 2. Залежність зміни показника активності регуляторних систем пасажирів при очікуванні сидячи від часу очікування

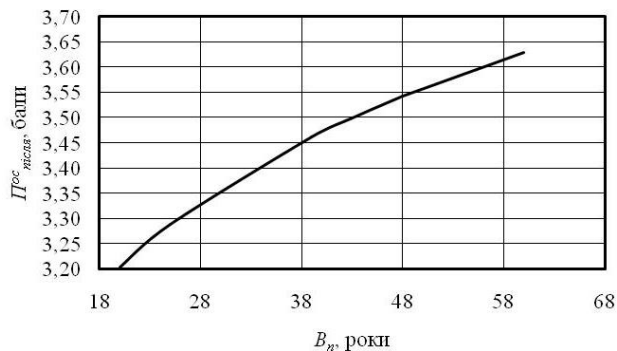


Рис. 3. Залежність зміни показника активності регуляторних систем пасажирів при очікуванні сидячи від віку пасажирів

Час очікування транспортних засобів має суттєвий вплив на адаптивні властивості організму пасажирів. Чим більший буде час очікування, тим більше буде здатність до адаптації, про що свідчить зменшення показника активності регуляторних систем після очікування.

Вік пасажирів впливає на швидкість адаптації організму до навантажень під час очікування. Це пояснюється погіршенням адаптивної здатності організму із природним змінами у всіх системах організму людини. Чим більший вік пасажирів тим меншим буде приріст показника активності регуляторних систем після очікування. Однак в цілому, вік має незначний вплив на зміну показника активності регуляторних систем пасажирів при очікуванні в положенні сидячи.

## 6. Висновки

Аналіз методик, що дозволяють кількісно ув'язати попит на перевезення у приміському сполученні

з пропозицією транспортних послуг, показав, що вони не повністю враховують вплив параметрів транспортного процесу на рівень транспортної стомлюваності пасажирів. Цей рівень можливо оцінити через значення показника активності регуляторних систем пасажирів при виконанні кожного елементу процесу переміщення. При цьому можливий різний рівень комфортності виконання елементів пересування. Так очікування транспортного засобу і рух в ньому можливий стоячи або сидячи. Проведені дослідження дозволили виявити, що зміна показника активності регуляторних систем пасажирів при очікуванні сидячи з достатньою точністю описується нелінійним регресійними рівняннями, в якому як змінні виступають значення показника активності регуляторних систем до початку очікування, вік пасажирів та час очікування. Оцінка статистичної значимості розробленої моделі показала можливість її використання при вирішенні задач з організації перевезення пасажирів у приміському сполученні.

## Література

1. Яновський, П. О. Пасажирські перевезення [Текст] / П. О. Яновський. – Київ.: НАУ, 2008. – 469 с.
2. Кристопчук, М. Є. Ефективність пасажирської транспортної системи приміського сполучення [Текст]: дис. ... канд. техн. наук [Текст] / М. Є. Кристопчук. – Харків.: ХНАМГ, 2009. – 214 с.
3. Пермовский, А. А. Пассажи́рские перевозки [Текст] / А. А. Пермовский. – Н. Новгород, НГПУ, 2011. – 164 с.
4. Доля, В. К. Пасажирські перевезення [Текст] / В. К. Доля. – Х.: «Видавництво «Форт»», 2011. – 504 с.
5. Spiess, H. Optimal strategies: a new assignment model for transit networks [Text] / H. Spiess, M. Florian // Transportation Research Part B: Methodological. – 1989. – Vol. 23, Issue 2. – P. 83–102. doi: 10.1016/0191-2615(89)90034-9
6. Cepeda, M. A frequency-based assignment model for congested transit networks with strict capacity constraints: characterization and computation of equilibria [Text] / M. Cepeda, R. Cominetti, M. Florian // Transportation Research Part B: Methodological. – 2006. – Vol. 40, Issue 6. – P. 437–459. doi: 10.1016/j.trb.2005.05.006
7. Wu, J. H. Transit equilibrium assignment: a model and solution algorithms [Text] / J. H. Wu, M. Florian, P. Marcotte // Transportation Science. – 1994. – Vol. 28, Issue 3. – P. 193–203. doi: 10.1287/trsc.28.3.193
8. Понкратов, Д. П. Оцінка значущості критеріїв вибору пасажирів шляху пересування у містах [Текст] / Д. П. Понкратов, Г. І. Фалецька // Наукові нотатки. Міжвузівський збірник. – 2014. – Вип. 46. – С. 452–459.
9. Руководство по физиологии труда [Текст] / под ред. М. И. Виноградова. – М.: Медицина, 1969. – 408 с.
10. Давідіч, Ю. О. Проектування автотранспортних технологічних процесів з урахуванням психофізіології водія [Текст] / Ю. О. Давідіч. – Харків: ХНАДУ, 2006. – 292 с.
11. Баевский, Р. М. Математический анализ измененный сердечного ритма при стрессе [Текст] / Р. М. Баевский. – М.: Наука, 1984. – 222 с.
12. Галушко, В. Г. Вероятностно-статистические методы на автотранспорте [Текст] / В. Г. Галушко. – Киев: Вища школа, 1976. – 232 с.

## References

1. Yanovsky, P. O. (2008). Pasazhirski transported. Kiev, 469.

2. Kristopchuk, M. J. (2009). Efektivnist pasazhirskoi transportnoi Sistemi primiskogo spoluchennya. Kharkiv, 214.

3. Permovskyy, A. A. (2011). Passazhyrskye oftransportation. Nizhny Novgorod, 164.

4. Dolya, V. K. (2011). Pasazhirski transported. Kharkiv, 504.

5. Spiess, H., Florian, M. (1989) Optimalstrategies: a new assignment model for transitnet works. Transportation Research Part B: Methodological, 23 (2), 83–102. doi: 10.1016/0191-2615(89)90034-9

6. 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 Part B: Methodological, 40 (6), 437–459. doi: 10.1016/j.trb.2005.05.006

7. Wu, J. H. (1994) Transit equilibrium assignment: a model and solution algorithms. Transportation Science, 28 (3), 193–203. doi: 10.1287/trsc.28.3.193

8. Ponkratov, D. P., Faletska, G. I. (2014). Valuing criteria for selecting them ovement of passenger sincities. Scientificnotes. Interuniversitycollection, 46, 452–459.

9. Vinogradov, M. I. (Ed.) (1969). Guidance on the physiology of labor. Moscow, 408.

10. Davidich, J. O. (2006). Design motortechology. Protsivconsideringneuro science driver. Kharkov. 292.

11. Baevskii, R. M. (1984). Mathematical analysis of change sinheartrate during stress. Moscow, 222.

12. Halushko, V. G. (1976). Probabilistic and statistical methods by car. Kiev, 232.

Дата надходження рукопису 25.02.2015

**Григорова Тетяна Михайлівна**, кандидат технічних наук, докторант, кафедра транспортних систем і логістики, Харківський національний університет міського господарства ім. О. М. Бекетова, вул. Революції, 12, м. Харків, Україна, 61002

E-mail: tagrigorova@yandex.ru

**Давідіч Юрій Олександрович**, доктор технічних наук, професор, кафедра транспортних систем і логістики, Харківський національний університет міського господарства ім. О. М. Бекетова, вул. Революції, 12, м. Харків, Україна, 61005

E-mail: kafedra\_tsl@ukr.net

**Доля Віктор Костянтинович**, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедрою, кафедра транспортних систем і логістики, Харківський національний університет міського господарства ім. О. М. Бекетова, вул. Революції, 12, м. Харків, Україна, 61005

УДК 528.06

DOI: 10.15587/2313-8416.2015.38832

## АПРОКСИМАЦІЯ ТА ПРОГНОЗУВАННЯ ПЕРЕМІЩЕНЬ КОНТРОЛЬНИХ ТОЧОК ГРУНТОВИХ ГРЕБЕЛЬ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ РЯДІВ ФУР'Є

© О. В. Мельник, Ю. А. Мельник

*У статті розглядаються питання моделювання процесу осідання верху бетонного парапету ґрунтової греблі водосховища Хмельницької АЕС та прогнозування переміщення окремих марок. Пропонується здійснювати аналіз результатів високоточного геометричного нівелювання в 2 етапи: спочатку виділяється трендова складова із застосуванням поліноміальної апроксимації, а потім залишкові відхилення від кривої тренда апроксимують частковим рядом Фур'є*

**Ключові слова:** апроксимація, прогнозування, ряди Фур'є, нівелювання, гідротехнічні споруди, прогнозна модель

*The modeling process of settling of concrete top parapet of soil dam reservoir of Khmelnytsky NPP and forecasting movement of individual points is considered in the article. It is proposed to analyze the results of high-precision geometric leveling in 2 stages: at first is allocated trend component using polynomial approximation and then the remaining deviations from trend curve approximating by partial Fourier series*

**Keywords:** approximation, prediction, Fourier series, leveling, waterworks, predictive model

### 1. Вступ

При експлуатації гребель виникає особлива потреба у моніторингових спостереженнях, що вимагає періодичного контролю та всебічного аналізу їх структурного стану і базується на великому наборі змінних, які визначають розмір деформацій. Значні деформації інженерних споруд, що наближаються до критичних, потенційно можуть викликати загибель великої кількості людей, потужні руйнування і нега-

тивні екологічні наслідки, тому збереження і довговічність гідротехнічних споруд є одним із найважливіших завдань.

Завдання розробки ефективних методів виявлення і прогнозування деформацій інженерних споруд є актуальним, оскільки його успішний розв'язок дозволить забезпечити надійність, довговічність і безпеку експлуатації відповідальних споруд, зокрема таких як ґрунтові греблі значної протяжності.