

УДК 656.13

МОНИТОРИНГ ВЛИЯНИЯ ПАРАМЕТРОВ ПОЕЗДКИ НА ИЗМЕНЕНИЕ ТРАНСПОРТНОЙ УТОМЛЯЕМОСТИ ПАССАЖИРОВ ПРИГОРОДНОГО СООБЩЕНИЯ

Т.М. ГРИГОРОВА, Ю.А. ДАВИДИЧ, В.К. ДОЛЯ

ХНУГХ им. А.Н. Бекетова, Харьков, УКРАИНА
*email: tagrigorova@yandex.ru

АННОТАЦИЯ У даній роботі проведено аналіз впливу параметрів перевезення пасажирів у приміському сполученні на транспортну стомлюваність пасажирів. Для оцінки рівня стомлюваності пасажирів під час поїздки пропонується використовувати показник активності регуляторних систем пасажирів. З використанням методів регресійного та кореляційного аналізу були розроблені моделі зміни показника активності регуляторних систем пасажирів при поїздки. Отримана модель може бути використана при організації транспортного обслуговування мешканців передмістя.

Ключові слова: приміське сполучення, пересування, пасажир, фактор, транспортна втомиваність коефіцієнт кореляції.

АННОТАЦИЯ В данной работе проведен анализ влияния параметров перевозки пассажиров в пригородном сообщении на транспортную утомляемость пассажиров. Для оценки уровня утомляемости пассажиров во время поездки предлагается использовать показатель активности регуляторных систем пассажира. С использованием методов регрессионного и корреляционного анализа были разработаны модели изменения показателя активности регуляторных систем пассажира при поездке. Полученная модель может быть использована при организации транспортного обслуживания жителей пригорода.

Ключевые слова: пригородное сообщение, передвижение, пассажир, фактор, транспортная утомляемость коэффициент корреляции.

MONITORING INFLUENCE OF PARAMETERS TRAVEL TO CHANGE THE TRANSPORT OF PASSENGERS FATIGUE COMMUTER

T. GRIGOROVA, Y. DAVIDICH, V. DOLYA

Kharkiv National University Urban Economy. A.N.Beketov, Kharkiv, UKRAINE

ABSTRACT This article discusses the use of the index evaluation fatigue transport passengers with the task of organizing the transport of passengers in suburban and are some of the results of research in this area. The main objective of the study is to identify the patterns of influence of the conditions of passengers travel on their transport fatigue. The use of statistical methods for estimation of complex objects allows the design process the carriage of passengers on suburban routes to take into account the interests of both carriers and passengers. This article discussed the method of estimating the fatigue passenger transport by determining the activity of regulatory systems of his body. These processing results of field studies have established the effect of age of the passenger, time and conditions of the trip, as well as ergonomic parameters of the vehicle on the value of the index of activity of regulatory systems of the passenger. Using the methods of regression and correlation analysis were developed model the change in the activity of the regulatory systems of the passenger trip and held their statistical evaluation. The resulting models allow us to assess the change in the transport of passengers fatigue while riding in a vehicle with different conditions. This makes it possible to assess the various options for the design process the carriage of passengers on suburban routes. The research results can be applied specialists transporters involved in the organization of passenger transportation in suburban.

Keywords: commuter, travel, passenger factor, transport fatigue correlation coefficient.

Введение

Проектирование систем управления пригородного пассажирского транспорта является одной из основных задач, стоящих перед транспортными службами областных администраций. Система организации

транспортного обслуживания жителей пригорода находится в стадии реорганизации и не отвечает современным требованиям управления транспортными комплексами, которые являются составляющими общей социально-экономической инфраструктуры

© Т.М. ГРИГОРОВА, Ю.А. ДАВИДИЧ, В.К. ДОЛЯ, 2015

региона. Вследствие этого, оптимизация параметров транспортной системы перевозки пассажиров в пригородном сообщении невозможна без оптимизации параметров технологического процесса с учетом интересов как перевозчиков, так и пассажиров.

Анализ литературных данных и постановка проблемы

Для обеспечения необходимого качества автобусных перевозок транспортники предусматривают рациональную организацию движения подвижного состава на основе выявления и применения технических, эксплуатационных, экономических, организационных и других закономерностей перевозочного процесса. Основным фактором, определяющим все параметры технологического процесса, являются величина пассажиропотока [1, 2]. Пассажиропотоки, в свою очередь, являются результатом соотношения спроса и предложения рынка транспортных услуг. Это соотношение определяется поведением пассажира [2]. Для описания выбора пассажиров используются несколько подходов [3-7]. Первый основывается на рассмотрении частоты обслуживания [3], второй - на расписании [4]. Наиболее подходящим для описания процесса формирования пассажиропотоков на маршрутах пригородного сообщения является второй подход, который используется при низкой частоте обслуживания. Модели формирования потоков на сети общественного транспорта, в которых время передвижения принимается постоянным, могут оказаться полезными при изучении сетей с низкой загрузкой. В то же время они не дают возможности получить адекватные результаты при моделировании пассажиропотоков в сетях, для которых характерен эффект переполнения [5]. Методом, учитывающий указанные обстоятельства являются равновесное распределение. Указанные модели в полном объеме не учитывают влияние условий передвижения на выбор пассажирами пути следования, в том числе показатели качества передвижения, которые отражаются на транспортной утомляемости пассажиров. Основными показателями качества перевозок пассажиров являются: условия проезда, характеризующиеся степенью наполнения автобуса; регулярность движения

транспортных средств; время, затрачиваемое пассажирами на передвижение; безопасность движения; степень пересадочности. Все эти факторы имеют разную значимость в зависимости от условий передвижения [2]. Исследователи отмечают, что затраты времени пассажиров на передвижение можно определить как сумму затрат времени на выполнение следующих элементов передвижения пассажиров [1, 8]: пешеходного движения от пункта отправления до остановочного пункта или от остановочного пункта до пункта назначения; ожидания транспорта на остановочном пункте; движения в транспортном средстве. Причем, все эти элементы можно выполнять при различных условиях. Так, например, поездку можно осуществлять как сидя, так и стоя в салоне транспортного средства. Оценив влияние каждого элемента передвижения на уровень утомляемости пассажиров можно определить параметры технологии перевозок, которые минимизируют транспортную утомляемость пассажиров.

Все технологические параметры перевозки влияют на экономические и социальные показатели качества транспортного обслуживания. По данным исследователей, изучение и проектирование систем, где человек и транспортное средство образуют единый контур регулирования, создали необходимые предпосылки для объединения технических дисциплин и наук о человеке и его трудовой деятельности, обусловили появление новых исследовательских задач. Во-первых, это задачи, связанные с описанием характеристик человека, как компонента транспортной системы. Для обеспечения эффективности производственной деятельности пассажира на основном производстве важное значение имеют такие факторы, как утомление, условия работы, физические факторы окружающей среды, биомеханические и физиологические факторы [9]. Одним из факторов, влияющим на производительность труда человека, является транспортная утомляемость, которая определяется длительностью поездки и степенью ее комфортности. Показатели экономии сил, затрачиваемых пассажиром при поездке, в настоящее время не нормируются. Однако транспортная утомляемость заметно снижает производительность труда в народном хозяйстве, что позволяет говорить о внесистемном эффекте совершенствования

обслуживания пассажиров, прежде всего в пригородном сообщении.

Цель работы

Целью данной работы является математическая формализация влияния параметров перевозки в пригородном сообщении на изменение транспортной утомляемости пассажиров.

Методика проведения экспериментов

Критерий эффективности совершенствования системы перевозки пассажиров в пригородном сообщении общественным транспортом должен учитывать интересы, как пассажира, так и автотранспортного предприятия. Это возможно формализовать следующим образом:

$$\mathcal{E} = D_{ТП} - Z_{ТП} - C_{П} \rightarrow \max, \quad (1)$$

где $D_{ТП}$ - доходы транспортных предприятий от перевозки пассажиров;

$Z_{ТП}$ - расходы транспортных предприятий на организацию процесса перевозок;

$C_{П}$ - стоимостное выражение затрат общества в результате транспортного процесса.

Доходы и расходы транспортных предприятий определяются применяемой технологией перевозки. Стоимостное выражение затрат общества вследствие транспортного процесса можно определить с позиций эргономики, рассматривая развитие транспортной утомляемости в процессе выполнения передвижения.

Для достижения поставленной цели было проведено обследование параметров поездки и транспортной утомляемости пассажиров. Для оценки транспортной утомляемости был использован интегральный критерий оценки функционального состояния человека - показатель активности регуляторных систем [10]. Он отражает общую реакцию организма на воздействие факторов внешней среды. Данный показатель характеризует напряжение информационных каналов регуляции в организме человека, реакцию этих каналов на воздействие факторов внешней среды. Он определяется путем обработки электрокардиограммы человека и измеряется в баллах, по которым

можно определить в каком состоянии он находится: до 3 баллов - нормальное состояние; от 3 до 6 баллов - состояние напряжения; от 6 до 8 баллов - состояние перенапряжения; от 9 до 10 баллов - состояние истощения. При проведении обследований у пассажиров при перемещении в пригородном сообщении фиксировалась электрокардиограмма и одновременно определялись параметры поездки.

Среди всех методов, которые позволяют проводить математическое описание изменения показателя активности регуляторных систем пассажиров пригородного транспорта, были выбраны методы регрессионного и корреляционного анализа [11]. В результате расчетов были получены модели изменения этого показателя при проезде сидя и стоя в салоне транспортного средства пригородного сообщения. Факторы, которые используются в моделях, приведены в табл. 1.

Таблица 1. Границы варьирования факторов

Фактор	Обозначение, размерность	Границы варьирования
Показатель активности регуляторных систем до начала поездки сидя	$P_{до}^{dc}$, баллы	1-8,9
Показатель активности регуляторных систем до начала поездки стоя	$P_{до}^{cm}$, баллы	1-10
Возраст пассажира	B_n , годы	18-60
Время поездки сидя	t_{δ}^c , мин.	2-30
Время поездки стоя	t_{δ}^{cm} , мин.	1-22
Коэффициент использования вместимости	γ	0,31-0,91
Отношение стоимости нового автобуса к номинальной вместимости	C/N_m , тыс. дол./пас	0,63-3,33

Для поездки сидя модель имеет следующий вид:

$$P_{после}^{dc} = 0,06 \cdot ((P_{до}^{dc})^{1,1} \cdot (2 \cdot \log(B_n))) - 1,06 \cdot ((32,57 / t_{\delta}^c) / (-0,9 \cdot \sqrt{C/N_m})) \quad (1)$$

Для поездки стоя модель имеет следующий вид:

$$I_{\text{после}}^{\text{дсм}} = 0,03 \cdot ((I_{\text{до}}^{\text{дсм}})^2 \cdot (\log(B_n))) + 0,13 \cdot (\gamma \cdot t_{\text{д}}^{\text{см}}) \cdot (2,8 / \zeta / N_m) \quad (2)$$

Оценка статистической значимости модели проводилась с использованием критерия Фишера, коэффициента множественной корреляции и средней ошибки аппроксимации, значения которых приведены в табл. 2.

Таблица 2 - Результаты оценки модели

Показатель	Значение	
	для поездки сидя	для поездки стоя
Критерий Фишера: табличный расчетный	2,09 552,99	2,09 21,89
Коэффициент множественной корреляции	0,99	0,94
Средняя ошибка аппроксимации, %	8,43	9,01

Значения всех параметров соответствуют допустимым пределам. Это дает возможность сделать вывод о возможности их использования для практических расчетов.

Анализ результатов исследования

Анализ полученных моделей позволил сделать следующие выводы. Влияние показателя активности регуляторных систем пассажира перед началом поездки является существенным. Он определяет исходное состояние человека перед поездкой. Чем больше значение данного показателя перед поездкой, тем больше его значение после выполнения поездки. Между возрастом пассажира и его показателем активности регуляторных систем наблюдается прямая связь. С увеличением возраста пассажира снижаются адаптивные свойства его организма, что приводит к развитию транспортной утомляемости. Это объясняется ухудшением работы систем органов человека с возрастом, что является естественным

процессом. Поэтому, чем больше возраст пассажира, тем большее влияние на его адаптивные свойства оказывают условия поездки. Зависимость между временем поездки и показателем активности регуляторных систем пассажира определяется ее условиями, как показано на рис. 1, 2.

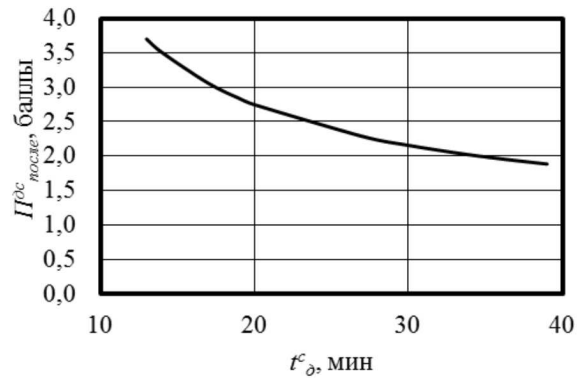


Рис. 1 – Зависимость изменения показателя активности регуляторных систем пассажира при поездке сидя от ее продолжительности

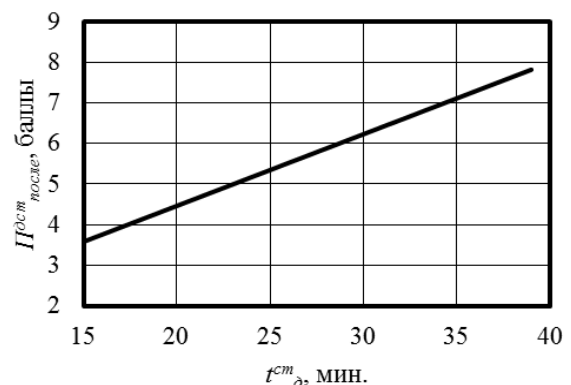


Рис. 2 – Зависимость изменения показателя активности регуляторных систем пассажира при поездке стоя от ее продолжительности

При поездке стоя на пассажира больше влияют факторы, связанные с движением транспортного средства. Это приводит к нарастанию утомления. При поездке сидя с увеличением времени наблюдается стабилизация состояния организма пассажира. Между коэффициентом использования вместимости транспортного средства и состоянием пассажира наблюдается прямая связь. Ведь, чем больше данный коэффициент, тем меньше остается личного пространства для пассажира, едущего стоя. Это существенно влияет на адаптивные возможности организма человека. Эргономичность транспортного средства, в качестве показателя которого

выступает отношение стоимости нового автобуса к номинальной вместимости, положительно влияет на организм человека. С улучшением эргономики салона транспортного средства уменьшается степень утомления во время поездки.

Выводы

Проведенный анализ методов управления процессом перевозки пассажиров в пригородном сообщении показал, что они не полностью учитывают влияние параметров транспортного процесса на уровень транспортной утомляемости пассажиров. Этот уровень можно оценить изменением значения показателя активности регуляторных систем пассажира при выполнении каждого элемента процесса передвижения. Выявлено, что изменение показателя активности регуляторных систем пассажира при поездке сидя и стоя с достаточной точностью описывается нелинейными регрессионными уравнениями, в которых в качестве переменных выступают значения показателя активности регуляторных систем до начала поездки, возраст пассажира, время поездки, значение коэффициента использования вместимости транспортных средств, отношение стоимости нового автобуса к номинальной вместимости, выступающее в качестве показателя эргономичности транспортного средства. Полученные закономерности можно использовать при оптимизации параметров пригородной транспортной системы перевозки пассажиров

Список литературы

1. **Ефремов И. С.** Теория городских пассажирских перевозок / **И. С. Ефремов, В. М. Кобозев, В. А. Юдин.** – М.: Высш. школа. – 1980. – 535 с.
2. **Яновський П. О.** Пасажирські перевезення / **П. О Яновський.** – Київ: НАУ. – 2008. – 469 с.
3. **Hickman M. D.** Transit service and path choice models in stochastic and time-dependent networks / **M. D. Hickman, Bernstein D. H.** // *Transportation Science.* – 1997. Vol. 31. – P. 129 – 146.
4. **Nuzzolo A.** Schedule-based path choice models for public transport networks / **A. Nuzzolo** // *Proceedings of Advanced Course on Transit Networks.* – 2001. – 15 p.
5. **Lam W. H. K.** A stochastic user equilibrium model for congested transit networks / **W. H. K. Lam, Z. Y. Gao, K. S., Chan, H. Yang** // *Transportation Research.* – 1999. Vol. 33. – 1999. – P. 351 – 368.
6. **Schmoeker, J. D.** A quasi-dynamic capacity constrained frequency-based transit assignment model / **J. D. Schmoeker, M. G. H. Bell, F. Kurauchi** // *Transportation Research.* – 2008. Vol. 42B. – P. 925 – 945.
7. **Nuzzolo A.** A doubly dynamic schedule-based assignment model for transit networks / **A. Nuzzolo, F. Russo, U. Crisalli** // *Transportation Science.* – 2001. Vol. 35. – P. 268 – 285.
8. **Доля В. К.** Пасажирські перевезення / **В. К. Доля.** – Х.: «Видавництво «Форт»», 2011. – 504с.
9. **Медведев В. И.** Физиологические принципы разработки режимов труда и отдыха / **В. И. Медведева.** – Л.: Наука, 1984. – 140 с.
10. **Баевский Р. М.** Математический анализ изменений сердечного ритма при стрессе / **Р. М. Баевский.** – М.: Наука. – 1984. – 222 с.
11. **Галушко В. Г.** Вероятностно-статистические методы на автотранспорте / **В. Г. Галушко.** – Киев: Вища школа. – 1976. – 232 с.

References

1. **Efremov I.S., Kobozev V.M., Yudin, V.A.** The theory of urban passenger transport. Moscow, 1980, 535.
2. **Yanovskyi P. O.** Pasazhyrski perevezennia. Kyiv: NAU, 2008, 469.
3. **Hickman M. D., Bernstein D. H.** Transit service and path choice models in stochastic and time-dependent networks // *Transportation Science*, 1997, **31**, 129–146.
4. **Nuzzolo A.** Schedule-based path choice models for public transport networks // *Proceedings of Advanced Course on Transit Networks*, Rome, 2001, 15.
5. **Lam W. H. K., Gao Z. Y., Chan K. S., Yang H.** A stochastic user equilibrium assignment model for congested transit networks. *Transportation Research Part B: Methodological*, 1999, **33**, **5**, 351–368.
6. **Schmoeker J. D., Bell M. G. H., Kurauchi F.** A quasi-dynamic capacity constrained frequency-based transit assignment model // *Transportation Research* 42B, 2008, 925–945.
7. **Nuzzolo A., Russo F., Crisalli, U.** A doubly dynamic schedule-based assignment model for transit networks // *Transportation Science*, 2001, **35**, 268–285.
8. **Dolia V. K.** Pasazhyrski perevezennia. Kh.: «Vydavnytstvo «Fort»», 2011, 504.
9. **Medvediev, V. I.** Fiziologicheskie printsipy razrobotki rezhimov truda i otdyha. L.: Nauka, 1984, 140.
10. **Baevskii R. M.** Matematicheskii analiz izmenenii serdechnogo ritma pri stresse. M.: Nauka, 1984, 222.
11. **Galushko V. G.** Veroiatnostno-statisticheskie metody na avtotransporte. Kiev: Vishcha shkola, 1976, 232.

Надійшла (received) 25.03.2015