

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ З УРАХУВАННЯМ ОХОРОНИ НАВКОЛИШНЬОГО ПРИРОДНОГО СЕРЕДОВИЩА ПРИ РЕКОНСТРУКЦІЇ АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРІГ

Є.Б. Угненко, професор, д.т.н., О.М. Ужвієва, аспірант, ХНАДУ

***Анотація.** Проведено експериментальні дослідження спільного впливу дорожніх умов та експлуатаційного стану проїзної частини на акустичне забруднення придорожнього простору. Розроблено розрахункові методи, що дозволяють встановлювати шумові характеристики при русі транспорту в умовах населених пунктів, а саме: методи натурних вимірів, аналітичні методи і методи моделювання акустичного забруднення.*

***Ключові слова:** автомобільна дорога, реконструкція, забруднюючі речовини, інгредієнтне та параметричне забруднення, експеримент, адекватність моделі.*

Вступ

При реконструкції автомобільних доріг проводиться комплексний аналіз позитивної і негативної дії на навколишнє середовище, що дає можливість визначити оптимальний варіант траси, обґрунтувати необхідність в будівництві захисних споруд для здійснення таких цілей:

- розробка проектно-кошторисної документації (ПКД);
- вибір траси з мінімальними енерговитратами і економічними втратами;
- захист придорожнього простору населених пунктів від транспортного шуму;
- зниження шкідливої дії відпрацьованих газів автомобільних двигунів.

Мета та постановка задачі

Метою експериментальних досліджень є:

- розрахунок річних викидів забруднюючих речовин на мережі автомобільних доріг України;
- проведення порівняльного аналізу методу авторегресії та чисельного методу прогнозу інгредієнтного забруднення придорожнього простору;
- визначення основних екологічних характеристик і показників забруднення атмосфери придорожнього простору в населених пунктах;

- дослідження спільного впливу дорожніх умов і експлуатаційного стану проїзної частини на акустичне забруднення придорожнього простору;
- визначення адекватності моделі системи «автомобільна дорога – транспортний потік – навколишнє середовище».

Результати експериментальних досліджень

Найбільш несприятливими з погляду екологічної безпеки є області: Дніпропетровська, Житомирська, Київська, Одеська, Харківська.

Дані спостережень за концентраціями домішок (q_i) на стаціонарних постах, розміщених поблизу досліджуваних ділянок доріг, розглядаються як сукупність випадкових величин – разових показників забруднення атмосфери.

Результати досліджень показали, що дані вимірів концентрацій домішок забруднюючих речовин у приземному шарі атмосфери населених пунктів з достатньою точністю відповідають логарифмічно-нормальному розподілу. Обчислено основні показники логарифмічно-нормального розподілу, значення максимальної концентрації з заданою ймовірністю

перевищення, а також показник $P_{\text{інгред.}}$ (рис. 1).

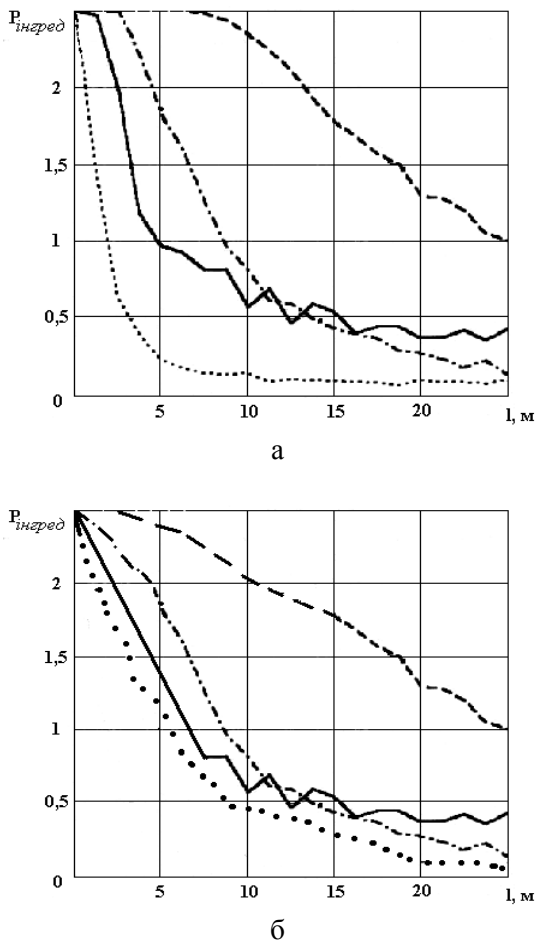


Рис. 1. Порівняльний аналіз розрахунку відносного показника інгредієнтного забруднення $P_{\text{інгред.}}$: а – ділянка автомобільної дороги М–03 Київ–Харків–Довжанський км 336 – 339; б – ділянка автомобільної дороги М–06 Київ–Чоп км 420 – 423

Відносний показник інгредієнтного забруднення $P_{\text{інгред.}}$ розраховано:

- за залежностями запропонованої моделі системи «автомобільна дорога – транспортний потік – навколишнє середовище»;
- за методом авторегресії;
- за чисельними методами прогнозу інгредієнтного забруднення придорожного простору в населених пунктах.

Відповідно до обсягу цих спостережень і у зв'язку з необхідністю розрахунку фонові концентрації забруднюючих речовин розраховано максимальні концентрації з імовірністю перевищення в 5; 1 і 0,1 % випадків ($q_M^1, q_M^5, q_M^{0.1}$).

Проведено експериментальні дослідження спільного впливу дорожніх умов та експлуатаційного стану проїзної частини на акустичне забруднення придорожного простору.

Основні шумові характеристики транспортних потоків залежать від інтенсивності, швидкості і питомої ваги вантажних автомобілів у потоці, організації руху, дорожніх умов і експлуатаційного стану проїзної частини. Розроблено розрахункові методи, що дозволяють установлювати шумові характеристики при русі транспорту в умовах населених пунктів, а саме: методи натурних вимірів, аналітичні методи і методи моделювання акустичного забруднення.

Метод натурних вимірів дозволяє досліджувати вплив вище названих параметрів на реальному транспортному потоці, установлювати санітарно-гігієнічну оцінку шуму на відповідний період часу. В роботі використано метод натурних вимірів і аналітичний метод дослідження [1].

Метод натурних вимірів дозволяє визначати шумові характеристики транспортних потоків (ШХТП), а також рівні звуку в придорожному просторі населених пунктів, в приміщеннях житлових будинків. Аналітичний метод, пов'язаний з використанням детермінованих моделей, дозволяє прогнозувати транспортний шум.

Експериментальні дослідження проводилися на ділянках автомобільних доріг: Київ–Харків–Довжанський, Київ–Чоп.

Натурні виміри еквівалентного рівня транспортного шуму проведені за діючими в Україні методами інтегруючим прецизійним шумоміром FSM26 фірми RFT (Німеччина).

Планом експерименту була намічена вибірка обсягом 15 вимірів шумових характеристик транспортних потоків (ШХТП).

У результаті експериментальних досліджень на акустичному полігоні були отримані карти рівнів шуму (рис. 2) в придорожному просторі населених пунктів, де криві рівних рівнів звуку показують відносне зниження

рівня шуму від джерела акустичного забруднення.

Проведено визначення адекватності моделі системи «автомобільна дорога – транспортний потік – навколишнє середовище».

Адекватність моделі оцінювалась на підставі характеристик, які містять інформацію про геометричні параметри та експлуатаційні показники автомобільних доріг.

При визначенні адекватності моделі припускаємо, що $\{u(k)\}$ і $\{e(k)\}$ – незалежні послідовності з нульовими середніми, всі непарні моменти дорівнюють нулю, послідовність $\{e(k)\}$ відповідає властивостям параметричного забруднення, при цьому $\{u(k)\}$ відповідає інгредієнтному забрудненню придорожнього простору. Розглянемо лінійний об'єкт модель якого має вигляд

$$z(k) = Gu(k) + L(e(k)), \quad (1)$$

де G, L – лінійні оператори.

У результаті ідентифікації одержана оцінка моделі $z(t) = \hat{G}u(t) + \hat{L}(\hat{e}(t))$,

$$\text{де } \hat{e}(k) = \hat{L}^{-1} \left\{ (G - \hat{G})(u(k)) + L(e(k)) \right\}.$$

Розглянемо лінійний об'єкт (транспортний потік), що описується лінійним рівнянням (інгредієнтне забруднення придорожнього простору)

$$\begin{aligned} z(k) = & 0,62z(k-1) + 0,18u(k-1) + \\ & + 0,35z(k-1)u^r(k-1) + 0,55u^2(k-1) + \\ & + 0,044z^2(k-1) + \{v(k) - 0,36v(k-1) - \\ & - 0,33v(k-1)u(k-1) - 0,15z(k-1)v(k-1)\}. \end{aligned} \quad (2)$$

Для визначення ефективності розглянутих вище тестів адекватності моделі, виключимо з оцінки моделі (2) складову $0,33v(k-1)u(k-1)$ [2]. У результаті за допомогою модифікованого методу найменших квадратів одержана така модель:

$$\begin{aligned} \hat{z}(k) = & 0,5879\hat{z}(k-1) + 0,2344u^r \\ & + \hat{r}(k-1) + 0,4029\hat{z}(k-1)u(k-1) + \\ & + 0,6371u^2(k-1) + 0,05126\hat{z}^2(k-1) \\ & + \{\hat{\xi}(k) - 0,4682\hat{\xi}(k-1) - 0,05496\hat{z} \\ & + \hat{r}(k-1)\hat{\xi}(k-1) + 0,2874\hat{\xi}^2(k-1)\}. \end{aligned}$$

Статистичний аналіз свідчить, що оцінки цієї моделі не зміщені.

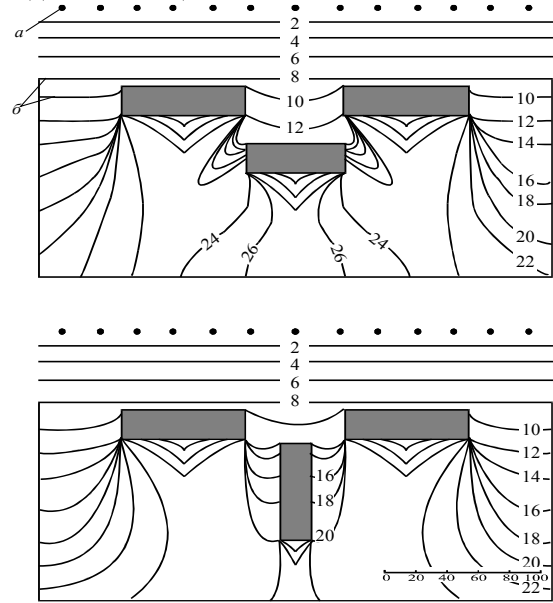


Рис. 2. Акустичне забруднення придорожнього простору для різних варіантів планування і забудови населених пунктів: а – джерело шуму; б – криві рівнів звуку відносного зниження рівня шуму

Якщо включити всі складові в оцінювану модель, одержимо такий результат:

$$\begin{aligned} z(k) = & 0,6152z(k-1) + 0,1705u(k-1) + \\ & + 0,3481z^r(k-1)u(k-1) + 0,6239u^2(k-1) + \\ & + 0,1344z^2(k-1) + \{\hat{\xi}(k) - 0,2554\hat{\xi}(k-1) - \\ & - 0,3257\hat{\xi}(k-1)u(k-1) - 0,1561z(k-1)u^r \\ & + \hat{r}(k-1) + 0,0641\hat{\xi}^2(k-1)\}. \end{aligned}$$

Висновки

Таким чином, одержані результати моделювання підтверджують адекватність оцінюваної моделі системи «Автомобільна дорога – транспортні потоки – навколишнє середовище».

Література

1. Белятинский А.А. Учёт требований охраны окружающей среды при реконструкции дорог // Автомобильные дороги и дорожное строительство. – 1988. – Вып. 49. – С. 101 – 104.
2. Марчук Г.И. Математическое моделирование в проблеме окружающей среды. – М.: Наука, 2000. – 320 с.

Рецензент: Л.В. Назаров, профессор, д.т.н., ХНАДУ.

Стаття надійшла до редакції 22 січня 2008 р.