

І.В. Чумаченко, А.С. Галкін, Н.В. Давідіч, Є.І. Куш

Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова, Україна

ЗАКОНОМІРНОСТІ ФОРМУВАННЯ ПОТРЕБ У ПЕРЕСУВАННЯХ ПРИ РОЗРОБЦІ ПРОЄКТІВ ТРАНСПОРТНИХ СИСТЕМ МІСТ

Статтю присвячено вирішенню питань формалізації закономірностей формування потреб в пересуваннях при розробці проєктів транспортних систем міст, які розкривають вплив економічних та соціальних інтересів мешканців міст при виборі місць тяжіння. Виявлені закономірності описано відповідними моделями функції тяжіння робітників містоутворюючих підприємств. В якості незалежних змінних моделей виступають параметри організаційної структури вулично-дорожньої мережі міста, районів мешкання та прикладення праці, витрати мешканців міст на здійснення пересування.

Ключові слова: пересування, містоутворюючі підприємства, функція тяжіння, моделювання, проєкт, транспортна система.

Постановка проблеми

Розвиток транспортних систем міст є суттєвим важелем впливу та ефективним способом упорядкування існуючої міграції населення. Процеси глобалізації та, як наслідок, збільшення рівня автомобілізації призводять до значного зростання інтенсивності руху транспортних засобів. У зв'язку з цим виникає цілий спектр завдань, пов'язаних з розподілом пасажиропотоків між індивідуальним та громадським транспортом, вибором шляхів пересування, оцінки впливу вартості пересування на обсяги перевезень. Для їх рішення виникає необхідність більш адекватного врахування основних факторів, що впливають на формування цільових пересувань населення, пасажирських і транспортних потоків. Найбільш широке застосування для цього знайшли підходи, прийняті в моделях тяжіння і рівноваги. Ці моделі базуються на використанні функції тяжіння, яка визначає імовірність пересування між районами міста. Визначення найбільш адекватних функцій тяжіння дозволить підвищити точність оцінки взаємозалежності функціонування міських підсистем в рамках пропонованих проєктних рішень.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Зростання рівня автомобілізації і транспортної рухливості населення ускладнює процес проєктування транспортних систем і управління ними. Одним з актуальних завдань є розробка ефективних методів оцінки попиту на транспортні послуги, які дозволяють визначати поділ цього попиту між громадським та індивідуальним транспортом. Постійне оновлення інформації про попит на пересування

дозволяє підвищити ефективність управління транспортною системою і підвищити якість обслуговування мешканців міст [1]. Можливо виділити такі рівні транспортного планування: об'єктний, галузевий, комплексний транспортний і урбаністичний [2]. Для рішень на рівні транспортної системи доцільно використовувати останні два, які відносяться до всього міста на рівні його взаємовідносин з транспортом. На будь-якому етапі планування, оперативному чи перспективному, вихідною інформацією при проєктуванні або управлінні транспортною системою є дані про попит на пересування, який можливо формалізувати матрицею кореспонденцій [1, 3]. Наявність матриці кореспонденцій потрібна для організації функціонування транспортної системи, як у теперішній час, так і на прогнозований період. При обчисленні кореспонденцій в містах дослідники використовують три групи математичних моделей: детерміновані, імовірнісні й евристичні, а також можливі їхні сполучення [3, 4]. Однією з найбільш розповсюджених представників детермінованих моделей є гравітаційна, що описує кількість пересувань між транспортними районами з відомою їхньою ємністю по відправленнях і прибуттях [4, 5]. Ця модель представляється дослідниками в різних інтерпретаціях [3, 4, 6, 7]:

$$H_{ij} = H_{ai}^{r1} H_{nj}^{r2} d_{ij} K_2, \quad (1)$$

$$H_{ij} = H_{nj} \frac{K_{ik} H_{ai} d_{ij}}{\sum_{i=1}^N K_{ik} H_{ai} d_{ij}}, \quad (2)$$

де H_{ij} – кількість кореспонденцій з району i в район j ;

H_{6i} – кількість відправлень із району i чи ємність району по відправленню;

H_{nj} – кількість прибуття в район j , або ємність району j по прибуттю.

K_2 – масштабний коефіцієнт, що може бути представлений самостійно чи усередині функції тяжіння;

r_1, r_2 – емпіричні коефіцієнти;

d_{ij} – функція тяжіння між районами i і j ;

K_{ik} – калібрований множник, що нормує та дозволяє збалансувати суму відправлень у місті з кількістю прибуттів;

N – кількість районів міста.

У даних залежностях імовірність пересування населення в район j , яке виїжджає з району i , описується функцією тяжіння. Існуючі в даний час функції тяжіння пропонуються для всіх жителів міст незалежно від соціального складу міського населення і як параметра містять тільки час пересування [4]. Відмінність полягає лише у вигляді використовуваної функції. Одні дослідники описують її гіперболічною залежністю [3, 4]. Інші використовують експоненціальну модель [5]. Треті, роблять висновок, що найкращою апроксимацією функції тяжіння є функція EVA [1].

Однак, мешканці міст, що відносяться до різних груп населення, мають різні пріоритети при виборі місць тяжіння [3, 4]. Пересування населення в містах здійснюються з різною метою, а їх кількість залежить від належності мешканця до відповідної групи населення, категорії населеного пункту, індивідуальних особливостей та інших факторів. Основними групами міського населення являються: працівники містоутворюючих підприємств (30-35%); працівники обслуговуючих підприємств та закладів (15-20%); студенти вищих навчальних закладів, коледжів, середніх професійно-технічних училищ (5-10%); несамодіяльне населення: діти, пенсіонери, домогосподарки (35-50%) [8]. Внаслідок цього, функція тяжіння повинна бути сформована окремо для кожної групи самодіяльного населення міст.

Метою статті є формалізація закономірностей формування потреб в пересуваннях при розробці проектів транспортних систем міст за рахунок математичного опису функції тяжіння працівників містоутворюючих підприємств з урахуванням, окрім часу пересування, параметрів районів з прибуття і відправлення, організаційної структури вулично-дорожньої мережі міста та соціально-економічного стану суспільства.

Виклад основного матеріалу

Вибір виду функції тяжіння доцільно проводити на підставі аналізу факторів, які впливають на формування потреб в пересуваннях. Для міст існують загальні умови розподілення кореспонденцій,

що залежать від витрат часу на пересування та співвідношення чисельності економічно активного населення, місць прикладення праці у кожному районі міста [8]. На першому етапі дослідження було обґрунтовано фактори, які можуть впливати на вигляд функції тяжіння. У кожному своєму одиничному прояві розселення регулюється можливістю обирати або місце тяжіння, або місце мешкання. Фактично картина розселення населення територією міста в цілому залежить від низки соціальних та містобудівних факторів, дія яких стохастично проявляється у закономірностях міського розселення [1]. Внаслідок цього, в загальному вигляді функція тяжіння при трудових міжрайонних пересуваннях може бути формалізована так:

$$d^{mm}_{ij} = f(M, E, P), \quad (3)$$

де d^{mm}_{ij} – функція тяжіння між i -м районом відправлення та j -м районом прибуття для трудових міжрайонних пересувань;

M – група параметрів містобудівної структури міста;

E – група соціально-економічних параметрів;

P – група параметрів районів міста.

Параметри містобудівної структури міста описують особливості вулично-дорожньої мережі та дальність пересування.

Параметри районів міста описують прагнення мешканців здійснювати пересування з районів, в яких кількість місць прикладення праці менше, ніж в інших районах.

Соціально-економічні параметри оцінюють витрати грошових коштів мешканців міст на здійснення пересування і доцільність зміни місця мешкання по відношенню до місця прикладення праці.

Для внутрішньорайонних культурно-побутових пересувань функція тяжіння в загальному вигляді може бути формалізована так:

$$d^{6k}_{ij} = f(T, B, III), \quad (4)$$

де d^{6k}_{ij} – функція тяжіння між i -м мікрорайоном відправлення та j -м закладом торгівлі для внутрішньорайонних культурно-побутових пересувань;

T – група параметрів, що характеризує якість торгівельного обслуговування закладів торгівлі у районі міста;

B – група вартісних параметрів, що характеризує заклади торгівлі у районі міста;

III – група параметрів, що характеризує шляхи пересування до закладів торгівлі.

Параметри якості торгівельного обслуговування описують умови, що визначають вибір мешканцями району місця виконання закупівель.

Вартісні параметри, що формуються на підставі витрат на доставку вантажів в систему розподілення, описують прагнення мешканців виконувати покупки у конкретних закладах торгівлі.

Параметри шляхів пересування визначають доступність закладів торгівлі в районі.

На наступному етапі дослідження було розглянуто закономірності зміни функції тяжіння при трудових міжрайонних пересуваннях. Складові груп параметрів, які впливають на зміну функції тяжіння, наведено на рис. 1.



Рис. 1. Параметри, що впливають на вибір населенням міст місць тяжіння

Вхідні дані, які необхідні для визначення функції тяжіння працівників містоутворюючих підприємств, було отримано при проведенні натурних досліджень анкетним методом серед працівників міста Харкова. В розробленій анкеті фіксувалися місце прикладання праці і мешкання працівників, маршрут пересування, вид транспорту, вартість проїзду та середньомісячні доходи на одного члена сім'ї.

При обробці анкет визначалися райони відправлення та прибуття відповідно до місць мешкання працівників та їх місць прикладання праці на підставі спеціально розробленої топологічної схеми міста Харкова. На наступному етапі визначалися значення функції тяжіння працівників містоутворюючих підприємств між районами i та j (d_{ij}^v), відстані від району мешкання i до району прикладання праці j (l_{ij}), часу пересування між районами i та j (tn_{ij}), відношення вартості пересування між районами i та j до середньої заробітної плати в місті (S_{ij}/Zsr), відношення віддаленості району мешкання i від центру міста до середньої віддаленості районів міста від центру (Lr_i/Ls), відношення середнього

доходу на одного члена родини мешканця району i до середньої заробітної плати в місті (D_i/Zsr), відношення вартості одного квадратного метру житла в районі мешкання i до середньої зарплати в місті (Zz_i/Zsr), відношення вартості одного квадратного метру житла в районі прикладання праці j до середньої зарплати в місті (Zr_j/Zsr), кількість місць прикладання праці в районі мешкання i ($Qr.z.i$), кількість мешканців в районі мешкання i ($Qz.z.i$), кількість місць прикладання праці в районі прикладання праці j ($Qr.r.j$), кількість мешканців в районі прикладання праці j ($Qz.r.j$). Приклад результатів обчислення даних наведено в табл. 1

Таким чином, після проведення натурального обстеження і обробки його результатів було сформовано матрицю вхідних даних. Перший етап дослідження складався з аналізу впливу кожного з раніше визначених факторів на зміну функції тяжіння працівників містоутворюючих підприємств. Для цього виконувався математичний опис графіків залежності між досліджуваними параметрами, що обґрунтовується необхідністю рейтингової оцінки величини впливу окремих факторів [10].

Математичний опис зміни функції тяжіння працівників містоутворюючих підприємств проводився на основі використання методів кореляційного і регресійного аналізу [11]. Значення коефіцієнтів

регресії розраховувались за методом найменших квадратів [12, 13]. Параметри моделі визначалися з використанням відповідних методів статистики [14].

Таблиця 1

Приклад первинної обробки дослідних даних

| d_{ij}^n | l_{ij} | tn_{ij} | $\frac{S_{ij}}{Zsr}$ | $\frac{Lr_i}{Lrs}$ | $\frac{D_i}{Zsr}$ | $\frac{Zz_i}{Zsr}$ | $\frac{Zr_j}{Zsr}$ | $Qr.z_i$ | $Qz.z_i$ | $Qr.r_j$ | $Qz.r_j$ |
|------------|----------|-----------|----------------------|--------------------|-------------------|--------------------|--------------------|----------|----------|----------|----------|
| 0,04 | 6,05 | 15 | 0,0012 | 1,132 | 0,672 | 2,789 | 3,771 | 8700 | 10205 | 30783 | 23463 |
| 0,017 | 15,4 | 54 | 0,0018 | 1,24 | 1,706 | 3,599 | 3,805 | 8700 | 10205 | 17801 | 27552 |
| 0,023 | 10,24 | 46 | 0,0013 | 1,07 | 1,14 | 4,23 | 3,125 | 18737 | 20992 | 31786 | 44432 |
| 0,034 | 12 | 61 | 0,0016 | 1,057 | 1,333 | 3,379 | 2,536 | 21749 | 35278 | 25783 | 24453 |
| 0,029 | 16 | 75 | 0,0019 | 1,132 | 1,778 | 3,379 | 3,764 | 13049 | 48107 | 34673 | 43567 |
| ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| 0,046 | 3,2 | 33 | 0,0011 | 1,25 | 0,35 | 4,49 | 2,732 | 12046 | 4082 | 23527 | 36534 |
| 0,006 | 12,4 | 70 | 0,0013 | 1,088 | 1,378 | 3,878 | 3,775 | 3747 | 41547 | 32587 | 42566 |
| 0,029 | 14 | 59 | 0,003 | 1,189 | 1,556 | 3,601 | 3,342 | 4216 | 44900 | 29837 | 41232 |
| 0,017 | 20,1 | 90 | 0,0023 | 1,31 | 2,233 | 3,47 | 3,805 | 12046 | 6123 | 18865 | 25765 |
| 0,003 | 7,2 | 17 | 0,0008 | 0,66 | 0,8 | 3,601 | 4,102 | 7027 | 19680 | 16532 | 22687 |

Значущість факторів, що входять до моделі, визначалося з використанням критерію Ст'юдента [11]. Інформаційна здатність моделі визначалася критерієм Фішера [15]. Для визначення тісноти зв'язку між залежною змінною і факторами, що впливають на її значення, використовувався коефіцієнт кореляції [11]. Вплив неврахованих факторів оцінювався коефіцієнтом детермінації [11].

Графічне зображення експериментальних точок зміни функції тяжіння працівників містоутворюючих підприємств в залежності від відстані від місця мешкання до місця прикладання праці приведено на рис. 2.

На наступному етапі отриману залежність було описано моделлю, яка представлена в табл. 2. Аналогічним чином було проаналізовано графіки зміни

функції тяжіння в залежності від інших параметрів, що впливають на вибір мешканцями міст місць тяжіння, та розроблено відповідні моделі (табл. 2).

Дані моделі мають досить високу інформаційну здатність, так як розрахункове значення критерію Фішера кожної моделі перевищує табличне. В моделях впливу tn_{ij} , S_{ij}/Zsr , Lr_i/Ls , $Qr.r.$, $Qz.z_i$ на залежну змінну спостерігається відносно висока ступінь кореляції між досліджуваним параметром і складовими моделями. В моделях впливу $Qr.z_i$, $Qz.r_j$ на функцію тяжіння спостерігається помітна ступінь кореляції. В інших моделях ступінь кореляції помірний. Величина коефіцієнта детермінації розроблених моделей свідчить про значний вплив на досліджувані параметри чинників, що ще не враховані в моделях.

На основі аналізу отриманих однофакторних моделей було зроблено такі висновки.

Збільшення значень параметрів містобудівної структури міста, а саме відстані від району мешкання до району прикладання праці, часу пересування, відношення віддаленості району мешкання від центру міста до середньої віддаленості районів міста від центру зменшує значення функції тяжіння. Аналогічним чином на цю функцію впливає значення соціально-економічного параметру відношення вартості пересування до середньої заробітної в місті. Це обумовлено тим, що ці параметри визначають труднощі у пересуванні, що зворотно-пропорційно впливає на функцію тяжіння.

Аналогічним чином впливають на значення функції тяжіння збільшення значень такого соціаль-

но-економічного параметру, як відношення ціни на один квадратний метр житла у районі мешкання до середньої заробітної плати у місті. Цей параметр визначає престижність району мешкання. Мешканці престижних районів, як правило, неохоче з них виїжджають.

Також зменшує значення функції тяжіння збільшення таких параметрів районів міста, як кількість місць прикладання праці у районі мешкання та кількість мешканців у районі прикладання праці. Дані параметри впливають на імовірність отримання роботи в цих районах. Зі збільшенням імовірності отримання роботи у районі мешкання та зменшення цієї імовірності у районі прикладання праці зменшується привабливість для мешканців району виїжджати з нього.

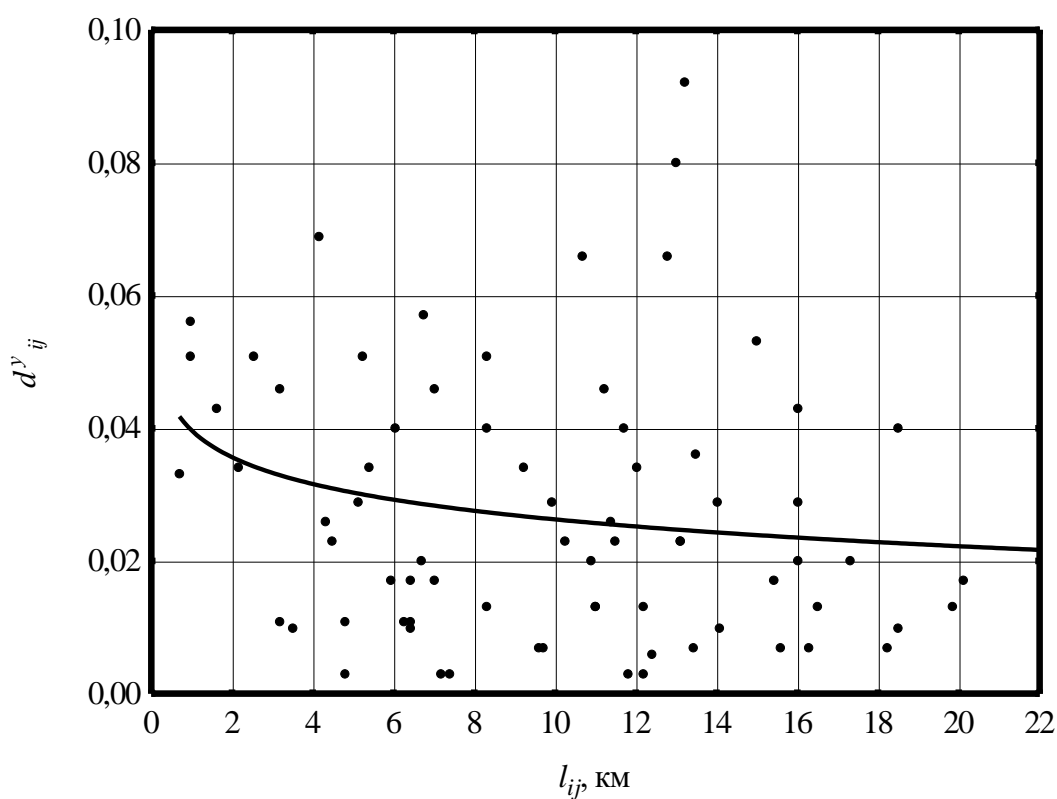


Рис. 2. Графік зміни функції тяжіння працівників містоутворюючих підприємств в залежності від відстані від місця мешкання до місця прикладання праці

Збільшення таких соціально-економічних параметрів, як відношення середньомісячного доходу на одного члена родини до середньої заробітної плати у місті та відношення вартості одного квадратного метру житла у районі прикладання праці до середньої заробітної плати призводить до аналогічної зміни функції тяжіння. Мешканець міста з більшим прибутком буде обирати вид транспорту з меншим часом пересування та можливо вищою вартістю, у той же час людина з меншим доходом не зможе дозволити собі зайві витрати. При збільшенні вартості житла є більше можливостей його прид-

бання та зміни місця мешкання відносно місця прикладання праці.

Також збільшує значення функції тяжіння зростання таких параметрів районів міста: кількість мешканців у районі мешкання, кількість місць прикладання праці у районі призначення. За великої кількості мешканців у районі мешкання буде складніше знайти роботу і тому люди будуть вимушені робити переміщення до районів з меншою кількістю жителів буде менше та з більшою кількістю місць прикладання праці.

Характеристики моделей зміни функції тяжіння працівників містоутворюючих підприємств

| Параметр, одиниці виміру | Вид моделі | Коефіцієнт кореляції | Коефіцієнт детермінації | Критерій Фішера | |
|---|---|----------------------|-------------------------|-----------------|-----------|
| | | | | розрахунковий | табличний |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| Відстань від району мешкання i до району прикладання праці j , км. | $d_{ij}^y = \exp\left(-4,057 + \frac{0,86}{l_{ij}}\right)$ | 0,45 | 0,21 | 18,7 | 1,25 |
| Час пересування між районами i та j , хв. | $d_{ij}^y = 0,024 + \frac{0,58}{m_{ij}}$ | 0,72 | 0,52 | 79,1 | 1,25 |
| Відношення вартості пересування між районами i та j до середньої заробітної плати в місті | $d_{ij}^y = 0,047 - 0,33 \cdot \sqrt{\frac{S_{ij}}{Zsr}}$ | 0,71 | 0,51 | 42,3 | 1,25 |
| Відношення віддаленості району мешкання i від центру міста до середньої віддаленості районів міста від центру | $d_{ij}^y = 0,023 + \frac{0,026}{(Lr_i / Lrs)}$ | 0,74 | 0,55 | 88,3 | 1,25 |
| Відношення середнього доходу на одного члена родини мешканця району i до середньої заробітної плати в місті | $d_{ij}^y = \exp\left(\frac{(-4,647 + 0,97 \cdot \frac{D_i}{Zsr})}{(1 + \exp(-4,647 + 0,97 \cdot \frac{D_i}{Zsr}))}\right)$ | 0,58 | 0,34 | 18,7 | 1,25 |
| Відношення вартості одного квадратного метру житла в районі мешкання i до середньої зарплати в місті | $d_{ij}^y = 0,08 - 0,05 \cdot \ln\left(\frac{Zz_i}{Zsr}\right)$ | 0,32 | 0,1 | 6,24 | 1,25 |
| Відношення вартості одного квадратного метру житла в районі прикладання праці j до середньої зарплати в місті | $d_{ij}^y = 0,264 + 0,217 \cdot \ln\left(\frac{Zr_i}{Zsr}\right)$ | 0,34 | 0,12 | 9,03 | 1,25 |
| Кількість місць прикладання праці в районі мешкання i , од. | $d_{ij}^y = 0,2 - 0,017 \cdot \log(Qr.z_i)$ | 0,56 | 0,32 | 13,9 | 1,25 |
| Кількість мешканців в районі мешкання i , чол. | $d_{ij}^y = 0,016 + 0,00000047 \cdot Qz.z_i$ | 0,79 | 0,63 | 88,3 | 1,25 |
| Кількість місць прикладання праці в районі прикладання праці j , од. | $d_{ij}^y = -0,19 + 0,02 \cdot \log(Qr.r_j)$ | 0,75 | 0,32 | 30,1 | 1,25 |
| Кількість мешканців в районі прикладання праці j , чол. | $d_{ij}^y = -0,00349699 + \left(\frac{752,039}{Qr.r_j}\right)$ | 0,52 | 0,27 | 11,6 | 1,25 |

Висновки

Отримані моделі відображають тенденцію впливу параметрів містобудівної структури міста, соціально-економічних параметрів та параметрів районів міста на функцію тяжіння працівників містоутворюючих підприємств. Проте, використовувати ці моделі при формалізації матриці кореспонденцій мешканців міст не є можливим внаслідок недостатньо великих коефіцієнтів кореляції. Ці моделі описують залежність функції тяжіння від одного фактору. Насправді ці фактори чинять сумісний вплив. Описати зміну цього показника залежно від вище перелічених параметрів можливо з використанням методу множинної кореляції. Виходячи з значень коефіцієнтів кореляції і детермінації найбільш суттєвий вплив на значення функції тяжіння роблять час пересування між районами мешкання та прикладення праці, відношення віддаленості району відправлення від центру міста до середньої віддаленості районів міста від центру, кількість мешканців в районі мешкання, кількість місць прикладення праці в районі прикладення праці, відношення вартості пересування між районами мешкання та прикладення праці до середньої зарплати в місті. Ці параметри доцільно враховувати в багатofакторній моделі зміни функції тяжіння працівників містоутворюючих підприємств. Крім цього, можливим є врахування техніко-експлуатаційних показників транспортної системи, що можуть значно відрізнятися на маршрутах міського пасажирського транспорту та маршрутах руху індивідуального транспорту.

Література

1. Шаров, М. И. Совершенствование методов оценки транспортного спроса на перевозки городским пассажирским транспортом [Текст] / М. И. Шаров. Автореф. дисс. на соиск. уч. степени канд. техн. наук.: 05.22.10 / М. И. Шаров. – Иркутск: ИТТУ. – 2008. – 19 с.
2. Vukan R. Vuchic. (1999) Transportation for livable cities / Center for Urban Policy Research (CUPR Press), 352.
3. Ефремов, И. С. Теория городских пассажирских перевозок: учеб. пособие для вузов [Текст] / И. С. Ефремов, В. М. Кобозев, В. А. Юдин. – М.: Высш. школа, 1980. – 535 с.
4. Доля, В. К. Пасажирські перевезення [Текст] / В. К. Доля. – Харків: Форт. – 2011. – 504 с.
5. Федоров, В. П. Транспортная система центра крупного города. Анализ с помощью методов математического моделирования [Текст] / В. П. Федоров, Н. В. Булычева, Л. А. Лосин, О. М. Пахомова // Управление развитием территории. – 2009. – № 4. – С. 18 – 25.
6. Лежнева, О. И. Организация перевозень пассажиров в мiстах [Текст] / Лежнева О. И. – Х.: Точка, 2010. – 311 с.
7. Лобашов, А. О. О влиянии парковочной сети на распределение транспортных потоков в городах [Текст] / А. О. Лобашов, А. В. Прасоленко // Коммунальное хозяйство городов: науч. тех. сб. – К.: Техніка, 2004. – Вып. 55. – С. 142 – 147.

8. Кузнецов, Е. П. Техника и технологии отраслей городского хозяйства [Текст] / Е. П. Кузнецов, А. М. Дыбов, Н. М. Сутырин. – СПб.: СПбГИЭУ, 2005. – 494 с.
9. Спири́н, И. В. Перевозка пассажиров городским транспортом [Текст] / И. В. Спири́н. – М.: Академкнига, 2004. – 413 с.
10. Давидич, Ю. А. Теоретические основы эргономического обеспечения автотранспортных технологических процессов: дисс. докт. техн. наук: 05.22.01, 05.01.04. [Текст] / Ю. А. Давидич. – Харьков : ХНАГХ, 2007. – 478 с.
11. Галушко, В. Г. Вероятностно–статистические методы на автотранспорте [Текст] / В. Г. Галушко. – Киев: Вища школа, 1976. – 232 с.
12. Френкель, А. А. Многофакторные корреляционные модели производительности труда [Текст] / Френкель А. А. – М.: Экономика, 1966. – 96 с.
13. Дрейнер, Н. Прикладной регрессионный анализ [Текст] / Н. Дрейнер, Г. Смит. – М.: Статистика, 1973. – 392 с.
14. Завадский, Ю. В. Решение задач автомобильного транспорта и дорожно-строительных машин с помощью регрессионного анализа [Текст] / Завадский Ю. В. – М.: МАДИ, 1981. – 11 с.
15. Завадский, Ю. В. Планирование эксперимента в задачах автомобильного транспорта [Текст] / Завадский Ю. В. – М.: МАДИ, 1978. – 156 с.

References

1. Sharov, M. I. (2008) Perfection of methods of estimation of transport demand for transportation by urban passenger transport. Author's abstract. diss to soup. Student degree Candidate tech Sciences : 05.22.10, 19.
2. Vukan R. Vuchic. (1999) Transportation for livable cities / Center for Urban Policy Research (CUPR Press), 352.
3. Efremov, I. S., Kobozev, V. M., Yudin, V. A. (1980) The theory of urban passenger transportation, 535.
4. Dolya, V.K. (2011) Passenger transportation, 504.
5. Fedorov, V.P., Bulycheva, N. V., Losin, L. A., Pakhomova, O. M. (2009) Transport system of the center of a large city. Analysis using the methods of mathematical modeling. *Managing the development of a territory*, 4, 18-25.
6. Lezhneva, O. I. (2010) Organizing the transportation of passengers in m_stakh, 311.
7. Lobashov, A.O., Prasolenko, A.V. (2004) On the influence of the parking network on the distribution of traffic in cities. *Utilities of cities*, 55, 142-147.
8. Kuznetsov, E. P., Dybov, A. M., Sutyurin, N. M. (2005) Technique and Technology of Urban Economy Branches, 494.
9. Spirin, I. V. (2004) Transportation of passengers by urban transport, 413.
10. Davidich, Yu. A. (2007) Theoretical foundations of ergonomic support of motor technological processes, 2007.
11. Galushko, V. G. (1976) Probabilistic – statistical methods on motor transport, 232.
12. Frenkel, A. A. (1966) Multifactor correlation models of labor productivity, 96.
13. Dreiner, N. (1973) Applied regression analysis, 392.
14. Zavadsky, Yu. V. (1981) Solving the problems of automobile transport and road-building machines using regression analysis, 11.

15. Zavadsky, Yu. V. (1978) Planning of the experiment in the problems of automobile transport, 156.

Рецензент: д-р техн. наук, проф. Ю. О. Давідіч, Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова, Харків, Україна

Автор: ЧУМАЧЕНКО Ігор Володимирович
доктор технічних наук, професор
Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова
E-mail – ptkaf@kname.edu.ua

Автор: ГАЛКІН Андрій Сергійович
кандидат технічних наук, доцент
Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова
E-mail – Galkin.tsl@gmail.com
ID ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-3505-6170>

Автор: ДАВІДІЧ Наталія Василівна
кандидат технічних наук
Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова
E-mail – ptkaf@kname.edu.ua
ID ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-7799-2122>

Автор: КУШ Євген Іванович
кандидат технічних наук
Харківський національний університет міського господарства імені О.М. Бекетова
E-mail – yevhen.kush@gmail.com

PATTERNS OF MOBILITY NEEDS FORMATION IN DEVELOPING URBAN TRANSPORT SYSTEMS PROJECTS

I. Chumachenko, A. Galkin, N. Davidich, E. Kush

O. M. Beketov National University of Urban Economy in Kharkiv, Ukraine

The article is devoted to the solution of the issues of formalizing the patterns of the formation of needs for movement in the development of projects of urban transport systems.

The existing functions of the city are developed for all urban residents, regardless of the social composition of the urban population, and contain only movement time as a parameter. It is proposed to use the parameters of the organizational structure of the city's road network, areas of residence and the application of labor, the costs of urban residents in the implementation of the movement in determining the function of the city.

On the basis of the field survey data, the effects of each of the identified factors on the change in the function of the urban-forming enterprises were analyzed. For this purpose, mathematical descriptions of graphs of dependencies between the parameters studied were used.

The revealed patterns are described by the corresponding models of the function of the workers of the urban-forming enterprises. Their use allows determining trends in the O-D matrix of passengers and individual transport in projects of urban transport systems.

Based on the values of the correlation and determination coefficients, the most significant influence on the value of the function is the time of movement between areas of residence and application of labor, the ratio of remoteness of the origin area of departure on the city core to the average distance of areas to the core, the number of residents in the area of residence, the ratio of movement between areas of residence and application of labor to the average income of a urban resident.

Keywords: movement, urban-forming enterprises, the gravitation function, modeling, design, transport system.