

## **КАЛІБРУВАННЯ ТРАНСПОРТНОЇ МОДЕЛІ**

*В статті показаний підхід до калібровки транспортної моделі міста. Вказана послідовність і параметри для калібрування. Наведено основні показники якості моделі.*

*Ключові слова: транспортна модель, матриця кореспонденцій, якість моделі, калібрування моделі.*

**Вступ.** Найбільш важливим етапом розробки транспортної моделі міста є її калібрування. Процес калібрування представляє собою виконання розрахунку на транспортній моделі, що відображає поточну транспортну ситуацію на ВДМ міста, порівняння результатів з даними, отриманими при проведенні натурних обстежень транспортних потоків і, при виявленні розбіжностей, визначення та усунення їх причин. Даний процес є основним при створенні транспортних моделей.

### **Етапи і послідовність калібровки транспортної моделі**

Підходи до процесу підвищення якості транспортних моделей можна віднести до двох складових транспортної моделі:

- транспортний попит;
- транспортна пропозиція.

У кожній групі верифікуються і калібруються послідовно глобальні та локальні параметри, тобто параметри, характерні для всього об'єкта моделювання, і параметри, розподілені в просторі.

Виділяють наступні етапи підвищення якості транспортної моделі [1]:

- Верифікація (Verification)

---

<sup>6</sup> © Беспалов Д.О., Дорош М.І., Новицький Д.Б.

## **Проблеми розвитку міського середовища. Вип.1(17) 2017**

Мета етапу верифікації моделі полягає в перевірці правильності структури (логіки) моделі. На даному етапі виконується перевірка, відповідності отриманих результатів розрахунку моделі, набору вхідних параметрів, наскільки очікувані отримані результати.

### **- Валідація (Validation)**

Мета етапу валідації моделі - порівняння даних, отриманих з натурних обстежень, із розрахунковими даними. За допомогою стандартних статистичних показників, наприклад, коефіцієнт кореляції, коефіцієнт детермінації, середньоквадратичного відхилення, середньої відносної помилки та ін. Визначається якість результатів розрахунку транспортної моделі.

### **- Калібрування (Calibration)**

Мета етапу калібрування моделі – домогтися ідентичності розрахункових і натурних характеристик функціонування транспортної системи міста. Калібровка визначається як процес відбору кращого набору параметрів моделі.

Калібрування проводиться на кожному кроці чотирьохкрокової транспортної моделі (рис.1) [4]:

- калібрування середньорічного добового утворення транспортних потоків по шарам попиту (кількість відправлень і прибуттів по районах і шарам попиту);

- калібрування середньорічного добового розподілу і вибору режиму транспортних потоків по шарам попиту (розподілу дальності і часу в дорозі по шарам попиту);

- калібрування середньорічного добового перерозподілу індивідуального та громадського транспорту (вибір шляхів і відносини навантаження між конкуруючими ділянками мережі);

- калібрування розподілу і вибору режиму по окремих часових горизонтах (годинні, пікові, дні тижня, пори року);

- калібрування перерозподілу індивідуального та громадського транспорту по окремих часових горизонтах (годинні, пікові, дні тижня, пори року).

## Проблеми розвитку міського середовища. Вип.1(17) 2017

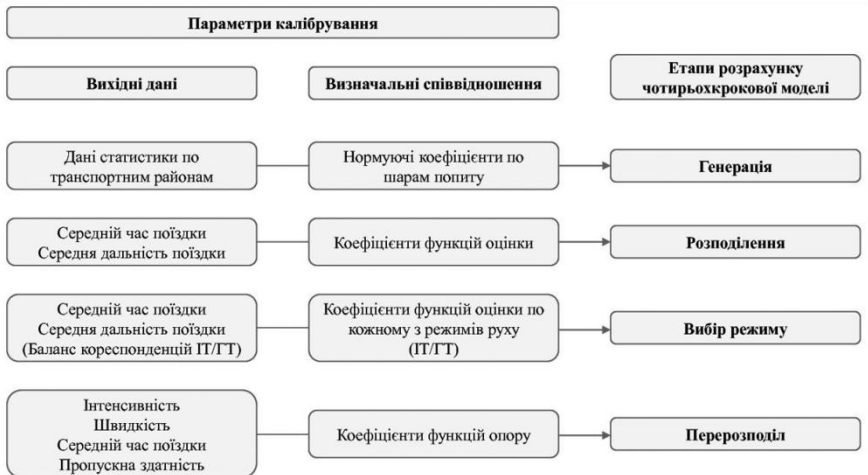


Рис. 1 Структура і послідовність заходів з калібрування транспортної моделі

Для наочності дій на етапі калібрування необхідно змінювати тільки один параметр і перевіряти його вплив на результати розрахунку моделі. Якщо під час калібрування на один і той же об'єкт впливають кілька параметрів, необхідно проводити кілька випробувань і вибрати оптимальний набір значень параметрів.

### **Порівняння результатів розрахунку з результатами спостереження**

Після введення вихідних даних в транспортну модель (ОДР, соціально-економічні показники по всій зоні моделювання і т.д.) і розрахунку транспортного попиту проводиться перевірка результатів розрахунку транспортної моделі і визначається, наскільки точно транспортна модель відображає спостережувану ситуацію по величинам інтенсивностей транспортних потоків і за умовами руху.

Виділяють декілька підходів при перевірці роботи моделі, один із них полягає в оцінці загального розподілу часових витрат при реалізації транспортного попиту, другий – оцінці витрат часу між довільними точками міста ( 3.1, 3.2).

**Оцінка загального розподілу часових витрат при реалізації транспортного попиту**

Даний підхід дозволяє оцінити, як розподіляється обсяг транспортного попиту по інтервалах часових витрат. В результаті будуть отримані гістограма і таблиця розподілу часток загального обсягу транспортного попиту по часових інтервалах. На рис.2 зображено, як розподіляється транспортний попит ІТ по часових інтервалах 0-20 хв, 20-40 хв, 40-60 хв і 60-80 хв. Вісь абсцис на даній гістограмі – час здійснення кореспонденцій, вісь ординат - частка обсягу кореспонденцій, що здійснюються в заданий проміжок часу.

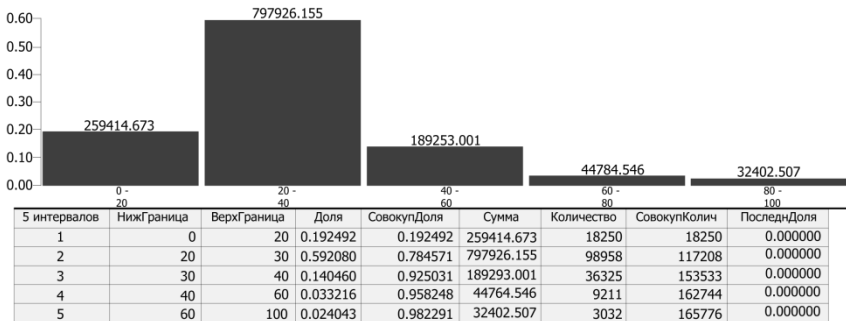


Рис.2 Гістограма розподілу матриці кореспонденцій за часом їх реалізації на індивідуальному транспорті

Матриця, яка аналізується є сумарною для всіх шарів попиту. Для кращого розуміння подібних особливостей рекомендується проводити подібний аналіз для кожного з шарів попиту окремо (рис.3).

У разі виявлених в результаті аналізу невідповідностей потрібно в першу чергу перевірити параметри функцій оцінки і розподіл джерел і цілей транспортних кореспонденцій - розселення жителів, працюючих, студентів, дислокацію робочих місць і робочих місць в сфері послуг, навчальних місць. Також в деяких випадках варто уточнити вид функцій обмеження пропускнуої спроможності (Capacity restraint, CR - функцій) як для відрізків, так і для вузлів.

Таким чином, запропонований метод аналізу розподілу транспортного попиту по часових інтервалах дозволяє проводити

## Проблеми розвитку міського середовища. Вип.1(17) 2017

глибокий аналіз, як якості розрахунку транспортного попиту, так і безпосередньо структури транспортного попиту [2].

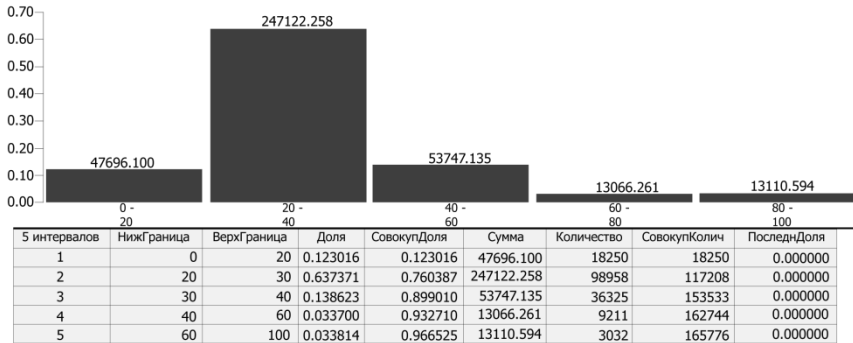


Рис.3 Гістограма розподілу матриці кореспонденцій за часом їх реалізації по шару попиту Дім-Робота на індивідуальному транспорті

### **Оцінка витрат часу між довільними точками міста**

Після проведення аналізу розподілу транспортного попиту по часових інтервалах зазвичай уточнюють параметри функцій розподілу, а також, в разі необхідності, коректність введеного розподілу джерел і цілей транспортних кореспонденцій - розселення жителів, трудящих, студентів, дислокації робочих місць і робочих місць в сфері послуг, навчальних місць.

Однак помилки при розподілі транспортного попиту по часових інтервалах також можуть бути пов'язані з неточністю параметрів використовуваних функцій обмеження пропускної спроможності. Для уточнення виду і параметрів функцій обмеження пропускної спроможності рекомендується використовувати метод оцінки витрат часу між контрольними точками.

Суть методу полягає в тому, що провівши аналіз розрахункових значень часових витрат між довільними транспортними районами і порівняння їх з натурними, можна визначити, на яких ділянках мережі витрати на переміщення завищені або занижені в порівнянні із спостережуваними (рис.4).

## Проблеми розвитку міського середовища. Вип.1(17) 2017

Число: 18623	№РайонаИс	№РайонаЦели	Индекс	Нарп(ГА)	Нарп(ПА)	t0	v0	tАкт	vАкт	Снарп(ГА)	Снарп(ПА)	Длина
4174	111	134	1	38.947	0.107	6min 28s	11km/h	12min 17s	8km/h	73716	73716	1.230km
4175	111	134	2	739.996	2.027	9min	11km/h	12min 23s	8km/h	74305	74305	1.659km
4176	111	134	3	38.947	0.107	10min 22s	11km/h	15min 12s	7km/h	91164	91164	1.816km
4177	111	134	4	2843.141	7.789	6min 37s	11km/h	12min 17s	9km/h	73711	73711	1.222km
4178	111	134	5	739.996	2.027	8min 52s	10km/h	12min 23s	7km/h	74315	74315	1.535km
4179	111	134	6	3349.454	9.177	6min 45s	12km/h	12min 17s	7km/h	73701	73701	1.349km
4180	111	134	7	38.947	0.107	8min 43s	11km/h	12min 23s	7km/h	74320	74320	1.543km
4181	111	135	1	2982.585	8.171	6min 25s	42km/h	14min 47s	18km/h	88696	88696	4.440km

Рис.4 Вікно списку шляхів індивідуального транспорту в PTV VISUM

На наведеному рисунку видно, що між цими районами 111 і 134 існує 7 навантажених шляхів. Для кожного з шляхів виведена основна інформація – довжина, час і швидкість в незавантаженій мережі ( $t_0$  і  $v_0$ ), а також актуальні час і швидкість шляху. Порівнявши розраховані значення актуального часу і швидкості шляхів з натурними значеннями, можна зробити висновки про адекватність параметрів CR функцій. Такий аналіз рекомендується проводити для різних точок, що знаходяться на різних відстанях, в різних районах міста, з тим щоб виділити можливі невідповідності на різних ділянках ВДМ.

Варто зазначити, що такий метод аналізу дозволяє також виявляти можливі помилки в транспортній пропозиції, тому що неадекватні значення часу в дорозі можуть бути викликані не тільки невірними параметрами CR - функцій, але і помилками в параметрах окремих відрізків і перехресть. Так, може бути закрито рух на окремих відрізках або поворотах або не введені необхідні параметри.

### **Параметри для калібровки транспортної моделі**

При виконанні етапу калібрування транспортної моделі можна виділити основні місця калібрування і виконувати над ними дії.

Можна розрізнити дві зони впливу змінних параметрів транспортної моделі – локальний і глобальний вплив. Локальний – при зміні параметра калібрування відбувається вплив тільки на локальні зони (конкретна планувальна зона, транспортний або адміністративні райони, вузли та відрізки графа). Глобальний – вплив на весь розрахунковий процес по всій зоні моделювання.

Узагальнивши всі можливі підходи до калібрування транспортної пропозиції та транспортного попиту виділимо наступні елементи (табл.1).

**Об'єкти калібровки транспортної моделі**

Елемент калібровки	Параметр калібровки	Локальний	Глобальний
Транспортна пропозиція	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Типи відрізків:                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- Ранг (головна, другорядна дорога, вулиця);</li> <li>- Пропускна спроможність;</li> <li>- Кількість смуг руху (із врахуванням запаркованих автомобілів на відрізках);</li> <li>- Дозволені швидкості;</li> <li>- Дозволені системи транспорту.</li> </ul> </li> </ul>	X	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Відрізки:                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- № типу;</li> <li>- Перевірка <math>V_{акт}</math> і <math>t_{акт}</math>.</li> </ul> </li> </ul>	X	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Функції CR (Capacity restraint) для типів відрізків: Використання CR-функцій для обліку завантаженості на відрізках.</li> </ul>		X
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Вузли і організація руху:                             <ul style="list-style-type: none"> <li>- Геометрія;</li> <li>- Тип регулювання;</li> <li>- Пропускна здатність і <math>t_0</math> IT (затримка на вузлі);</li> <li>- Головні потоки;</li> <li>- Параметри поворотів (№ типу, набір систем транспорту, <math>t_0</math> IT).</li> </ul> </li> </ul>	X	

**Проблеми розвитку міського середовища. Вип.1(17) 2017**

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Стандарти поворотів (затримка і пропускна здатність ІТ).</li> </ul>	X	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• CR-функції для типів поворотів, вузлів (в залежності від складності маневру): Дозволяє враховувати рівень навантаження на кожному геометричному напрямку.</li> </ul>		X
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Транспортна мережа: - Альтернативні шляхи.</li> </ul>		X
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Обмеження: - Враховується дальність поїздки, вартість і т.д. - Перевірка функцій та атрибутів.</li> </ul>		X
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Коефіцієнт приведення: - Для систем транспорту ІТ та ГТ.</li> </ul>		X



**Проблеми розвитку міського середовища. Вип.1(17) 2017**

Примикання	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Місцезположення примикань [5]:</li> <li>- Сполучення ГТ – до дворових виїздів і місць стоянки ГТ всередині району;</li> <li>- Сполучення ГТ – до вузлів доступу зон зупинок ГТ всередині району і за його межами.</li> </ul>	X	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Дозволені системи транспорту:</li> <li>- Врахування генерування/поглинання пасажиропотоку, який виконує переміщення на певних видах рухомого складу. Наприклад, дозволити рух вантажівок на сполученнях біля магазинів, складів і заборонити (або збільшити час) на сполученнях до звичайних дворових виїздів.</li> </ul>	X	
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Час руху на сполученнях для кожної системи транспорту.</li> </ul>		X
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Доля ГТ та ГТ на кожному сполученні (при розподілі долями)</li> <li>- Враховуються конкретні долі від загального об'єму кореспонденцій на кожному сполученні в районі.</li> </ul>	X	
Матриці	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Матриці затрат (елементи головних діагоналей)</li> <li>- Чим менші райони, тим більші повинні бути затрати по діагоналі (затрати на переміщення всередині району).</li> </ul>		X

**Проблеми розвитку міського середовища. Вип.1(17) 2017**

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Матриці кореспонденцій (перевірка):</li> <li>- ModalSplit – розподіл транспортних потоків за видами транспорту;</li> <li>- Рухомість населення</li> <li>- Рівень автомобілізації (кількість автомобілів на 1000 чол.).</li> </ul>		X
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Заповнення транспортних засобів (середня кількість чол. при поїзді в ТЗ) для сегментів ІТ.</li> <li>- При переході від матриць кореспонденцій ІТ сегментів попиту (пасажирів) до матриць кореспонденцій ІТ сегментів попиту (транспортних засобів) використовується коефіцієнт заповнюваності ІТ.</li> </ul>		X
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Комбінація матриць для години «пік» – коригування коефіцієнтів переходу від добових показників.</li> </ul>		X
Функції оцінки	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Дальність поїздок</li> </ul>		X
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Тривалість поїздок</li> </ul>		X
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Пропорції між ІТ та ГТ</li> </ul>		X
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Вибір затрат (часові, відстані, грошові, швидкісні).</li> </ul>		X
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Комбінація затрат: наприклад, для ГТ – час в дорозі і грошові затрати.</li> </ul>		X

## Проблеми розвитку міського середовища. Вип.1(17) 2017

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Параметри функції оцінки:               <ul style="list-style-type: none"> <li>- Визначення поведінки людей при виборі цілі і виду транспорту. Калібровка розподілу дальності/часу в дорозі по видах транспорту.</li> </ul> </li> </ul>		X
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Параметри пошуку шляху:               <ul style="list-style-type: none"> <li>- Розрахунок найкоротших шляхів і затрат на них.</li> </ul> </li> </ul>		X
Модель утворення транспортного руху	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ступені утворення і тяжіння               <ul style="list-style-type: none"> <li>- Зміна ступенів дозволяє зменшувати / збільшувати загальну кількість генеруючого пасажиропотоку по шарам попиту.</li> </ul> </li> </ul>		X
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Розрахунок транспортного руху кордонних районів:               <ul style="list-style-type: none"> <li>- Налаштування розрахунку;</li> <li>- Коригування долі транзиту;</li> <li>- Уточнення обсягів вхідного і вихідного потоків;</li> <li>- Зміна (уточнення) даних статистики взаємодії по районах;</li> <li>- Налаштування функцій оцінки.</li> </ul> </li> </ul>		X
Процедури	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Кількість ітерацій:               <ul style="list-style-type: none"> <li>- Для отримання збіжності між попитом і пропозицією необхідно виконувати декілька ітерацій при розрахунку, кількість яких вибирається експертно на етапі первинних розрахунків.</li> </ul> </li> </ul>		X

В хорошій практиці уникають маніпуляції з матрицями попиту поки не будуть випробувані усі інші можливі зміни. Таким чином розробник моделі може бути впевнений, що опис мережі і відповідні математичні функції працюють правильно.

**Оцінка якості транспортної моделі**

Оцінка реалістичності перерозподілу в транспортній моделі проводиться шляхом статистичного порівняння спостережуваних даних і значень в моделі.

Показниками оцінки якості моделі є:

• Середня абсолютна помилка:

Середнє відхилення абсолютних значень (різниця між спостережуваним і розрахунковим значенням). Визначається за формулою:

$$\delta_a = \frac{1}{N} \cdot \sum_{i=1}^N |X_i - U_i|$$

де  $X_i$  - інтенсивність потоку, виміряна на місці підрахунку з номером  $i$ ,  $U_i$  - розраховане на основі моделі значення навантаження на дорогу, на якій встановлено місце підрахунку з номером  $i$ ,  $N$  - кількість місць підрахунку.

• Середня відносна помилка:

Середнє відхилення абсолютних значень в %

$$\delta_r = \frac{\sum_{i=1}^N |X_i - U_i|}{\sum_{i=1}^N X_i} * 100\%$$

де  $X_i$  - інтенсивність потоку, виміряна на місці підрахунку з номером  $i$ ,  $U_i$  - розраховане на основі моделі значення навантаження на дорогу, на якій встановлено місце підрахунку з номером  $i$ ,  $N$  - кількість місць підрахунку.

Чим точніше побудована модель, тим менше значення помилки.

• Коефіцієнт кореляції:

$$r = \frac{\sum (X_i - \bar{X}) \cdot (U_i - \bar{U})}{\sqrt{\sum (X_i - \bar{X})^2 \cdot \sum (U_i - \bar{U})^2}}$$

де  $X_i$  - інтенсивність потоку, виміряна на місці підрахунку з номером  $i$ ,  $U_i$  - розраховане на основі моделі значення навантаження

## Проблеми розвитку міського середовища. Вип.1(17) 2017

на дорогу, на якій встановлено місце підрахунку з номером  $i$ ,  $N$  - кількість місць підрахунку,

$\bar{X}$ ,  $\bar{U}$ , – середні по мережі значення фактичних інтенсивностей  $i$  розрахункових навантажень на місцях підрахунку, які визначаються за формулами.

За допомогою коефіцієнта кореляції можна оцінити якість транспортного планування на всій території міста. Він приймає значення в діапазоні від -1 до 1. Чим ближче значення коефіцієнта кореляції до 1, тим краща якість транспортного планування.

### • Середньоквадратичне відхилення:

Квадратний корінь із середнього зведеного в квадрат відхилення:

Характеризує ступінь розсіювання розрахункових даних щодо фактичних.

$$\sigma_a = \sqrt{\frac{1}{N} \cdot \sum_{i=1}^N (X_i - U_i)^2}$$

де  $X_i$  - інтенсивність потоку, виміряна на місці підрахунку з номером  $i$ ,  $U_i$  - розраховане на основі моделі значення навантаження на дорогу, на якій встановлено місце підрахунку з номером  $i$ ,  $N$  - кількість місць підрахунку.

Ці показники є класичними для статистичного аналізу точності розрахунків (рис.2).

Окрім розгляду відносних або абсолютних відмінностей, використовується індекс GEN, який визначається за формулою:

$$GEN = \sqrt{\frac{(M - C)^2}{0.5(M + C)}}$$

де  $M$  – змодельована інтенсивність руху транспортного потоку;  $C$  – інтенсивність за результатами дослідження мережі.

Застосування індексу GEN описано і регламентується для проектів моделювання у Великобританії в Design Manual for Roads & Bridges (DMRB) [6, vol.12, sec.2, p.1].

На відміну від класичних статистичних методів аналізу GEN дозволяє враховувати відмінності в обсягах транспортних потоків і може використовуватися в якості єдиного критерію для магістралей, як зі значними, так і з невеликими обсягами руху.

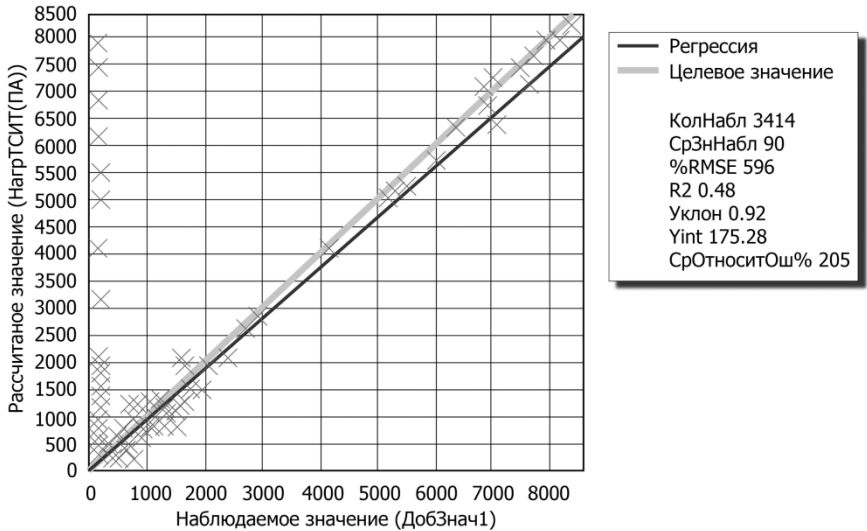


Рис.5. Результаты анализа перераспределения

При роботі з базовим сценарієм існуючої ситуації  $GEN \leq 5$  вважається хорошим показником збігу розрахункових годинних потоків з даними обстежень. Потоки більших чи менших часових інтервалів слід приводити до годинних для коректної оцінки за формулою GEN. Відповідно до DMRB [6] 85% підрахунків не повинні перевищувати значення  $GEN=5$ . Значення GEN від 5 до 10 можуть стати обґрунтуванням для уточнення моделі або для додаткового обстеження транспортних потоків. Значення GEN більше 10 як правило свідчать про неточності в моделі попиту, даних статистики, неточності калібрування і т.п.

Виходячи з особливостей даного показника, його застосування найбільш актуально в транспортних моделях зі значними коливаннями інтенсивності руху в залежності від типів магістралей

або віддаленості точок контрольних замірів від об'єкта дослідження (моделі протяжних лінійних об'єктів, міст, регіонів).

**Висновок.** Процес калібровки моделі визначає наскільки добре модель відповідає реальності, про що свідчать результати натурних досліджень.

Якщо показники якості моделі виходять за допустимі межі, необхідно проводити калібрування моделі. У процесі калібрування проводиться серія обчислювальних експериментів з моделлю. При цьому змінюються певні характеристики або параметри моделі з метою досягнення максимально можливого рівня відповідності даних натурних обстежень розрахунковим значенням інтенсивності.

Невідповідність даних є однією з основних проблем, що стоять перед транспортним моделюванням при калібруванні та перевірці моделі, а також питання надійності спостережуваних даних. Чим більше даних зібрано, тим більш надійною буде модель, але це зробить складнішим процес калібрування і перевірки. Важливо також зазначити, що збір даних є затратним завданням як з точки зору збору даних, так і обробки та аналізу даних в подальшому. Баланс повинен бути досягнутий між збором достатньої кількості даних, мети моделі, бюджетом і часовими рамками проекту.

До сьогодні в Україні, як і в країнах пострадянського простору відсутня нормативна база, яка б визначала та регулювала основні показники якості транспортних моделей.

### **Список використаних джерел:**

1. Транспортное планирование: создание транспортных моделей городов: монография / Якимов М.Р. – М.: Логос, 2013. – 188 с.
2. Транспортное планирование: практические рекомендации по созданию транспортных моделей городов в программном комплексе РТV Visum: монография / Якимов М.Р., Попов Ю.А. – М.: Логос, 2014. – 200 с.
3. Руководство по применению транспортных моделей в транспортном планировании и оценке проектов / Горев А.Э., Швецов В.Л. – СПб. Коста, 2016. – 128 с.

## **Проблеми розвитку міського середовища. Вип.1(17) 2017**

4. Ortúzar, J./ Willamsen, G.: „Modelling Transport”, 3. Edition, published by Wiley, ISBN 0-471-86110-3

5. Містобудування та територіальне планування: Наук. -техн. збірник / Відпов. ред. М.М. Осетрін. – К., КНУБА, 2016. – Вип. 60. – 381 с.

6. Highways Agency.: Design Manual for Roads & Bridges” (Керівництво з проектування доріг та мостів Управління автомагістралей Великобританії, DMRB), TSO, ISBN 9780115531538

### **Аннотация**

*В статье показан подход к калибровке транспортной модели города. Указана последовательность и параметры калибровки. Приведены основные показатели качества модели.*

### **Annotation**

*This article shows the approach to city transport model calibration. It illustrates the sequence and parameters for calibration, as well as the main indicators of model's quality.*

*Keywords: transport model, OD matrix, quality of the model, model calibration*

*Стаття надійшла до редакції у березні 2017р.*

УДК 72.012(47-25)(043.2)

**Бікетов С.О.<sup>7</sup>**, ст. викладач  
**Аксютіна О.О.**, студентка

*Національний авіаційний університет, м.Київ, Україна*

## **КОНФЛІКТ ЗАБУДОВИ І МІСЬКОГО СЕРЕДОВИЩА У М.КИЄВІ**

*Стаття знайомить нас з історією формування архітектурного середовища протягом минулого століття. Висвітлює основні невідповідності запланованої організації територій і реалій. Вказує на основні проблеми архітектурного простору Києва, його інфраструктури, конфлікт нової забудови з історичною. Висвітлено аналогічну ситуацію у*

---

<sup>7</sup> © Бікетов С.О., Аксютіна О.О.