**УДК 519.833.2, 656.072**

**Е.Б. Зварыч, М.Е. Корягин**

# СИТУАЦИЯ РАВНОВЕСИЯ НЭША НА РЫНКЕ ГОРОДСКИХ ПАССАЖИРСКИХ ПЕРЕВОЗОК ПРИ ПЕРЕМЕЩЕНИИ ПАССАЖИРОВ С ПЕРЕСАДКАМИ

## 1. Введение

Перемещение населения является важным фактором, влияющим на развитие городской среды. Основной движущей силой данного процесса является потребность человека в перемещении между определенными пунктами в городе. Наибольшее количество перемещений в российских городах осуществляется с помощью общественного транспорта, поэтому важно описать каким образом человек выбирает маршрут общественного транспорта для передвижения.

Обычно в задачах оптимизации ГПТ рассматриваются лишь изолированные маршруты [3, 6]. Хотя, как правило, пассажир может выбрать один из нескольких маршрутов для передвижения до места назначения [5]. Еще один фактор усложняющий процесс это перемещения с пересадкой.

Представленный в данной статье подход основан на [4]. Отличием является то, что в данной работе пассажиры с более высокой стоимостью времени выбирают передвижение с пересадкой, а в [4] предпочитают перемещаться на легковом автомобиле.

В данных условиях обостряется конкуренция между маршрутами городского пассажирского транспорта. Таким образом необходимо рассмотреть оптимизацию работы транспортных операторов на языке теории игр, недостаточно описанной в литературе [1].

## 2. Модель выбор пассажиропотоком маршрута передвижения

При исследовании работы городского пассажирского транспорта начинать следует с самого сложного субъекта в перевозочном процессе – пассажира. От того, когда у человека возникнет потребность в перевозке, между какими остановочными пунктами, насколько важна эта поездка, какой вид транспорта предпочтет человек, зависит режим функционирования транспортной системы города.

В данном разделе рассмотрим ситуацию при которой пассажир принимает решение о посадке в транспортное средство, которое может довезти не до места назначения, а в попутном направлении. То есть в зависимости от стоимости своего времени пассажиры принимают разные решения.

В данном случае необходимо сравнивать выигрыш времени пассажира и дополнительную оплату проезда. Положим, что пассажиро-час распределен экспоненциально для пассажиропотока. Введем основные параметры, определяющие выбор способа перемещения:

$\beta$ – стоимость проезда на общественном транспорте;

$\mu$ – интенсивность движения общественного транспорта доставляющего пассажира в пункт назначения без пересадки;

$\eta$ – интенсивность движения общественного транспорта от места возникновения потребности в перемещении до пересадочного пункта;

$\nu$ – интенсивность движения общественного транспорта от пересадочного пункта до места назначения.

$\gamma$ – средняя стоимость времени перемещения;

$p$ – вероятность передвижения с пересадкой.

Следует отметить, что необходимое условие

$$\mu < \nu \qquad (1)$$

показывает, что среднее время ожидание в пересадочном пункте будет меньше, т.е. если подойдет транспортное средство на котором можно доехать до места назначения с пересадкой, то можно выиграть время осуществив посадку. Данное условие является разумным, то есть на практике через пересадочный пункт проходит большее количество маршрутов (в т.ч. включая прямые).

Человек заранее определяет способ передвижения (с пересадкой или без), зная интенсивность движения транспорта. В модели предположим, что человек не анализирует рискованность поездки (нет чувствительности к риску) и осуществляет выбор способа передвижения на основе средних характеристик. То есть для заданной стоимости времени перемещения осуществляется однозначный выбор способа перемещения.

Отметим, что если подошло транспортное средство позволяющее добраться до места назначения без пересадки, то все пассажиры осуществляют посадку именно в это транспортное средство. Вероятность такого события $\mu/(\mu+\eta)$

В случае же подхода транспортного средства позволяющего добраться до места назначения с пересадкой получим неоднозначное решения для пассажиров с разной стоимостью пассажиро-часа. В данных условиях останутся ждать транспортное средство позволяющее достичь место назначения без пересадки часть населения с меньшими доходами (т.к. пересадка позволяет сократить расходы времени при увеличении финансовых затрат на поездку). Цель потока населения – минимизировать суммарные затраты на перемещения, изменяя параметр $p$. Пусть $\gamma'$– стоимость времени, которая

делит население по отношению к передвижению с пересадкой (если стоимость времени меньше $\gamma'$, то всегда осуществляется перемещение без пересадки). Тогда

$$p = exp\left\{-\frac{\gamma'}{\gamma}\right\} \text{ или } \gamma' = -\gamma\, ln(p)$$

Средняя стоимость времени при перемещении потока в прямом направлении:

$$\frac{\int_0^{\gamma'} \frac{x}{\gamma} exp\left\{-\frac{x}{\gamma}\right\} dx}{\int_0^{\gamma'} \frac{1}{\gamma} exp\left\{-\frac{x}{\gamma}\right\} dx} = \frac{1}{1-p} \int_0^{-\gamma\, ln(p)} \frac{x}{\gamma} exp\left\{-\frac{x}{\gamma}\right\} dx =$$

$$= \frac{\gamma + \gamma p\, ln(p) - \gamma p}{1-p}$$

Средние расходы на одно перемещение в прямом направлении состоят из потерь времени в ожидании и стоимости проезда:

$$\frac{\gamma + \gamma p\, ln(p) - \gamma p}{1-p}\left[\frac{1}{\mu}\right] + \beta \qquad (2)$$

Средняя стоимость времени при перемещении с пересадкой:

$$\frac{\int_{\gamma'}^{\infty} \frac{x}{\gamma} exp\left\{-\frac{x}{\gamma}\right\} dx}{\int_{\gamma'}^{\infty} \frac{1}{\gamma} exp\left\{-\frac{x}{\gamma}\right\} dx} = \frac{1}{p} \int_{-\gamma\, ln(p)}^{\infty} \frac{x}{\gamma} exp\left\{-\frac{x}{\gamma}\right\} dx$$

$$= \gamma - \gamma\, ln(p)$$

Средние расходы на одно перемещение с пересадкой требуют двойной оплаты проезда, а также ожидания в пересадочном пункте:

$$\left(\gamma - \gamma\, ln(p)\right)\left[\frac{1}{\nu}\right] + 2\beta \qquad (3)$$

Суммарные затраты потока на одну поездку – взвешенная сумма затрат на перемещения на автомобиле и общественном транспорте (2, 3):

$$\left[\gamma + \gamma p\, ln(p) - \gamma p\right]\left[\frac{1}{\mu}\right] + \beta(1-p) + \qquad (4)$$

$$+ \left(\gamma p - \gamma p\, ln(p)\right)\left[\frac{1}{\nu}\right] + 2\beta p.$$

Первая производная суммарных затрат (3) на единичную поездку составит:

$$\gamma\, ln(p)\left[\frac{1}{\mu} - \frac{1}{\nu}\right] + \beta$$

Вторая производная:

$$\gamma \frac{1}{p}\left[\frac{1}{\mu} - \frac{1}{\nu}\right] \geq 0 \qquad (5)$$

Таким образом, функция затрат на единичную поездку выпукла вниз (5) по параметру $p$. Или функция выигрыша потока пассажиров выпукла вверх по стратегии потока $p$.

Приравняв производную (4) к нулю, получим оптимальную вероятность использования пересадки:

$$p = exp\left\{-\frac{\beta}{\gamma\left[\frac{1}{\mu} - \frac{1}{\nu}\right]}\right\} = exp\left\{-\frac{\mu\nu\beta}{\gamma(\nu-\mu)}\right\} \qquad (6)$$

Доля поездок без пересадки:

$$1 - exp\left\{-\frac{\mu\nu\beta}{\gamma(\nu-\mu)}\right\} \qquad (7)$$

Данные формулы получены для случая подхода к остановочному пункту транспортного средства, позволяющего добраться до места назначения с пересадкой, а не в целом для пассажиропотока.

### 3. Обобщение модели в городской среде

В городских условиях существует множество пунктов возникновения потребности в перемещении и пунктов назначения. Также уровень жизни в районах города неоднороден. Поэтому, используя терминологию пункта 1.3, введем следующие параметры:

$N$ – количество остановочных пунктов, по которым движутся транспортные средства и перемещаются пассажиры;

$K$ – количество конкурирующих между собой маршрутов;

$\lambda_{i,j}$ – интенсивность пуассоновского потока пассажиров, поступающих на $i$ -й остановочный пункт с желанием переехать на маршрутном транспортном средстве на остановочный $j$-й пункт в единицу времени поступления ($\lambda_{i,j} \geq 0$, $i, j = \overline{1,N}$);

$\beta$ – стоимость проезда на городском пассажирском транспорте;

$A_{i,j}^k$ – принимает значение 1, если по $k$ -му маршруту можно переехать с $i$-го остановочного пункта на $j$-й, иначе принимает значение 0 ($i, j = \overline{1,N}$, $k = \overline{1,K}$);

$B_{i,j}^k$ – принимает значение 1, если по $k$-му маршруту можно переехать с $i$-го остановочного пункта в направлении пункта $j$ до пересадочного узла, иначе 0 ($i, j = \overline{1,N}$, $k = \overline{1,K}$);

$D_{i,j}^k$ – принимает значение 1, если по $k$-му маршруту перемещаясь с пункта $i$ можно пере-

ехать с пересадочного пункта до пункта $j$, иначе принимает значение 0 ($i,j=\overline{1,N}$, $k=\overline{1,K}$);

$\mu_k$ -переменная, описывающая интенсивность пуассоновского потока транспортных средств, движущихся по $k$-му маршруту в единицу времени ($k=\overline{1,K}$);

$\gamma_{i,j}$ – средняя стоимость времени перемещения между пунктами $i$ и $j$ ($i,j=\overline{1,N}$).

$p_{i,j}$ – доля пассажиров между пунктами $i$ и $j$, которым выгодно перемещение с пересадкой ($i,j=\overline{1,N}$).

Запишем условия модели позволяющие доказать ее важные свойства

$$D_{i,j}^k \geq A_{i,j}^k, \qquad i,j=\overline{1,N}$$

Первое условие показывает, что если маршрут позволяет довезти пассажира до места назначения без пересадок, то данный маршрут также проходит через пересадочный пункт. Т.е. пассажир в пересадочном пункте может встретить все маршрута, которые бы могли доставить его до места назначения без пересадок.

$$B_{i,j}^k A_{i,j}^k = 0,\ i,j=\overline{1,N}$$

$$B_{i,j}^k D_{i,j}^k = 0,\ i,j=\overline{1,N}$$

Последние два условия показывают, что маршруты, позволяющие доставить до пересадочного пункта. не могут входить в множество маршрутов, позволяющих добраться до места назначения (условие очевидно по описанию параметра).

Расходы пассажиров добирающихся до места назначения только без пересадки состоят из потерь времени и при перемещении между пунктами $i$ и $j$ (2):

$$\frac{\left[\gamma_{i,j}+\gamma_{i,j}p_{i,j}\,ln\left(p_{i,j}\right)-\gamma_{i,j}p_{i,j}\right]}{\left(1-p_{i,j}\right)\sum\limits_{k=1}^{K}A_{i,j}^k\mu_k}+\beta$$

Более сложным является расчет потерь времени пассажиров с более высокой стоимостью пассажиро-часа. Отметим, что время ожидания на исходном остановочном пункте сократиться

$$\frac{1}{\sum\limits_{k=1}^{K}\left[A_{i,j}^k+B_{i,j}^k\right]\mu_k}$$

Во-первых, оценим потери пассажира на исходном остановочном пункте

$$\frac{\left[\gamma_{i,j}-\gamma_{i,j}\,ln\left(p_{i,j}\right)\right]}{\sum\limits_{k=1}^{K}\left[A_{i,j}^k+B_{i,j}^k\right]\mu_k}+\beta \qquad (8)$$

Данные потери являются обязательными. В случае если подошло транспортное средство позволяющее добраться до места назначения без пересадки пассажир не несет дополнительных затрат. Если же будет выбрано перемещение с пересадкой, то дополнительные затраты составят

$$\frac{\left[\gamma_{i,j}-\gamma_{i,j}\,ln\left(p_{i,j}\right)\right]}{\sum\limits_{k=1}^{K}\sum\limits_{l=1}^{L_k}D_{i,j}^k\mu_k}+\beta \qquad (9)$$

Теперь уточним вероятности возникновения событий, то есть веса каждой формул (8) и (9) соответственно $\left(1-p_{i,j}\right)$

$$\frac{p_{i,j}\sum\limits_{k=1}^{K}B_{i,j}^k\mu_k}{\sum\limits_{k=1}^{K}\left[A_{i,j}^k+B_{i,j}^k\right]\mu_k}$$

Общие затраты потока перемещений

$$G_{i,j}\left(\left\{\mu_k\right\}_{k=\overline{1,K}},\left\{p_{i,j}\right\}_{\substack{i=\overline{1,N_k}\\ j=1,N}}\right)=$$

$$\frac{\left[\gamma_{i,j}+\gamma_{i,j}p_{i,j}\,ln\left(p_{i,j}\right)-\gamma_{i,j}p_{i,j}\right]}{\sum\limits_{k=1}^{K}A_{i,j}^k\mu_k}+\beta\left(1-p_{i,j}\right)+$$

$$+\frac{\left[p_{i,j}\gamma_{i,j}-p_{i,j}\gamma_{i,j}\,ln\left(p_{i,j}\right)\right]}{\sum\limits_{k=1}^{K}\left[A_{i,j}^k+B_{i,j}^k\right]\mu_k}+\beta p_{i,j}+$$

$$+\left(\frac{\left[\gamma_{i,j}-\gamma_{i,j}\,ln\left(p_{i,j}\right)\right]}{\sum\limits_{k=1}^{K}D_{i,j}^k\mu_k}+\beta\right)\times \qquad (10)$$

$$\times\left(\frac{p_{i,j}\sum\limits_{k=1}^{K}B_{i,j}^k\mu_k}{\sum\limits_{k=1}^{K}\left[A_{i,j}^k+B_{i,j}^k\right]\mu_k}\right)\to min$$

Важно рассчитать количество пассажиров, которое выигрывает оператор пассажирского транспорта. В первую очередь посчитаем количество перевезенных пассажиров между остановочными пунктами $i$ и $j$ маршрутом $m$, доставляющего пассажира до пункта назначения без пересадки:

$$\lambda_{i,j}\left(1-p_{i,j}\right)\frac{A_{i,j}^m\mu_m}{\sum\limits_{k=1}^{K}A_{i,j}^k\mu_k}+\lambda_{i,j}p_{i,j}\frac{A_{i,j}^m\mu_m}{\sum\limits_{k=1}^{K}\left[A_{i,j}^k+B_{i,j}^k\right]\mu_k} \qquad (11)$$

Количество пассажиров выбравших маршрут

$m$ для передвижения до пересадочного пункта

$$\lambda_{i,j} p_{i,j} \frac{B_{i,j}^m \mu_m}{\sum_{k=1}^{K} \left[A_{i,j}^k + B_{i,j}^k\right]\mu_k} \quad (12)$$

Количество пассажиров, выбравших маршрут $m$ для передвижения от пересадочного пункта до пункта назначения

$$\lambda_{i,j} p_{i,j} \frac{\sum_{k=1}^{K} B_{i,j}^k \mu_k D_{i,j}^m \mu_m}{\left(\sum_{k=1}^{K} D_{i,j}^k \mu_k\right)\sum_{k=1}^{K}\left[A_{i,j}^k + B_{i,j}^k\right]\mu_k} \quad (13)$$

Количество перевезенных пассажиров складывается из трех формул. Если маршрут осуществляет доставку до пересадочного пункта, то (11) и (13) нулевые, а выпуклость вверх (12) по $\mu_m$ очевидна. Остается рассмотреть случай, когда маршрут может выиграть пассажира при перевозке до места назначения (с пересадкой или без), тогда ненулевыми будут слагаемые (11, 13)

$$\frac{\lambda_{i,j} A_{i,j}^m \mu_m}{\sum_{k=1}^{K} A_{i,j}^k \mu_k}\left(1 - p_{i,j}\right) + \lambda_{i,j} p_{i,j} \frac{\lambda_{i,j} A_{i,j}^m \mu_m}{\sum_{k=1}^{K}\left[A_{i,j}^k + B_{i,j}^k\right]\mu_k} + \lambda_{i,j} p_{i,j} \frac{\sum_{k=1}^{K} B_{i,j}^k \mu_k D_{i,j}^m \mu_m}{\left(\sum_{k=1}^{K} D_{i,j}^k \mu_k\right)\sum_{k=1}^{K}\left[A_{i,j}^k + B_{i,j}^k\right]\mu_k} \quad (14)$$

Первое слагаемое (14) также выпукло вверх, поэтому проведем доказательство выпуклости суммы двух слагаемых, учитывая что $D_{i,j}^m = A_{i,j}^m = 1$ (опустим постоянную $\lambda_{i,j} p_{i,j}$

$$\frac{\lambda_{i,j} A_{i,j}^m \mu_m}{\sum_{k=1}^{K}\left[A_{i,j}^k + B_{i,j}^k\right]\mu_k} + \frac{\sum_{k=1}^{K} B_{i,j}^k \mu_k D_{i,j}^m \mu_m}{\left(\sum_{k=1}^{K} D_{i,j}^k \mu_k\right)\sum_{k=1}^{K}\left[A_{i,j}^k + B_{i,j}^k\right]\mu_k} = \frac{\mu_m \sum_{k=1}^{K}\left(D_{i,j}^k + B_{i,j}^k\right)\mu_k}{\left(\sum_{k=1}^{K} D_{i,j}^k \mu_k\right)\sum_{k=1}^{K}\left[A_{i,j}^k + B_{i,j}^k\right]\mu_k} =$$

$$= \frac{\mu_m + \sum_{k=1}^{K} B_{i,j}^k \mu_k}{\sum_{k=1}^{K}\left[A_{i,j}^k + B_{i,j}^k\right]\mu_k} + \frac{\mu_m - \sum_{k=1}^{K} D_{i,j}^k \mu_k}{\sum_{k=1}^{K} D_{i,j}^k \mu_k} \frac{\sum_{k=1}^{K} B_{i,j}^k \mu_k}{\sum_{k=1}^{K}\left[A_{i,j}^k + B_{i,j}^k\right]\mu_k} \quad (15)$$

Первое слагаемое (15) выпукло вверх, так как вторая производная

$$-\frac{2\sum_{k\neq m} B_{i,j}^k \mu_k}{\left(\sum_{k=1}^{K}\left[A_{i,j}^k + B_{i,j}^k\right]\mu_k\right)^3} \le 0$$

Второе слагаемое (15) также выпукло. Так как числитель не зависит от переменной, то несложными расчетами, получается доказать, то что вторая производная будет меньше нуля.

$$= -\sum_{k\neq m} D_{i,j}^k \mu_k \sum_{k=1}^{K} B_{i,j}^k \mu_k \times \frac{2\left(\sum_{k=1}^{K} A_{i,j}^k \mu_k\right)^2 + 2\left(\sum_{k=1}^{K} B_{i,j}^k \mu_k\right) + 2\left(\sum_{k=1}^{K} D_{i,j}^k \mu_k\right)^2}{\left(\sum_{k=1}^{K} D_{i,j}^k \mu_k \sum_{k=1}^{K}\left[A_{i,j}^k + B_{i,j}^k\right]\mu_k\right)^3} -$$

$$-\sum_{k\neq m} D_{i,j}^k \mu_k \sum_{k=1}^{K} B_{i,j}^k \mu_k \times 2 \cdot \left(\sum_{k=1}^{K} B_{i,j}^k \mu_k\right)\left(\sum_{k=1}^{K} D_{i,j}^k \mu_k\right) + \left(\sum_{k=1}^{K} D_{i,j}^k \mu_k\right) \times \left(\sum_{k=1}^{K} A_{i,j}^k \mu_k\right) + 2\left(\sum_{k=1}^{K} A_{i,j}^k \mu_k\right)\left(\sum_{k=1}^{K} B_{i,j}^k \mu_k\right) \le 0$$

$$\left(\sum_{k=1}^{K} D_{i,j}^k \mu_k \sum_{k=1}^{K}\left[A_{i,j}^k + B_{i,j}^k\right]\mu_k\right)^3$$

Количество перемещений с возможностью пересадки между пунктами $i$ и $j$ (6):

$$p_{i,j} = \gamma_{i,j} \exp\left\{-\frac{\beta\left[\sum_{k=1}^{K} A_{i,j}^k \mu_k\right]\left[\sum_{k=1}^{K} D_{i,j}^k \mu_k\right]}{\gamma_{i,j}\left(\sum_{k=1}^{K} D_{i,j}^k \mu_k - \sum_{k=1}^{K} A_{i,j}^k \mu_k\right)}\right\} \quad (16)$$

### 4. Ситуация равновесия на рынке городских пассажирских перевозок в случае перемещения с пересадками

В городских условиях существует множество пунктов возникновения потребности в перемещении и пунктов назначения. Также уровень жизни в районах города неоднороден. Очевидно, что интенсивность потоков транспортных средств, движущихся по каждому маршруту, не отрицательна:

$$\mu_k \ge 0, \quad k = \overline{1,K}. \quad (17)$$

Расходы населения (10) при перемещении между пунктами $i$ и $j$ является выпуклой функцией по $p_{ij}$:

$$G_{i,j}\left(\{\mu_k\}_{k=\overline{1,K}}, \{p_{i,j}\}_{\substack{i=\overline{1,N_k} \\ j=\overline{1,N}}}\right) \to min$$

Выигрыш или прибыль $m$ -го маршрута (доходы от оплаты пассажирами проезда минус расходы на перевозку) в единицу времени:

$$H_m\left(\{\mu_k\}_{k=\overline{1,K}}, \{p_{i,j}\}_{\substack{i=\overline{1,N_k} \\ j=\overline{1,N}}}\right) =$$

$$\sum_{i=1}^{N}\sum_{j=1}^{N}\lambda_{i,j}\left[\frac{A_{i,j}^m\mu_m\left(1-p_{i,j}\right)}{\sum\limits_{k=1}^{K}A_{i,j}^k\mu_k}+\frac{p_{i,j}\left(A_{i,j}^m+B_{i,j}^m\right)\mu_m}{\sum\limits_{k=1}^{K}\left[A_{i,j}^k+B_{i,j}^k\right]\mu_k}\right]+$$

$$\sum_{i=1}^{N}\sum_{j=1}^{N}\lambda_{i,j}p_{i,j}\frac{\sum\limits_{k=1}^{K}B_{i,j}^k\mu_k D_{i,j}^m\mu_m}{\left(\sum\limits_{k=1}^{K}D_{i,j}^k\mu_k\right)\sum\limits_{k=1}^{K}\left[A_{i,j}^k+B_{i,j}^k\right]\mu_k}$$

$$-\alpha_m\mu_m \to max \qquad (18)$$

Очевидно, (18) выпукла по стратегиям $m$-го маршрута $\mu_m$ . Маршруты работают независимо друг от друга, и каждое стремится максимизировать собственную прибыль, изменяя интервал движения транспортных средств на маршруте. Для этого построим игру

$$\Gamma\left\langle K+N^2, \{\mu_k\}_{k=\overline{1,K}}, \{p_{i,j}\}_{\substack{i=\overline{1,N_k} \\ j=\overline{1,N}}}, \{H_k\}_{k=\overline{1,K}}, \{-G_{i,j}\}_{\substack{i=\overline{1,N} \\ j=\overline{1,N}}}\right\rangle$$

Особое значение в таком случае приобретает ситуация равновесия по Нэшу [2], при которой каждому в отдельности предприятию не выгодно отклоняться, изменять интервалы движения на своих маршрутах.

Очевидно, что множество стратегий населения компактно –

$$p_{i,j} \in [0,1]. \qquad (19)$$

Интенсивность движения транспорта ограничено экономической целесообразностью. Например, доход от продажи билетов на всех маршрутах $\beta\sum\limits_{i=1}^{N}\sum\limits_{j=1}^{N}\lambda_{i,j}$. Расходы предприятия не могут быть больше доходов, поэтому.

$$\alpha_k\mu_k \le \beta\sum_{i=1}^{N}\sum_{j=1}^{N}\lambda_{i,j} \qquad (20)$$

Так как функции выигрыша выпуклы вниз по стратегиям каждого игрока и непрерывны (10, 18), а множество стратегий компактно (19, 20), то игра $\Gamma$ имеет точки равновесия по Нэшу в чистых стратегиях [2].

### 5. Заключение

Предложенная в данной статье математическая модель рынка городских пассажирских перевозок являются развитием [4, 5]. В модели учтен важный фактор – возможность пассажиром доехать до пункта назначения с пересадкой. Данное обобщение позволяет применять модели для решения задач оптимизации ГПТ в том числе и в городах. Теоретическую ценность представляет игровая модель рынка городских пассажирских перевозок, в которой доказано существование равновесия Нэша.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Hollander Y., Prashker J. N.* The Applicability of Non-Cooperative Game Theory in Transport Analysis // Transportation. – 2006. – V. 33. – № 5. – P. 481-496.

2. *Moulin, H. T*heorie des jeux pour l'economie et la politique. – Paris: Hermann, 1981. – P. 248.

3. *Артынов А.П., Скалецкий В.В.* Автоматизация процессов планирования и управления транспортными системами / М.: Наука, 1981. – 272 с.

4. *Корягин М.Е.* Конкуренция потоков общественного транспорта // Автоматика и телемеханика, 2008. – № 8. – С. 120-130.

5. *Корягин М.Е.* Конкуренция транспортных потоков // Автоматика и телемеханика, 2006. – № 3. – С. 143-152.

6. *Лигум Ю.С.* Автоматизированные системы управления технологическими процессами пассажирского автомобильного транспорта. – К.: Тэхника, 1989. – 239 с.

Авторы статьи:

Зварыч
Евгений Богданович
– старший преподаватель
каф. «Автомобили и автомобильное хозяйство» Новокузнецкого филиала КузГТУ. Тел. 384-2- 39-63-11.

Корягин
Марк Евгеньевич
– канд.техн. наук, доц. каф. автомобильных перевозок КузГТУ
Тел. 384-2- 39-63-11.