

Досліджено зв'язок механізму формування шкідливих викидів автотранспортними потоками у великому місті з об'ємами використаного палива та режимами руху автомобільного транспорту

Ключові слова: автомобільний транспорт, транспортні потоки, забруднення атмосфери, математичне моделювання

Исследована связь механизма формирования вредных выбросов автотранспортными потоками в большом городе с объемами использованного топлива и режимами движения автомобильного транспорта

Ключевые слова: автомобильный транспорт, транспортные потоки, загрязнение атмосферы, математическое моделирование

This paper addresses the investigation of mechanism of harmful air pollutions forming by traffic flows in large city with the fuel consumption and transport traffic conditions

Keywords: motor transport, transport streams, air pollution, modelling and simulation

КОМП'ЮТЕРНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ТРАНСПОРТНИХ ПОТОКІВ ДЛЯ ОЦІНКИ ЗАБРУДНЕННЯ ПОВІТРЯ В УМОВАХ МІСТА

Ю. М. Антоненко

Магістрант*

Контактний тел. (044) 406-82-12

E-mail: anjulia@ukr.net

А. М. Шахновський

Кандидат технічних наук, доцент*

Тел. (044) 406-82-12

E-mail: ArcadyShakhn@mail.ru

*Кафедра кібернетики хіміко-технологічних процесів
Національний технічний університет України «Київський
політехнічний інститут»
пр. Перемоги, 37, м. Київ, Україна, 03056

1. Вступ

Темпи розвитку світового автомобільного парку постійно збільшуються і нині складають в розвинених країнах 8-15% на рік. Ця тенденція спостерігається і в Україні; в деяких регіонах нашої країни зростання автопарку відбувається інтенсивніше за середньосвітове. Автомобільний транспорт є основним джерелом шкідливого впливу на зовнішнє середовище у великих містах. Так, за наявними даними частка забруднення атмосфери легковим автомобільним транспортом в місті Києві наближається до 70%. Отже, зростання кількості автомобілів на вулицях не може не вплинути на погіршення стану довкілля і, відповідно, стану здоров'я жителів міст.

Проблема зниження негативного впливу автотранспорту на навколишнє середовище в містах є комплексною і передбачає постановку ряду науково-дослідницьких задач. При цьому ключовою з практичної точки зору є розробка програмно-апаратних засобів для контролю та оцінки рівня забруднення повітря автомобільним транспортом. Під апаратними засобами ту розуміємо ефективну мережу моніторингу стану атомосферного повітря [1]. Наявність мережі постів моніторингу та засобів обробки отриманих від цих постів даних має на меті надати необхідну інформацію для прийняття керівних рішень у цій галузі. В умовах недосконалості або прак-

тичної відсутності у вітчизняних містах такої мережі великого значення набуває задача розвинення математичних засобів обробки наявних емпіричних даних.

2. Підходи до моделювання потоків автотранспорту

В представленому дослідженні увагу зосереджено на питаннях моделювання автотранспортних потоків. Комп'ютерне моделювання має на меті, зокрема дослідження змін у роботі транспортної системи при додаванні нових об'єктів міської інфраструктури, змін у системах керування дорожнім рухом та норм дорожнього руху, дослідження впливу режимів руху автотранспорту на обсяги формування токсичних викидів в атмосферу автотранспортними потоками; дослідження залежності режимів руху транспортних потоків від кількості пального, що споживається. Інакше кажучи, комп'ютерне моделювання покликане забезпечити найбільш ефективно представлення інформації для підтримки прийняття керівних рішень в умовах неповноти емпіричних даних.

При моделюванні дорожнього руху на макрорівні було застосовано як детермінований, так і стохастичний підходи. В основу детермінованих моделей покладено функціональну залежність між показниками

руху автотранспорту. В рамках поставленої задачі на основі емпіричних даних, зібраних на магістралях м. Києва та отриманих з відкритих джерел було ідентифіковано залежність між швидкістю транспортного потоку та його щільністю (інтенсивністю).

Стохастичні моделі розглядають автотранспортний потік як результат взаємодії транспортних засобів в межах транспортної мережі. Масовий характер руху транспорту в умовах великого міста дозволяє говорити про статистичний характер формування черг, інтервалів, завантаженості по смугах дороги, тощо [2].

Нижній рівень ієрархії моделей автотранспортного потоку передбачає побудову експериментально-статистичних залежностей витрати палива, обсягів викиду в атмосферу продуктів згоряння палива від динамічних характеристик транспортного потоку, тощо. Такі залежності будуються для одиничного транспортного засобу у залежності від його класу, марки, ступеню зношеності і т.д. [3, 4].

3. Моделювання динамічних характеристик транспортного потоку

У рамках детермінованого підходу було виконано моделювання руху автотранспортного потоку на основі законів збереження [2, 3, 5].

Математична модель автотранспортного потоку на багатосмуговій дорозі являє собою систему рівнянь, які пов'язують між собою нормовані динамічні характеристики транспортного потоку (інтенсивність, щільність, швидкість) на кожній смузі дороги. Об'єктом моделювання є однорідний автотранспортний потік, в якому виключені обгони, вплив світлофорів та виконуються умови нерозривності.

Щільність потоку $q(t,x)$ та його інтенсивність $N(t,x)$ пов'язані співвідношенням:

$$v(q) = \frac{dN}{dq}, \tag{1}$$

де $v(q)$ – швидкість автотранспортного потоку, км/год.

Швидкість автомобільного потоку суттєво залежить від його щільності, адже при збільшенні щільності потоку водії автотранспортних засобів для уникнення зіткнення зменшують швидкість руху. На рис. 1 представлені проміжні моделювання автотранспортного потоку.

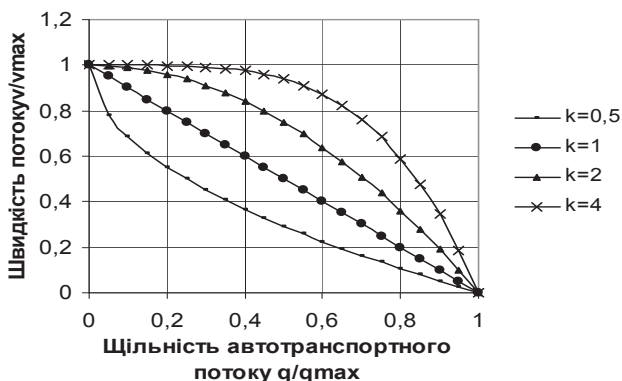


Рис. 1. Залежність швидкості автотранспортного потоку від щільності (k – динамічний показниковий параметр моделі)

Практичний інтерес представляє також залежність сумарних витрат палива транспортним потоком на заданій ділянці вулично-дорожньої мережі від його динамічних характеристик, зокрема від швидкості або щільності [5, 6].

Питомі витрати палива автотранспортного потоку на односмуговій дорозі можна виразити формулою:

$$Q_1 = q_1 \cdot v_1 \cdot Q_s(v_1) = N_1 \cdot Q_s(v_1), \text{ л}/(\text{км} \cdot \text{год}), \tag{2}$$

де q_1 – щільність потоку на односмуговій дорозі, авт/км; $v_1 = F(q_1)$ – швидкість потоку на односмуговій дорозі, км/год; N_1 – інтенсивність потоку на односмуговій дорозі, авт/год.

Зауважимо, що формула (2) не враховує структури транспортних потоків; типізацію елементів дорожньо-вулично-дорожньої мережі міста по динамічних характеристиках; добову та сезонну інтенсивність автотранспортного потоку; роботу системи управління рухом міста.

4. Оцінювання ефективності автотранспортного потоку та вироблення рекомендацій за результатами моделювання

Практичною метою вивчення особливостей автотранспортних потоків на дорожньо-вуличній мережі міста є знаходження умов підвищення ефективності їх роботи [6]. Це питання передбачає багато невивчених аспектів, не кажучи вже про оптимізацію роботи автомобільних потоків.

В рамках представленої роботи було побудовано математичну модель, що описує залежність витрат палива від динаміки транспортного потоку. В основу цієї математичної моделі було покладено співвідношення (2). Аналіз виразу (2) показує, що питомі витрати палива автотранспортним потоком на односмуговій дорозі можна виразити через одну із характеристик потоку: швидкість v_1 , щільність q_1 та інтенсивність N_1 .

В рамках представленого дослідження було побудовано та досліджено вищевказані залежності і виявлено, що найбільшу практичну цінність має вивчення залежності питомої витрати палива від інтенсивності руху.

Методологічною основою вирішення задач оптимізації технічних систем є теорія дослідження операцій, що широко використовує принципи системного підходу. Відповідно до цієї теорії, ефективність роботи транспортного потоку повинна базуватися на прийнятому критерії ефективності. Існує багато підходів до формування загальних оцінок ефективності, але найбільш поширеною є лінійна форма оцінки:

$$\phi = \sum_{i=1}^m \beta_i \cdot g_i, \tag{3}$$

де g_i – окремий нормований показник ефективності; β_i – вагові коефіцієнти, що відповідають умові $\sum_{i=1}^m \beta_i = 1$; m – кількість окремих показників ефективності.

Слід зауважити, що в предметній області, що вивчається, поки що не склалися чіткі правила вибору показників ефективності.

В даній роботі визнано за доцільне використати наступні окремі нормовані показники ефективності [3]:

1) енергетичний коефіцієнт корисної дії транспортного потоку, що характеризує виконану потоком корисну роботу;

2) паливний коефіцієнт корисної дії транспортного потоку, що характеризує ефективність витрати потоком палива;

3) екологічний коефіцієнт корисної дії транспортного потоку, що характеризує роботу потоку з екологічної точки зору.

На рис. 2 представлено залежність енергетичного коефіцієнта корисної дії транспортного потоку від нормованої швидкості потоку для значення параметра моделі $k=1$. Максимум кінетичної енергії отримали при значенні нормованої швидкості автотранспортного потоку $v/v_{\max}=0,67$.

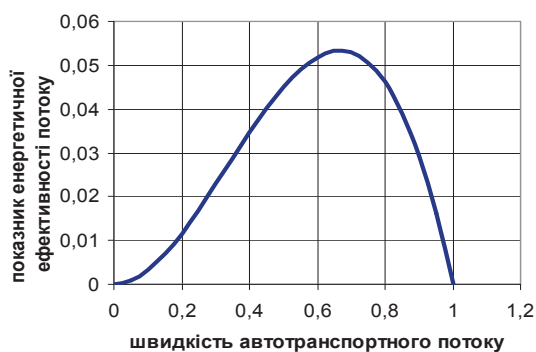


Рис. 2. Залежність енергетичного коефіцієнта корисної дії транспортного потоку від нормованої швидкості потоку

Варто врахувати, що кінетична, паливна та екологічна ефективність досягаються різними методами, тому доцільне введення загального критерію ефективності автотранспортного потоку.

5. Висновки

Представлені модельні підходи у комплексі з даними моніторингу атмосферного повітря покликані надати цілісну картину впливу автотранспортних потоків на довкілля. Отримана інформація призначається для підтримки прийняття рішень щодо змін у міській інфраструктурі.

Практичною метою подальших досліджень щодо особливостей автотранспортних потоків на дорожньо-вуличній мережі великого міста є знаходження умов підвищення ефективності їх роботи, зниження шкідливого впливу автомобільних потоків на оточуюче середовище.

Література

1. Статюха, Г.А. Оптимальное проектирование сетей мониторинга состояния атмосферного воздуха [Текст] / Статюха, Г.А., Шахновский А.М., Годзевич В.И., Безносик Ю.А. // Математические методы в технике и технологиях. – ММТТ-21: сб. трудов XXI Междунар. науч. конф. – т. 3. – Саратов, 2008. – С. 220-221.
2. Семенов, В.В. Математическое моделирование транспортных потоков мегаполиса: Препринт № 34 [Текст] / В.В. Семенов // Институт прикладной математики им. М.В. Келдыша РАН. – М., 2004.
3. Колесов, В.И. Динамические характеристики однородного транспортного потока [Текст] / Колесов В.И., Колесников С.П., Колесов Г.В. // Транспортные проблемы Западно-Сибирского нефтедобывающего комплекса. – Тюмень, 2002. – С. 130-136.
4. Канило, П.М. Автомобиль и окружающая среда: Учеб. пособие [Текст] / П.М. Канило, И.С. Бей, А.И. Ровенский – Харьковський гос. автомобільно-дорожній технічний ун-т / П. М. Канило (ред.). – Харків: Прапор, 2000. – 304 с.
5. Сисюк, Г.Ю. Імітаційна модель транспортного потоку на перехресті [Текст] / Г.Ю. Сисюк, О.М. Мотолига, І.К. Скриль // Вісник КДПУ імені Михайла Остроградського. – Випуск 1/2009 (54). – Частина 1. – С. 28-32
6. Транспортные магистрали как источник загрязнения окружающей среды [Текст] / А.Е. Воробьев, В.И. Сарбаев, В.В. Дьяченко, О.С. Шилкова; под ред. В.И. Сарбаева; Московский гос. индустриальный ун-т – М. : РИЦ МГИУ, 2000. – 52с. – Библиогр.: 52 с.