

В.Є. Титаренко, к.т.н., доц.  
О.В. Гончарук, ст. викл.  
І.А. Балагуц, студ.  
В.О. Мироненко, студ.

*Житомирський державний технологічний університет*

## ОЦІНКА ЕКОЛОГІЧНИХ, ПАЛИВНО-ЕКОНОМІЧНИХ ТА ДИНАМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ АВТОМОБІЛЯ ЗА ЕЛЕКТРОННИМ ПРОТОКОЛОМ РУХУ

*В роботі виконано оцінку екологічних, паливно-економічних та динамічних показників за електронним протоколом руху автомобіля на основі проведених експериментальних досліджень з використанням системи «ЕПРА».*

**Вступ.** Проблеми екології, в основному, пов'язані з викидами автомобільного транспорту і надзвичайно важливого значення набувають питання визначення найбільш екологічних режимів експлуатації автомобілів, що забезпечують процес мінімізації викидів за основними складовими. Бурхливий ріст кількості автомобільного транспорту сприяє загостренню проблем оптимальної експлуатації автомобіля за критеріями експлуатаційного ресурсу, економії палива, екологічних показників, що вимагає, в свою чергу, покращання методів оцінки ефективності та оптимальності використання транспортних засобів за багатьма напрямками впливу на навколишнє середовище. Тому актуальними є задачі створення нових доступних, технологічних методів визначення раціональності навантажуваності елементів трансмісії та несучої системи автомобіля, показників паливної економічності та забруднення атмосфери автомобільними викидами на базі таких систем, як «ЕПРА» [2, 3].

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Системи моніторингу та диспетчеризації транспорту – це електронно-технічні комплекси, які призначені для визначення параметрів умов експлуатації транспортних засобів. Будь-яка система моніторингу складається з двох складових: апаратної – бортового обладнання, що встановлюється безпосередньо на транспортний засіб та здійснює фіксацію даних (швидкості руху, пробігу, витрат палива, часу роботи тощо) і програмної складової, що здійснює розшифровку отриманих даних.

Інформаційний огляд показав актуальність поставленої проблеми. Встановлено наявність близько десяти систем супутникової навігації, основним завданням яких є передача інформації від автомобіля, що досліджується, на головний сервер через супутниковий зв'язок. Електронними системами моніторингу автомобільного транспорту займались багато науковців: В.О. Алексієв, В.П. Волков, В.І. Калмиков, Д.А. Соснін, В.Ф. Яковлев та ін. [4, 5]. Прикладами таких систем є: навігаційна Global Positioning System (GPS); глобальна навігаційна супутникова ГЛОНАСС; система супутникової навігації «Galileo»; китайська навігаційна супутникова – Compass/Beidou та ін.

Найбільш досконалою і широко використовуюваною вважається американська навігаційна система Global Positioning System (GPS), що є частиною комплексу NAVSTAR, який розроблений, реалізований і експлуатується Міністерством оборони США. Система GPS є єдиною супутниковою системою навігації в даний час, яка забезпечує надання послуг в глобальному масштабі. Однак слід зазначити про складність організації таких систем у зв'язку з необхідністю наявності супутника.

Програмно-апаратний комплекс «Електронний протокол руху автомобіля» (ПАК ЕПРА), який розроблений нашою кафедрою, має відносно вищу технологічність, тому що не потребує супутника. Це універсальний інструмент для реєстрації, зберігання, аналізу та обробки параметрів перебігу будь-яких процесів у транспортних та технологічних машинах і механізмах. На даний момент основне його призначення – збір інформації про рух автомобіля та статистичний аналіз цієї інформації. Основні параметри, які фіксує ПАК ЕПРА, це: миттєва швидкість автомобіля; миттєве прискорення; загальний пройдений шлях; пройдений шлях за поїздку; її тривалість; загальна кількість поїздок.

Загальна структура ПАК ЕПРА дозволяє змінювати кількість датчиків та налаштовувати кількість необхідних для реєстрації параметрів. Структурна схема комплексу на рівні програмного забезпечення (ПЗ), яку часто називають логічною схемою побудови, зображена на рисунку 1.

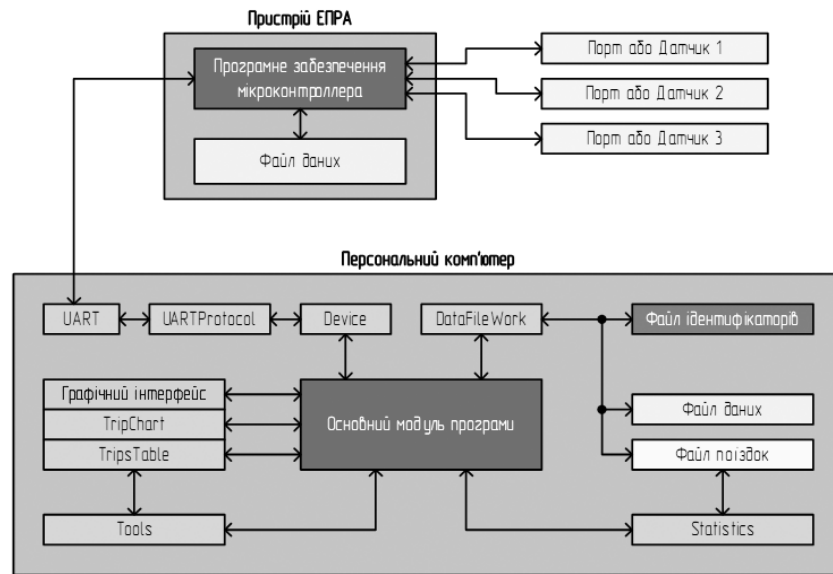


Рис. 1. Логічна схема ПІАК ЕПРА

**Постановка завдання.** Для дослідження поставлених проблемних питань в роботі вирішувались такі завдання: провести дослідження режимів руху декількох учасників, використовуючи спеціально розроблені програми; провести дослідження режимів гальмування кожного учасника руху; виконати оцінку зміни витрат палива залежно від режимів гальмування; виконати оцінки зміни автомобільних викидів за основними складовими залежно від режимів гальмування; виконати оцінку динамічного навантаження елементів автомобіля від частоти гальмування.

**Викладення основного матеріалу досліджень.** Для проведення досліджень режимів руху транспортних засобів, якими керують водії з різними навиками керування, система «ЕПРА» була встановлена на автомобілях для навчальної їзди.

Для розробки методики оцінки руху автомобіля за показниками навантаженості інерційними складовими, екологічності за викидами в атмосферу та паливної економічності був використаний електронний протокол руху автомобіля навчальної їзди за певний проміжок часу (рис. 2) та створена база даних на основі результатів досліджень джерела [7], наведена на рисунку 3 та в таблицях 1 і 2.

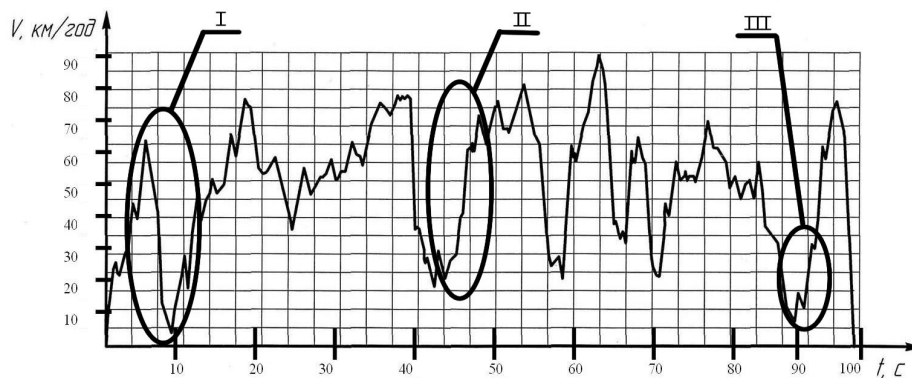


Рис. 2. Дослідження так «пиків» ЕПРА, що характеризують режими «гальмування–розгін»

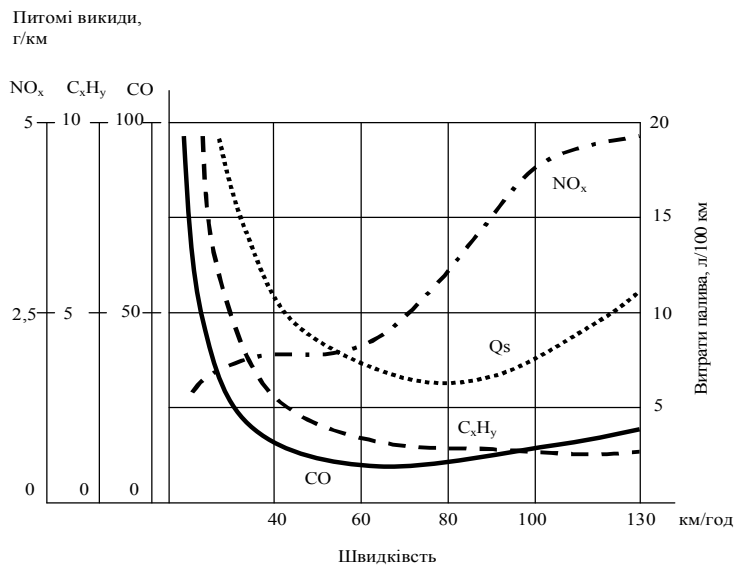


Рис. 3. Залежність питомих викидів та витрат палива легкових АТЗ від швидкості в режимі  $v_a = const$

Таблиця 1

Значення  $K$  різних груп АТЗ при розгоні (сповільненні)

| Розгін (уповільнення) до $V_a$ | Розгін     |            |             |                               |                 |          | Сповільнення |             |                               |                 |          |
|--------------------------------|------------|------------|-------------|-------------------------------|-----------------|----------|--------------|-------------|-------------------------------|-----------------|----------|
|                                | група      | Qs         | CO          | C <sub>x</sub> H <sub>y</sub> | NO <sub>x</sub> | частинки | Qs           | CO          | C <sub>x</sub> H <sub>y</sub> | NO <sub>x</sub> | частинки |
| 20 км/год.                     | <b>BM1</b> | <b>6,1</b> | <b>13,1</b> | <b>5,2</b>                    | <b>13,2</b>     |          | 0,2          | 0,3         | 0,3                           | 0,1             |          |
|                                | BM3        | 5,3        | 16,9        | 5,6                           | 6,3             |          | 0,2          | 0,2         | 0,3                           | 0,04            |          |
|                                | DM3        | 4          | 1,3         | 1,5                           | 5,6             | 18,2     | 0,2          | 0,2         | 0,2                           | 0,1             | 0,22     |
| 60 км/год.                     | <b>BM1</b> | <b>4,1</b> | <b>17,8</b> | <b>3,7</b>                    | <b>5</b>        |          | <b>0,1</b>   | <b>0,06</b> | <b>0,05</b>                   | <b>0,01</b>     |          |
|                                | BM3        | 2          | 6,5         | 2,9                           | 0,7             |          | 0,07         | 0,08        | 0,16                          | 0,01            |          |
|                                | DM3        | 1,5        | 1,3         | 0,7                           | 1,3             | 6,2      | 0,02         | 0,09        | 0,03                          | 0,01            | 0,02     |

Методика розшифровки електронного протоколу руху автомобіля побудована на дослідженнях max і min пікових характеристик, що показують режими прискорення-сповільнення автомобіля та для прикладу зазначені на рисунку 2 як I, II, III.

Дослідження сповільнення та розгону автомобіля на основі електронного протоколу руху автомобіля за основними викидами в атмосферу та паливною економічністю наведено на рисунках 4-8.

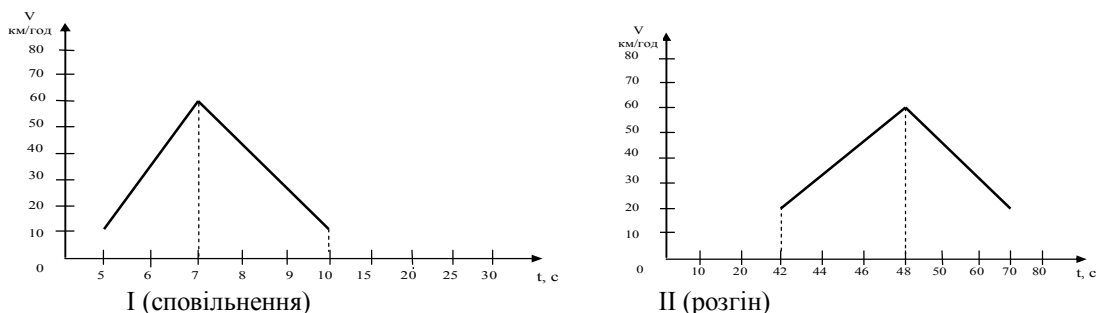
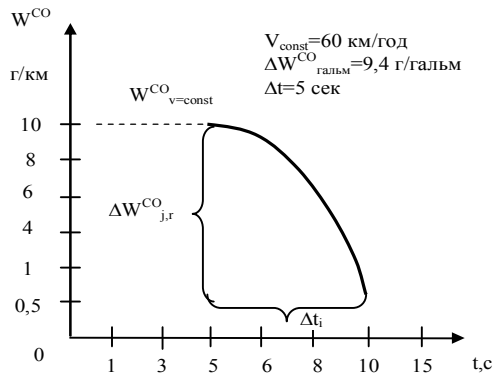


Рис. 4. Фрагментальне представлення елементів ЕПРА: I, II – змінні швидкісні режими з електронного протоколу руху автомобіля

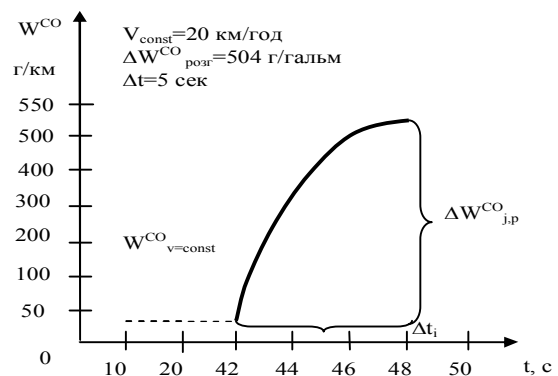
Таблиця 2

Викиди шкідливих речовин та витрата палива одиничних АТЗ  
в умовах експлуатації (їздові цикли за ГОСТом 20306-90), г/км

| Тип АТЗ                         | Класифікація | Qs, л/км | Викиди шкідливих речовин |                 |                               |                     |                 |                 |                |
|---------------------------------|--------------|----------|--------------------------|-----------------|-------------------------------|---------------------|-----------------|-----------------|----------------|
|                                 |              |          | СО                       | NO <sub>x</sub> | C <sub>x</sub> H <sub>y</sub> | тв. частинки (сажа) | CO <sub>2</sub> | SO <sub>2</sub> | сполуки свинцю |
| Пасажи́рські транспортні засоби |              |          |                          |                 |                               |                     |                 |                 |                |
| Бензинові                       | BM1          | 0,092    | 12,4                     | 1,9             | 2,1                           |                     | 199,1           | 0,14            | 0,024          |
|                                 | BM2          | 0,191    | 40,2                     | 1,3             | 3,1                           |                     | 382,9           | 0,27            | 0,045          |
|                                 | BM3          | 0,543    | 140                      | 12,7            | 8,2                           |                     | 1141,7          | 0,82            | 0,135          |
| Дизельні                        | DM1          | 0,67     | 3,1                      | 5,6             | 1,1                           | 0,18                | 154,6           | 0,53            |                |
|                                 | DM2          | 0,109    | 1,6                      | 2               | 0,4                           | 0,35                | 251,3           | 0,87            |                |
|                                 | DM3          | 0,408    | 7,1                      | 11,2            | 4,7                           | 0,96                | 1150,7          | 3,96            |                |
| Газові                          | СНГ М1       | 0,078    | 3,1                      | 0,7             | 1,8                           |                     | 205,3           | 0,02            |                |
|                                 | СНГ М2       | 0,123    | 10                       | 0,5             | 2,9                           |                     | 321,4           | 0,02            |                |
|                                 | СНГ М3       | 0,283    | 33,9                     | 4,6             | 7,6                           |                     | 741,3           | 0,05            |                |
|                                 | СНГ6М3       | 0,65*    | 69,8                     | 34,1            | 19,9                          |                     | 1289,8          | 1,26            |                |
|                                 | ГД М3        | 13**     | 49                       | 16,4            | 42,2                          | 0,39                | 842,5           | 0,59            |                |
| Вантажні автомобілі             |              |          |                          |                 |                               |                     |                 |                 |                |
| Бензинові                       | BN1          | 0,135    | 39,6                     | 3               | 4                             |                     | 276,8           | 0,2             | 0,033          |
|                                 | BN2          | 0,367    | 118,5                    | 10,1            | 10,7                          |                     | 725,6           | 0,52            | 0,086          |
|                                 | BN3          | 0,673    | 113,8                    | 16,4            | 7,1                           |                     | 1259,3          | 0,9             | 0,149          |
| Дизельні                        | DN1          | 0,075    | 5,1                      | 8,3             | 1,6                           | 0,36                | 173,1           | 0,6             |                |
|                                 | DN2          | 0,265    | 9,2                      | 8,4             | 2                             | 1,49                | 666,1           | 2,3             |                |
|                                 | DN3          | 0,457    | 15,9                     | 19,5            | 4,8                           | 1,06                | 1032            | 3,6             |                |
| Газові                          | СНГ N1       | 0,11     | 9,3                      | 1,1             | 3,4                           |                     | 289,1           | 0,02            |                |
|                                 | СНГ N2       | 0,217    | 28,4                     | 3,5             | 10,4                          |                     | 569,8           | 0,04            |                |
|                                 | СНГ6N2       | 0,30*    | 37,9                     | 15,3            | 13,1                          |                     | 590             | 0,58            |                |
|                                 | ГД N3        | 12**     | 54,8                     | 14,6            | 49,8                          | 0,375               | 795,1           | 0,56            |                |



а)



б)

Рис. 5. Зміна викидів за складовою CO:

а) при гальмуванні;

б) при розгоні

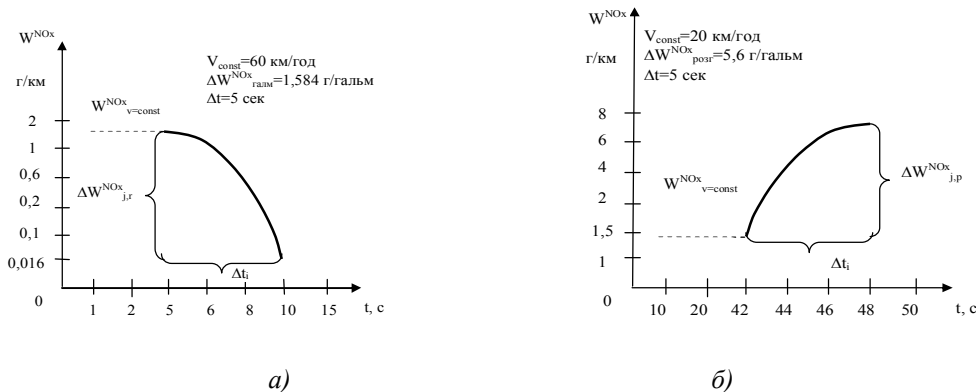


Рис. 6. Зміна викидів за складовою NO<sub>x</sub>: а) при гальмуванні; б) при розгоні

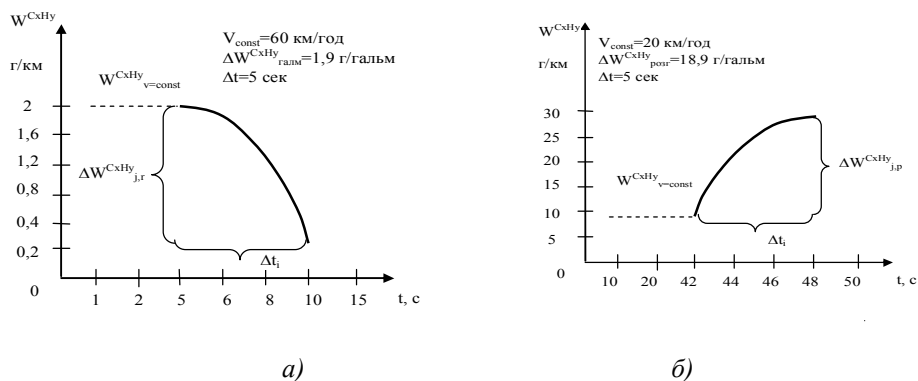


Рис. 7. Зміна викидів за складовою CxHy: а) при гальмуванні; б) при розгоні

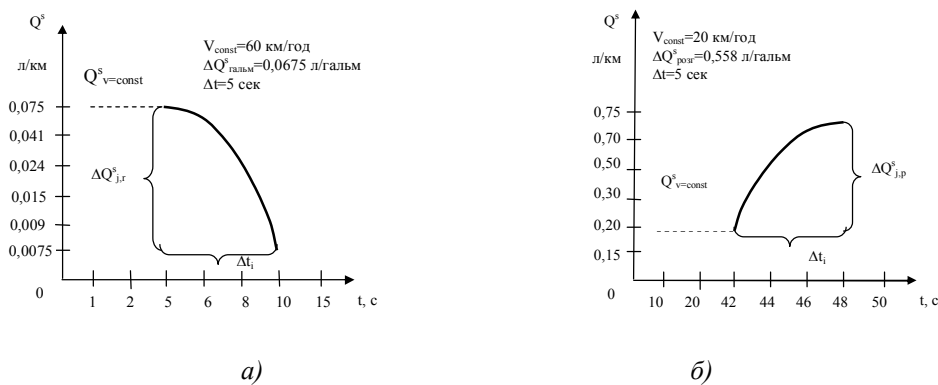


Рис. 8. Зміна витрат палива Q<sub>s</sub>: а) при гальмуванні; б) при розгоні

Основні розрахункові формули методики мають вигляд: при сповільненні:  $W_{\text{гальм}}^{\text{CO}} = K_c \cdot W_{v=\text{const}}^{\text{CO}}$ ;  $W_{\text{гальм}}^{\text{NO}_x} = K_c \cdot W_{v=\text{const}}^{\text{NO}_x}$ ;  $W_{\text{гальм}}^{\text{CxHy}} = K_c \cdot W_{v=\text{const}}^{\text{CxHy}}$ ; при розгоні:  $W_{\text{розгон}}^{\text{CO}} = K_p \cdot W_{v=\text{const}}^{\text{CO}}$ ;  $W_{\text{розгон}}^{\text{NO}_x} = K_p \cdot W_{v=\text{const}}^{\text{NO}_x}$ ;  $W_{\text{розгон}}^{\text{CxHy}} = K_p \cdot W_{v=\text{const}}^{\text{CxHy}}$ , де  $K_c$  і  $K_p$  – коефіцієнти для різних груп автотранспортних засобів, які враховують зміну питомих викидів при різних режимах сповільнення та розгону відповідно;  $W$  – питомі викиди за основними складовими.

Згідно з залежностями методики були визначені градієнти зміни викидів за основними складовими та градієнти витрат палива.

Динамічні навантаження елементів автомобіля від інерційної складової визначаються на основі II закону Ньютона за параметрами прискорень, знайдених з електронного протоколу руху ПАК ЕПРА.

Загальна методика розшифровки ЕПРА містить:

1) методику визначення питомих автомобільних викидів за основними складовими, з урахуванням режимів руху автомобіля «сповільнення–розгін», які відбуваються з певною частотою;

2) методику визначення питомих витрат палива для режиму руху автомобіля «сповільнення–розгін»;

3) методику оцінки динамічної навантаженості елементів автомобіля.

Окрім питомих автомобільних викидів за основними складовими та питомих витрат палива методика дозволяє виконувати розрахунки абсолютних викидів та абсолютних витрат палива, з врахуванням всіх експлуатаційних режимів: рух з постійною швидкістю, режим сповільнення та розгону.

Методики забезпечують розв'язання прямої й оберненої задачі, тобто можливість корегування режимів руху для забезпечення нормативних значень викидів та витрат палива.

Дослідивши електронний протокол руху автомобілів для семи учасників руху був побудований графік усереднених значень за кількістю гальмувань, що наведений на рисунку 9.

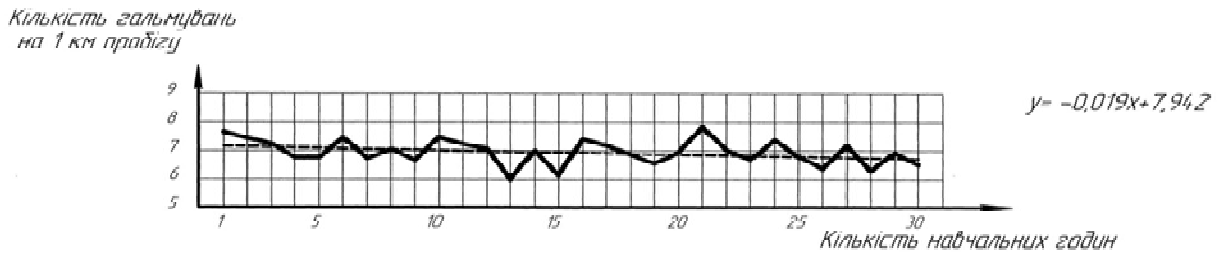


Рис. 9. Залежність частоти гальмувань від навиків водіння

На основі розробленої методики за електронним протоколом руху автомобіля були побудовані залежності закономірностей зміни питомих викидів від навиків водіння, що наведені на рисунку 10.

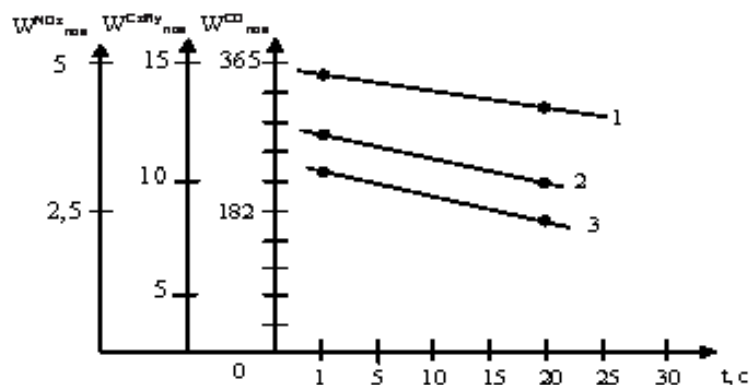


Рис. 10. Зміна питомих викидів автомобіля залежно від навиків водіння:  
1 – питомі викиди CO; 2 – питомі викиди NO<sub>x</sub>; 3 – питомі викиди C<sub>x</sub>H<sub>y</sub>

#### Висновки:

1. Розроблена методика розшифровки електронного протоколу руху автомобіля дозволяє виконувати оцінку екологічності роботи двигуна за основними складовими викидів на режимах сповільнення, розгону залежно від кількості гальмувань.

2. Частота гальмувань прямо пропорційно впливає на величину питомих автомобільних викидів за основними складовими.

3. Практичне використання розробленої методики дозволяє оцінити режим руху автомобіля і на основі цього визначити викиди за основними складовими, витрати палива, динаміку навантаження в русі з задовільною достовірністю.

#### Список використаної літератури:

1. Филимонов С.В. Основы управления транспортными средствами и безопасность движения : учеб. пособие / С.В. Филимонов, С.Г. Тальшев, Ю.В. Илясов. – Пенза : Изд-во Пенз. гос. ун-та, 2007. – 98 с.
2. Петров В.М. Электрооборудование, электронные системы и бортовая диагностика автомобиля : учеб. пособие / В.М. Петров, И.Ф. Дьяков. – Ульяновск, 2005. – 118 с.
3. Литвиненко В.В. Автомобильные датчики, реле и переключатели : краткий справочник / В.В.

- Литвиненко, А.П. Майструк.* – М. : ЗАО «КЖИ «За рулем», 2004. – 176 с.
4. *Алексієв В.О.* Мехатроніка транспортних засобів та систем : навч. посібник / *В.О. Алексієв, В.П. Волков, В.І. Калмиков.* – Харків : ХНАДУ, 2003. – 225 с.
  5. *Соснин Д.А.* Новейшие автомобильные электронные системы : учеб. пособие / *Д.А. Соснин, В.Ф. Яковлев.* – М. : СОЛОН-Пресс, 2005. – 240 с.
  6. *Говоруценко Н.Я.* Системотехника транспорта (на примере автомобильного транспорта) / *Н.Я. Говоруценко, А.Н. Туренко.* – 2-е изд., перераб. и доп. – Харьков : РИО ХГАДТУ, 1999. – 468 с.
  7. *Луканин В.Н.* Промышленно-транспортная экология : учебник / *В.Н. Луканин, Ю.В. Трофимов ;* под ред. *В.Н. Луканина.* – М. : Высш. шк., 2001. – 273 с.

ТИТАРЕНКО Володимир Євгенійович – кандидат технічних наук, доцент кафедри автомобілів і механіки технічних систем Житомирського державного технологічного університету.

Наукові інтереси:

- надійність і міцність машин;
- проблеми вібронавантажуваності несучих систем і екологічні проблеми автомобільного транспорту;
- сучасні ресурсозберігаючі технології.

ГОНЧАРУК Олександр Вікторович – старший викладач кафедри автомобілів і механіки технічних систем Житомирського державного технологічного університету.

Наукові інтереси:

- конструювання машин;
- проблеми міцності.

БАЛАГУЦ Інна Анатоліївна – студентка кафедри автомобілів і механіки технічних систем Житомирського державного технологічного університету.

Наукові інтереси:

- сучасні технології в автомобільному транспорті.

МИРОНЕНКО Володимир Олегович – студент кафедри автомобілів і механіки технічних систем Житомирського державного технологічного університету.

Наукові інтереси:

- електронні системи засобів автомобільного транспорту.

Стаття надійшла до редакції 19.10.2012