

# ТРАНСПОРТНО-ЕКОЛОГІЧНІ ПРОБЛЕМИ м. ЗАПОРІЖЖЯ

Подальший інтенсивний приріст автотранспорту в індустріальних містах значно погіршує їх екологічну ситуацію. Місто Запоріжжя входить до п'ятірки міст України із загальним несприятливим екологічним станом завдяки багатокомпонентним шкідливим викидам промислового походження. Підприємства металургійної галузі викидають щорічно на голову кожного жителя міста понад 200 кг шкідливих хімічних речовин. У таких умовах транспортний «додаток» до цього букету є особливо небезпечним.

Відомо, що при згорянні нафтового палива у циліндрах автомобільних двигунів у повітря викидається до 200 хімічних сполук, з яких десятків є гостро токсичними і канцерогенними. Оксиди вуглецю, сірки і азоту, альдегіди, бенз(а)пірен та інші речовини на напружених автомобільних перехрестях не підпадають під природну аерацію і в певних умовах накопичуються у приземних шарах повітря. Механізм негативного впливу відпрацьованих газів (ВГ) на здоров'я людини є досконально вивченим, але заходи щодо їх зменшення мають у більшості випадків декларативний характер.

Як і у більшості індустріальних міст, у Запоріжжі найбільш напружені за інтенсивністю руху перехрестя співпадають з місцями розташування зупинок громадського транспорту. Тільки мікроавтобусних маршрутів на цей час нараховується більше 130. У цих умовах шкідливий вплив ВГ розповсюджується не тільки на мешканців прилеглих будинків, а й на велику кількість пасажирів і пішоходів. При загальній чисельності автотранспортних засобів міста понад 300 тис. одиниць екологічний «внесок» автотранспорту не може не турбувати вчених, громадськість і місцеві органи влади.

За географічним станом м. Запоріжжя розташоване уздовж р. Дніпра, при цьому комплекс металургійних підприємств знаходиться у північно-східній частині міста. Існуюча «роза вітрів» у більшості днів року охоплює центральну частину міста. Саме тут має місце максимальне скупчення автотранспорту. Транспортні затримки руху на перехрестях, утворення багатометрових черг і заторів – ці фактори стають звичайними явищами сьогодення. При цьому загострюються не тільки екологічні, а й соціальні проблеми міста – люди частіше запізнюються на роботу, погіршуються моральні відносини у колективах, утворюються умови для сімейних негараздів тощо.

За ініціативою Запорізького міськвиконкому вченими кафедри «Транспортні технології» ЗНТУ ретельно досліджені 10 найбільш напружених автомобільних перехресть міста. З використанням цифрових відеокамер і комп'ютерної техніки було встановлено, що у середньому інтенсивність руху автотранспорту у години «пік» на досліджених перехрестях складає біля 3000 автомобілів на годину, а на перехресті пр. Леніна – вул. Українська у будні дні тижня вона перевищує 5000 авт./год. При цьому затримки руху досягають тривалості 4–5 фаз горіння дозвільних сигналів світлофорів.

Слід відзначити, що саме на цих перехрестях і прилеглих ділянках розташовані зупинки міського автотранспорту. На цих зупинках у години «пік» маршрутні мікроавтобуси накопичуються у 2–3 черги і утворюють небезпечні умови для пішоходів та інших транспортних засобів. При цьому основними режимами руху мікроавтобусів є гальмування і розгін, на яких вміст шкідливих викидів у ВГ є найбільшим.

Безпосереднє вимірювання шкідливих викидів у цих умовах є практично неможливим і, мабуть, не має сенсу. Тому об'єм масових шкідливих викидів був розрахований за методикою Московського автомобільно-дорожнього технічного університету [1]. Викиди 6-ти шкідливих компонентів у ВГ розраховувались, виходячи з теоретичної витрати палива автомобілями з бензиновим і дизельними двигунами з урахуванням коефіцієнтів емісії забруднюючих речовин при згорянні 1 тонни рідкого палива [2]. Тобто масовий викид  $i$ -го компоненту визначався за формулою

$$M_i = G_n \cdot K_{ei}, \quad (1)$$

де  $G_n$  – розрахункова (теоретична) витрата палива автотранспортних засобів на перехресті в режимах затримки і його перетинання;  $K_{ei}$  – коефіцієнт емісії  $i$ -ї речовини у ВГ.

**Таблиця 1** – Значення коефіцієнтів емісії шкідливих речовин, тонн на тонну палива

Шкідлива речовина	Вид палива		Клас небезпечності
	бензин	дизпаливо	
Оксид вуглецю (CO)	0,440	0,125	4
Вуглеводні ( $C_mH_n$ )	0,080	0,055	4
Діоксид азоту (NO <sub>2</sub> )	0,025	0,035	2
Сажа (тверді частки)	0,0006	0,015	3
Сірчатий газ (SO <sub>2</sub> )	0,0002	0,020	3
Бенз(а)пірен*	0,230	0,310	1

Примітка: \* – грам на тонну палива.

Теоретична витрата палива автомобілями на перехрестях визначалась за рівнянням регресії

$$G_n = K_{12} \cdot N_n \cdot t_c + K_{22} \cdot N_n \cdot L_n, \quad (2)$$

де  $K_{12}$  і  $K_{22}$  – коефіцієнти регресії відповідно для частки потоку в очікуванні дозвільного сигналу і розгону автомобілів при залишенні перехрестя;

$t_c$  – час очікування дозвільного сигналу, с;

$N_n$  – фактична годинна інтенсивність руху, авт./год.;

$L_n$  – довжина черги автомобілів перед перехрестям, км.

Значення коефіцієнтів регресії для автомобільних потоків, у яких кількість вантажних автомобілів і автобусів не перевищує 25 %, наведені в табл. 2.

**Таблиця 2** – Значення коефіцієнтів регресії

Вид палива	Коефіцієнти регресії	
	$K_{12}$	$K_{22}$
Бензин	0,133	0,250
Дизпаливо	0,014	0,020

Після розрахунків годинного і добового викидів шкідливих речовин з урахуванням нерівномірності викидів за годинами доби одержані результати по 10-ти досліджених перехрестях м. Запоріжжя, тонн за добу:

- оксиду вуглецю – 22;
- вуглеводнів – 67;
- діоксиду азоту – 24;
- сажі – 0,7;
- диоксиду сірки – 2,0;
- бенз(а)пірену – 0,2.

Загалом за рік розрахункова кількість шкідливих викидів лише на 10-ти досліджених перехрестях м. Запоріжжя перевищує 1,5 тис. тонн, у тому числі найшкідливішого канцерогену бенз(а)пірену більше 60 тонн.

За даними інституту санітарії і гігієни ім. Морзеєва (м. Київ) ці показники в декілька разів перевищують допустимі норми і можуть бути однією з причин важких захворювань населення міста. За результатами аналізу цього інституту у м. Запоріжжі найгірший екологічний показник має перехрестя вул. Гребельна – бульвар Вінтера.

Відомо, що на рівень шкідливих викидів автотранспорту в умовах міста впливають такі фактори:

- своєчасний контроль ВГ автомобілів і регулювання систем живлення і запалювання двигунів;
- якість автомобільного палива;
- геометричні характеристики транспортних магістралей і розв'язок міста.

На цей час змін до кращого по першому фактору майже немає внаслідок повної відсутності сучасних газоаналізаторів у працівників ДАІ. Ця апаратура є на приватних СТО тільки легкових автомобілів, але вимірювання і регулювання виконуються епізодично і нецілеспрямовано.

З якістю автомобільного палива теж не все гаразд. Це окрема і велика проблема. Наявність у торговельній мережі низькоякісного палива негативно впливає на стабільність роботи сучасних електронних систем автомобільних двигунів і швидко виводить з ладу дорогі каталітичні нейтралізатори ВГ.

Що стосується транспортних розв'язок, то слід відмітити позитивні заходи Запорізького міськвиконкому за останні роки. Завдяки наполегливості і послідовності дій мера міста Є. Г. Карташова здійснені суттєві дорожні заходи щодо зменшення затримок автотранспорту, а саме:

- введення в дію об'їзної дороги з Набережної магістралі до Космічного мікрорайону;
- реконструкція дороги у центрі міста від вул. Лермонтова до Набережної магістралі;
- значне розширення вул. Космічної від автовокзалу до вул. Радгоспної;
- реконструкція перехрестя пр. Леніна – пр. Металургів;
- усунення трамвайного руху з пр. Леніна і значне розширення останнього.

На черзі переоблаштування перехресть вул. Іванова – вул. 8 Березня, вул. Культурна – вул. Радгоспна, а також завершення будівництва нового мостового переходу через р. Дніпро.

### Висновки

1. Сучасне обласне місто з історично утвореним плануванням в умовах підвищення чисельності автотранспорту приречене на недопустимий рівень шкідливих викидів без суттєвого переустрою напружених перехресть і автомагістралей.

2. Оцінка рівня шкідливих речовин у ВГ автомобілів за методом розрахунку витрат палива фактично вимірюваної інтенсивності руху може бути використане при прийнятті рішень щодо переустрою екологічно небезпечних перехресть міста.

#### Перелік посилань

1. Луканин В. Н. Промышленно-транспортная экология / Луканин В. Н., Трофименко Ю.В. ; [под ред. В. Н. Луканина]. – М. : Высш. шк., 2001. – 273 с.
2. Завьялов С. В. Транспорт и контроль за выбросами отравляющих веществ в атмосферу / Завьялов С. В. – М. : Транспорт, 2001. – 114 с.

Одержано 10.10.2009

© Д-р техн. наук Г. Ф. Бабушкін, канд. техн. наук О. Ф. Кузькін,  
канд. техн. наук В. П. Юдін, О. О. Падченко  
Національний технічний університет, м. Запоріжжя

G. F. Babushkin, O. F. Kuzkin, V. P. Judin, E. A. Padchenko

TRANSPORT-ENVIRONMENTAL PROBLEMS OF ZAPORIZHNYE

---

## МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРНОГО ПОЛЯ ПРИ СИЛОВЫХ УДАРАХ

Исследован адиабатический нестационарный процесс изменения температуры тонкого поверхностного слоя деформируемого твердого тела при многократном повторении ударов частицами малой массы конечной геометрии.

Этот процесс наблюдается при упрочнении рабочих поверхностей материала металлическими шариками малого радиуса в ультразвуковых установках [1]. При этом исследуется только конечный результат упрочнения, что на наш взгляд не является полным исследованием, т.к. процесс передачи энергии не рассматривается.

Энергия, расходуемая при ударе (кинетическая энергия ударяющей частицы) не может исчезнуть, а в соответствии с общим законом сохранения энергии, принимает новую форму, претерпевая изменение. Часть энергии ударяемой частицы производит работу остаточной деформации, а оставшаяся часть энергии претерпевает определенное превращение из одного вида в другой. Поскольку, сопротивляющиеся внешней силе внутренние силы можно рассматривать как силы трения, естественно ожидать, что эта часть энергии примет тепловую форму, поскольку как в статическом, так и в динамическом опыте можно наблюдать нагревание тела [2].

Исследуя процесс превращения энергии при многократном повторении ударов твердыми частицами малой массы конечной геометрии по поверхности деформируемого твердого тела, можем получить следующее дифференциальное уравнение (условные обозначения приведены в приложении):

$$\rho \delta \frac{d C_p (T - T_0)}{d t} + \frac{G}{V_1} C_p (T - T_0) = \rho_1 V_1^3 \frac{V_1 t}{r} \quad (1)$$

с однородными начальными условиями: при  $t = 0$ ,  $C_p (T - T_0) = 0$ . В левой части уравнения (1) представлена сумма энергий затраченной на нагревание поверхностного слоя деформируемого тела и поглощенной деформиру-

емым телом. В правой части указана энергия ударяющей частицы умноженной на число ударов  $\frac{V_1 t}{r}$ , (числом Струхаля). Энергию, затраченную на деформацию поверхности тела [3], в этой работе мы не учитываем, поскольку она является незначительной в сравнении с остальными энергетическими затратами. Заменяя выражения в уравнении