

УДК 629.113

**В.П. Сахно, професор, д-р техн. наук,**

*Національний транспортний університет*

*вул. Суворова, 1, м. Київ, Україна, 01010*

*sakhno@ntu.edu.ua*

**В.М. Дугельний, доцент, канд. техн. наук,**

**Д.В. Савенок, канд. техн. наук**

*Автомобільно-дорожній інститут ДВНЗ «Донецький національний технічний університет»*

*вул. Кірова, 51, м. Горлівка, Україна, 84646*

*inst@adidonntu.org.ua*

## АНАЛІЗ СКЛАДУ ОСНОВНИХ ПРОДУКТІВ ЗНОСУ АВТОМОБІЛЬНОГО ТРАНСПОРТУ

*Виконано аналіз обсягів твердих продуктів зносу, які утворюються внаслідок стирання автомобільних шин, дорожнього покриття і накладок гальмівних колодок. Наведені основні чинники, від яких вони залежать.*

**Ключові слова:** *автомобільний транспорт, навколишнє середовище, продукти зносу, автомобільна шина, дорожнє покриття, канцерогени*

**Постановка проблеми.** Автомобільний транспорт (АТ), на сьогоднішній день, має найважливіше значення для функціонування суспільного виробництва і життя людей. Однак при цьому, він є головним глобальним джерелом забруднення навколишнього середовища. На його частку припадає до 60...80 % забруднення навколишнього середовища, а в районах найбільшого зосередження людей (густонаселених районах, курортних містах, вздовж автомагістралей та ін.) – до 90...95 % [1].

Безперервне зростання рівня автомобілізації України супроводжується підвищенням обсягу викидів від роботи двигунів автомобілів та обсягів продуктів зносу, пов'язаних з роботою агрегатів і систем автомобілів, забрудненням навколишнього середовища і, як наслідок, зростанням рівня захворюваності населення.

Згідно джерела [2], АТ визначається як комплекс, що включає автотранспортні засоби, об'єкти інфраструктури експлуатації автотранспортних засобів і автомобільні дороги. Виходячи з цього, вплив автомобільного транспорту на довкілля доцільно розглядати в системі «водій-автомобіль-дорога-навколишнє середовище» (ВАДНС) [3]. Удосконалена структурна схема цієї системи наведена на рисунку 1.

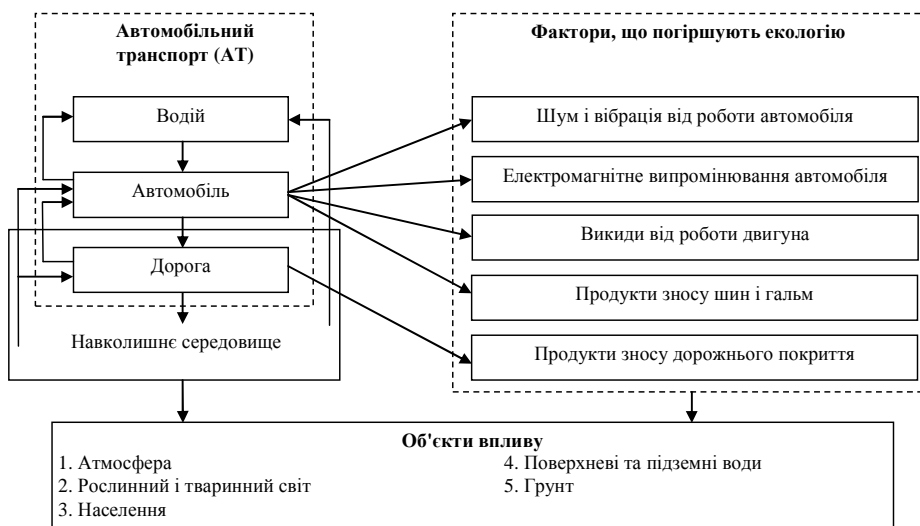


Рисунок 1 – Структурна схема системи ВАДНС

Як стверджують джерела [2–4], найбільший негативний вплив на об'єкти навколишнього середовища надають відходи АТ, які поділяються на такі групи: газоподібні відходи (полутанти), які включають  $\text{CO}_2$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{NO}_x$ ,  $\text{SO}$ ,  $\text{C}_m\text{H}_n$  та інші сполуки (більше 200 найменувань); рідкі відходи у вигляді водяної пари, незгорілого палива, оливи і смол бітуму; тверді відходи у вигляді сажі, шинного пилу, продуктів зносу асфальтобетонного покриття, колодок і дисків гальмівних систем (у вигляді важких металів). Для зниження цього негативного впливу необхідно, в першу чергу, вирішити складну наукову задачу щодо встановлення обсягів цих відходів.

Кількісним та якісним дослідженням викидів забруднюючих речовин від роботи двигунів

автомобілів було присвячено багато наукових робіт, як українських, так і зарубіжних вчених. Серед досліджень в цьому напрямку необхідно відзначити роботи НТУ та МАДІ. Результатом цих робіт є цілий ряд розроблених методик для визначення обсягів викидів забруднюючих речовин від роботи двигунів автомобілів [5–8], що в свою чергу дозволило впровадити комплекс ефективних технологій, покликаних знизити забруднюючі викиди у відпрацьованих газах. Зокрема, серед таких технологій:

- нові типи двигунів внутрішнього згорання, наприклад, бензинові двигуни з безпосереднім впорскуванням, двигуни з контрольованим автозапалюванням, двигуни з компресійним запалюванням однорідної суміші;

- альтернативні види палива, такі як стиснутий природний газ, бензоспиртові суміші та біопалива, водень;

- альтернативні енергоустановки, наприклад, автомобілі з гібридною силовою енергоустановкою, автомобілі на паливних елементах та ін.

Впровадження цих методик і технологій дозволяє констатувати той факт, що завдання щодо зниження обсягів викидів від роботи двигунів успішно вирішується.

**Постановка проблеми.** Однак, крім викидів відпрацьованих газів, транспортний потік створює хмару пилу, що складається більш ніж на 60 % з мікроскопічних і ультрамікроскопічних частинок радіусом 10,0...0,25 мкм, які утворюються внаслідок стирання автомобільних шин (при контакті з дорожнім покриттям), самого дорожнього покриття і гальмівних накладок (при гальмуванні).

**Характеристика відходів від зносу пневматичних шин.** Одним з джерел надходження канцерогенних речовин у навколишнє середовище є автомобільні шини. Довгий час вважалося, що розміри частинок продуктів зносу протектора шин досить великі і не можуть заподіяти шкоду здоров'ю людини. Однак, дослідження американських лікарів, котрі звернули увагу на підвищену чутливість до алергічних і онкологічних захворювань жителів будинків, розташованих поблизу автострад в містах, дозволили припустити, що при зносі автомобільних шин у повітряне середовище потрапляє значна кількість аерозолі. Ретельно вивчивши його дисперсний склад, при аналізі складу повітря на шосе з помірним рухом автотранспорту, дослідники виявили, що в 1 м<sup>3</sup> повітря знаходиться 3800...6900 гумових фрагментів, з яких 58 % мають розміри менше 10 мкм, які легко проникають у верхні дихальні шляхи і вражають їх [4].

За оцінками американських вчених в США в 1991 році загальна кількість викинутих продуктів зносу шин та дрібнодисперсного аерозолі складало 886,782 т [4]. Аналогічні дослідження проводилися і в ЄС, для чого визначався обсяг продуктів зносу від шин за європейський їздовий цикл (ЄІЦ), рівний 13 хвилинам, і порівнювався з об'ємом викидів забруднюючих речовин від роботи двигуна автомобіля (таблиця 1) [9].

Таблиця 1 – Порівняння викидів від роботи двигуна та зносу шин за ЄІЦ у відносних одиницях

| Вид відходів             | Двигун | Шини  |
|--------------------------|--------|-------|
| Загальний обсяг відходів | 99,0   | 100,0 |
| Обсяг канцерогенів       | 44,0   | 56,0  |
| Бензапірени              | 43,0   | 57,0  |
| Нітразаміни              | 61,0   | 39,0  |
| Пил, сажа                | 74,0   | 26,0  |

Наведені дані свідчать про перевищення обсягу канцерогенів при зносі шин у порівнянні з викидами забруднюючих речовин при роботі двигуна.

За результатами досліджень російських вчених [10], основним забруднювачем міського повітря є продукти зносу шин, що становлять близько 60 % від загальної кількості забруднюючих викидів. Як видно з представленого аналізу (таблиця 2), викид продуктів зносу шин в г/км значно перевищує (майже в 6...7 разів) викид твердих часток з відпрацьованими газами двигунів легкових автомобілів.

Таблиця 2 – Порівняння викидів твердих часток, г/км

| Тип транспортного засобу | Інтенсивність зносу шин | Викиди з відпрацьованими газами |                          |
|--------------------------|-------------------------|---------------------------------|--------------------------|
|                          |                         | Євро 5                          | Євро 6                   |
| Легкові                  | 0,033                   | 0,005 (Правило ООН № 83)        | 0,005 (Правило ООН № 83) |
| Вантажні                 | 0,178                   | 0,02 (Правило ООН № 49)         | 0,01 (Правило ООН № 49)  |

Зробити порівняльний аналіз по вантажних автомобілях не представляється можливим, через різну методику випробувань у стендових умовах і методику оцінки викидів твердих часток дизелями в г/кВт·год та пробігів автомобілів в км. Однак можна очікувати перевищення не менше ніж у 6...10 разів.

Інтенсивність зносу шин, в основному, залежить від наступних факторів:

- технічного стану транспортного засобу;

- впливу навколишнього середовища (механіко-хімічних процесів під впливом сонячної радіації, кисню повітря, температур, вологості тощо);
- режиму експлуатації (міського, магістрального (швидкість, інтенсивність гальмування і розгону));
- стану дорожнього покриття;
- досконалості конструкції і технології виготовлення шин.

**Характеристика відходів від зносу асфальтобетонних покриттів.** У результаті комплексного впливу на автомобільні дороги погодно-кліматичних факторів і руху автомобілів відбувається знос верхніх шарів дорожнього покриття. Так, при коченні коліс, а особливо їх гальмуванні (пересування з блокованими колесами), відбувається значне стирання дорожнього покриття. У плямі контакту автомобільного колеса з дорожнім покриттям постійно виникають стискаючи і розтягуючи напруги. При відриві колеса від поверхні в момент з'їзду з плями контакту виникає значне розрідження, яке викликає відрив дрібних частинок асфальтобетону та їх переміщення у повітрі.

На сьогоднішній день, основним матеріалом, який застосовується для будівництва верхніх шарів дорожнього покриття є асфальтобетон. У результаті зносу асфальтобетону утворюється дрібнодисперсний пил розміром до 2 мкм в кількості до 50 % від загального обсягу пилу [3]. Хімічний склад пилу змінюється в часі за рахунок абсорбційно-адсорбційних процесів, які проходять в ній, та інтенсивність яких визначається початковим складом пилу. Дані про хімічний і дисперсний склад пилу представлені в таблицях 3 та 4 [3, 11].

Таблиця 3 – Хімічний склад пилу, взятого з асфальтобетону та ґрунту, %

| Місце  | SiO <sub>2</sub> | Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | CaO | MgO | n.n. | H <sub>2</sub> O |
|--------|------------------|--------------------------------|--------------------------------|-----|-----|------|------------------|
| Дорога | 76,4             | 3,1                            | 6,0                            | 2,9 | 1,6 | 4,3  | 0,4              |
| Ґрунт  | 80,8             | 2,2                            | 7,1                            | 1,7 | 0,5 | 3,7  | 0,7              |

У таблиці 4 наведено дисперсний аналіз для пилу (ситовий метод) і для вітального пилу (ареометричний метод).

Таблиця 4 – Дисперсний склад пилу, взятого з асфальтобетону

| Розмір часток, мкм | Кількість, % | Розмір часток, мкм | Кількість, % |
|--------------------|--------------|--------------------|--------------|
| 0–2                | 54,3         | 0–60               | 24,8         |
| 2–5                | 22,0         | 60–200             | 17,5         |
| 5–7                | 8,9          | 200–300            | 10,0         |
| 7–10               | 7,8          | 300–400            | 9,7          |
| Більше 10          | 7,0          | Більше 400         | 38,0         |

Крім цього, пил адсорбує на своїй поверхні різні токсиканти і канцерогени, що виникають від роботи автотранспорту. У таблиці 5 наведені дані про перевищення концентрації ГДК в пробі пилу на відстані 10 м від дороги [12].

Таблиця 5 – Перевищення ГДК для різних забруднювачів

| Забруднювач | ГДК мг/м <sup>3</sup> | Кратність перевищення ГДК |
|-------------|-----------------------|---------------------------|
| Залізо      | 0,04                  | 3,6                       |
| Цинк        | 0,05                  | 2,9                       |
| Мідь        | 0,002                 | 0,7                       |
| Свинець     | 0,0007                | 2,1                       |
| Нікель      | 0,001                 | 1,5                       |
| Хром        | 0,0015                | 1,1                       |

Як видно з аналізу пилу, що взятий з покриття дороги – це полідисперсний матеріал, насичений різними забруднювачами – продуктами забруднюючих викидів від роботи двигуна, зносу гальмівних колодок (накладок), зносу шин тощо.

Найбільший вплив на інтенсивність і величину зносу дорожнього покриття (асфальтобетону) мають наступні фактори:

- якість кам'яного матеріалу і бітуму;
- інтенсивність і склад руху;
- вплив навколишнього середовища;
- якість роботи служби експлуатації доріг.

**Характеристика відходів від зносу гальмівних систем.** При русі автомобіля можна виділити кілька етапів: холостий хід (16 %), розгін (37 %), усталений рух (18 %) і уповільнення з гальмуванням (29 %). Таким чином, близько 1/3 часу витрачається на гальмування, яке призводить до зносу гальмівних систем і викидів в атмосферу мікрочастинок азбесту, заліза, міді та органічного вуглецю. Вчені Бернського Університету та інституту праці і здоров'я в Лозанні встановили, що знос гальм додає близько 20 % від загальної кількості речовин, що забруднюють довкілля [13].

При зношуванні фрикційних накладок гальмівних колодок механізм зносу змінюється від абразивного виду (в період наростання уповільнення) до зносу в умовах пластичного контакту на останній стадії гальмування автомобіля (при сталому уповільненні). У центрі великих міст інтенсивний рух залишається постійним протягом дня. Характерне часте гальмування колісних транспортних засобів в щільних транспортних потоках призводить до утворення високої концентрації дрібнодисперсних частинок зносу гальмівних накладок. Дрібнодисперсний пил найбільш небезпечний, оскільки осідає в легенях та бронхах і при тривалому вдиханні призводить до захворювання. Проблема забруднення міського повітря важливими частинками діаметром менше 10 мкм визнана однією з найважливіших. Найбільша концентрація цих частинок спостерігається на висоті 100...150 см від земної поверхні, тобто на рівні органів дихання людини, тому тривале перебування пішоходів у цих зонах на відкритому повітрі стає небезпечним [13, 14].

Порівняльна оцінка екологічності гальмівних систем [13] дозволила визначити масу фрикційного матеріалу, що зношується, для одного автомобіля за рік з накладками Ferodo (FER 5103 FSL 1318) і Smart brake (TDY1908C), що становить для легкових автомобілів – 489 г, вантажних автомобілів – 1516 г і автобусів – 1966 г.

На інтенсивність утворення частинок зносу, в першу чергу, впливають такі чинники:

- конструкція гальмівних механізмів;
- склад фрикційного матеріалу;
- режим руху.

**Висновки.** Обсяг канцерогенів, що потрапляють у навколишнє середовище в результаті зносу автомобільних шин (протягом терміну експлуатації), перевищує нормативи викиду твердих частинок з відпрацьованими газами автомобілів в 5...10 разів, а отже проблема негативного впливу продуктів зносу шин актуальна і вимагає негайного вирішення у глобальних масштабах.

Наведені дані свідчать про необхідність розробки ефективної методики з визначення обсягів твердих продуктів зносу автомобільного транспорту та технічних нормативів, що обмежують їх викид в навколишнє середовище.

Процеси зносу шин, дорожнього покриття і гальмівних накладок у більшості випадків залежать від одних і тих же чинників. Виходячи з цього, визначення обсягів продуктів їх зносу доцільно вести комплексно (одночасно враховуючи обсяги зносу автомобільних шин, дорожнього покриття і накладок гальмівних колодок).

#### **Бібліографічний список використаної літератури**

1. Энергетична та екологічна політика на автомобільному транспорті України: шляхи адаптації до законодавства ЄС (за матеріалами круглого столу) // Автошляховик України. – 2007. – № 5. – С. 2–5.
2. Проект Российского федерального закона «Об обеспечении экологической безопасности автомобильного транспорта».
3. Анфимов В. Автотранспорт и экология городов / В. Анфимов, Е. Гольдман, Н. Манусова, В. Анфимова. – Иерусалим, 2012. – 174с.
4. Montague P. Tire Dust // Rachel's Environment & Health Weekly, 1995. – № 439.
5. Матейчик В.П. Наукові основи підвищення екологічної безпеки дорожніх транспортних засобів: дис... доктора техн. наук: 05.22.02 / Матейчик Василь Петрович. – Київ, 2004. – 368 с.
6. Медовщиков Ю.В. Математическая модель параметрической матрицы исходных данных ездовых циклов / Ю.В. Медовщиков // Транспорт: наука, техника, управление. – М.: ВИНТИ, 1982. – Вып. 186. – С. 44 – 46.
7. Исследование зависимости между режимом работы и количеством отработавших газов с целью оценки их токсичности / [коллектив авторов КЭТУКИ (ВНР)] // Снижение загрязнения воздуха в городах выхлопными газами автомобилей: сб. научн. тр. – М.: НИИавтопром, 1971. – С. 32 – 37.
8. Гутаревич Ю.Ф. Определение выбросов окиси углерода / Ю.Ф. Гутаревич, В.Ф. Скорченко, Н.Н. Худолий [и др.] // Автомобильный транспорт. – 1979. – №6. – С. 44 – 45.
9. Третьяков О.Б. Воздействие шин на окружающую среду и человека / О.Б. Третьяков, В.А. Корнев, Л.В. Кривошеев // Научно-техническая библиотека. – Москва, 2001.
10. Хесин А.И. Канцерогенная опасность автомобильных шин / А.И. Хесин, М.Е. Скудатин, В.Н. Ушмодин // Национальная безопасность и геополитика России. – 2003. – № 10 – 11 (51 – 52).

11. Чекмарева О.В. Исследования условий формирования пылевых потоков на улицах промышленных городов / О.В. Чекмарева // Вестник ОГУ. – 2001. – №1. – С. 75 –78.

12. Киселев В.П. Исследование устойчивости дорожных вяжущих. Изменение группового состава битума в процессе эксплуатации. / В.П. Киселев, В.С. Филимонов [и др.]. // Химия растительного сырья. – 2008. – № 2. – С. 119 – 127.

13. Ревин А. Сравнительная оценка экологичности барабанных и дисковых колесных тормозных механизмов автотранспортных средств / А.Ревин, С. Тюрин, В. Федотов, А. Дроздов // Science – future of Lithuania. Transport Engineering. – Vilnius, 2009. – Vol. 1. – № 6 (Vehicle – Environment Interaction).

14. Комаров Ю.Я. Технология очистки воздуха от вредных выбросов движущихся автотранспортных средств / Ю.Я. Комаров, А.А. Рысаков, В.Н. Федотов // Известия ВолгГТУ. – Волгоград, 2004. – Т. 1.– С. 113 – 118 (Серия «Транспортные наземные системы»).

*Надійшла до редакції 13.06.2013 р.*

**Сахно В.П., Дугельный В.Н., Савенок Д.В. Анализ состава основных продуктов износа автомобильного транспорта**

Выполнен анализ объемов твердых продуктов износа, образующихся в результате истирания автомобильных шин, дорожного покрытия и накладок тормозных колодок. Приведены основные факторы, от которых они зависят.

**Ключевые слова:** автомобильный транспорт, окружающая среда, продукты износа, автомобильная шина, дорожное покрытие, канцерогены.

**Sahno V., Dugelnyj V., Savenok D. The analysis of the composition for the main products of wearing of automobile transport**

The analysis of the volumes of solid wear products that are formed as a result of abrasion of tires, road surface and brake blocks was done. The main factors that they depend were presented.

**Keywords:** automobile transport, the environment, products of wearing, automobile tire, road surface, carcinogens.