

ЕКОЛОГІЧНІ БАГАТОПАРАМЕТРОВІ ХАРАКТЕРИСТИКИ АВТОМОБІЛЯ

В. Ф. Шапко, А. І. Атамась, В. О. Єлістратов

Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського

вул. Першотравнева, 20, м. Кременчук, 39600, Україна. E-mail: vfshapko@gmail.com

Наведено метод визначення екологічних характеристик автомобіля, за яким викиди шкідливих компонентів відображаються при будь-якому завантаженні автомобіля, дорожніх умовах і швидкості руху. Екологічні характеристики автомобіля розраховуються за концентраціями шкідливих компонентів у відпрацьованих газах двигуна, отриманих експериментально на моторному стенді. За визначеними концентраціями шкідливих компонентів на різних швидкісних і навантажувальних режимах проводиться математичний опис їх залежності від частоти обертання валу та навантаження відносно показників на номінальному режимі. Залежності зміни концентрацій від частоти обертання валу та навантаження описані поліномами другого ступеня. Аналітичний опис дає можливість розрахувати та побудувати екологічні характеристики двигуна залежно від частоти обертання та навантаження. За отриманими характеристиками розраховуються та побудовуються екологічні багатопараметрові характеристики автомобіля під час руху на різних передачах залежно від швидкості автомобіля, завантаження й опору руху.

Ключові слова: автомобіль, двигун, викиди, концентрації, характеристики, метод.

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ МНОГОПАРАМЕТРОВЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ АВТОМОБИЛЯ

В. Ф. Шапко, А. И. Атамась, В. А. Елистратов

Кременчугский национальный университет имени Михаила Остроградского

ул. Первомайская, 20, г. Кременчуг, 39600, Украина. E-mail: vfshapko@gmail.com

Приведен метод определения экологических характеристик автомобиля, по которому выбросы вредных компонентов отображаются при любой загрузке автомобиля, дорожных условиях и скорости движения. Экологические характеристики автомобиля рассчитываются по концентрациям вредных компонентов в отработанных газах двигателя, полученных экспериментально на моторном стенде. По определенным концентрациям вредных компонентов на разных скоростных и нагрузочных режимах проводится математическое описание их зависимости от частоты вращения вала и нагрузки относительно показателей на номинальном режиме. Зависимости изменения концентраций от частоты вращения вала и нагрузки описаны полиномами второй степени. Аналитическое описание дает возможность рассчитать и построить экологические характеристики двигателя в зависимости от частоты вращения и нагрузки. По полученным характеристикам рассчитываются и строятся экологические многопараметровые характеристики автомобиля во время движения на разных передачах в зависимости от скорости автомобиля, загрузки и сопротивления движения.

Ключевые слова: автомобиль, двигатель, выбросы, концентрации, характеристики, метод.

АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ. Автомобільний транспорт, як відомо, став одним із основних джерел забруднення довкілля [1, 2, 3]. Для зменшення негативного впливу автомобілів на навколишнє середовище ведуться наукові дослідження, які дозволили останнім часом значно зменшити викиди шкідливих речовин автомобілями.

В багатьох країнах Світу, в тому числі Європи, діють стандарти, за якими проводять контроль екологічної безпеки автомобілів за викидами з відпрацьованими газами (ВГ) оксидів вуглецю (СО), оксидів азоту (NO_x) та вуглеводнів (C_nH_m), а для автомобілів з дизелями також і «твердих часток», що є в основному сажею (С) [4, 5].

Визначення показників екологічної безпеки автомобіля є складною задачею, тому потребує надійних і зручних методів [6, 7]. Екологічні показники автомобіля визначають методами, що передбачені стандартами, на відповідність вимог яких оцінюють автомобіль.

Але використання цих методів досить затратне й вони не дають повної та об'єктивної оцінки й часто незручні для використання при контролі автомобілів.

Метою роботи є розробка методу визначення екологічних характеристик автомобіля, за яким екологічні показники автомобіля отримуються за будь-якій швидкості, навантаженні та дорожніх умовах.

МАТЕРІАЛ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ.

Правилами СЕК ООН, що використовуються в країнах Європи, відповідність автомобіля вимогам екологічної безпеки визначають за питомими викидами зазначених вище компонентів ВГ [8].

Питомі викиди двигуна за *i*-м компонентом визначають на одиницю його потужності за формулою, $g/(кВт \cdot год)$:

$$g_i = \frac{G_i}{N_e}, \quad (1)$$

де G_i – годинні викиди *i*-го компоненту, $г/год$; N_e – ефективна потужність двигуна, $кВт$.

Питомі масові викиди автомобіля за *i*-м компонентом визначають на одиницю пройденого ним шляху S за формулою, $г/км$:

$$q_i = \frac{m_i}{S} = \frac{G_i}{V}, \quad (2)$$

де m_i – кількість викидів *i*-го компоненту, $г$; S – пройдений автомобілем шлях, $км$; V – швидкість руху автомобіля, $км/год$.

Із формул (1) і (2) видно, що як для визначення питомих викидів двигуна, так і для визначення питомих викидів автомобіля потрібно знати викиди шкідливих компонентів ВГ двигуна за годину його роботи.

Викиди шкідливих компонентів ВГ двигуна залежать від якості сумішоутворення, згоряння та режимів роботи автомобільного двигуна, які в свою

чергу пов'язані із швидкістю, завантаженням та дорожніми умовами руху автомобіля.

Їх розрахувати та визначити експериментально прямими вимірюваннями неможливо.

Сучасна вимірювальна техніка дає можливість провести вимірювання концентрацій зазначених стандартами шкідливих компонентів у ВГ, а також і димність у дизелів.

Концентрації шкідливих компонентів визначають в об'ємних і масових одиницях наявності i -го компонента в розглянутому об'ємі ВГ.

Під час визначення об'ємних концентрацій i -го компонента використовують відносні (безрозмірні) показники в частках на одиницю об'єму, у відсотках (%), або визначають кількість молів компонента в одному мільйоні молів газу (ppm).

Відносні концентрації залежно від одиниць виміру розраховують за формулою:

$$C_{iоб} = C_{i\%} \cdot 10^{-2} = C_{i ppm} \cdot 10^{-6}. \quad (3)$$

За об'ємними концентраціями розраховують масові концентрації, приводячи стан газу до стандартних умов, за формулою, $г/м^3$:

$$C_{im} = C_{iоб} \frac{\mu_i}{22,4} \cdot 10^3, \quad (4)$$

де μ_i – молярна маса i -го компонента, $г/кмоль$; 22,4 – об'єм у кубометрах одного кіломоля газу за стандартних умов, $м^3/кмоль$.

Під час проведення випробувань для визначення концентрації сажі вимірюють показник димності. За лінійним показником N поглинання розраховують концентрації сажі за формулою [5]:

$$C_C = -\frac{0,121}{L} \cdot \ln\left(1 - \frac{N}{100}\right). \quad (5)$$

де L – фотометрична база димоміра; N – лінійний показник димності, %.

Концентрації шкідливих компонентів у ВГ і димність вимірюють під час випробувань двигуна на моторному стенді на різних режимах частоти обертання колінчастого валу двигуна та навантажень у межах від режиму холостого ходу до режиму максимальної потужності. За результатами випробувань будують відповідні характеристики двигуна.

На рис. 1 наведені екологічні характеристики автомобільного дизеля ЯМЗ-238 М2 залежно від частоти обертання колінчастого валу та навантаження, які були отримані під час проведення випробувань на моторному стенді [9].

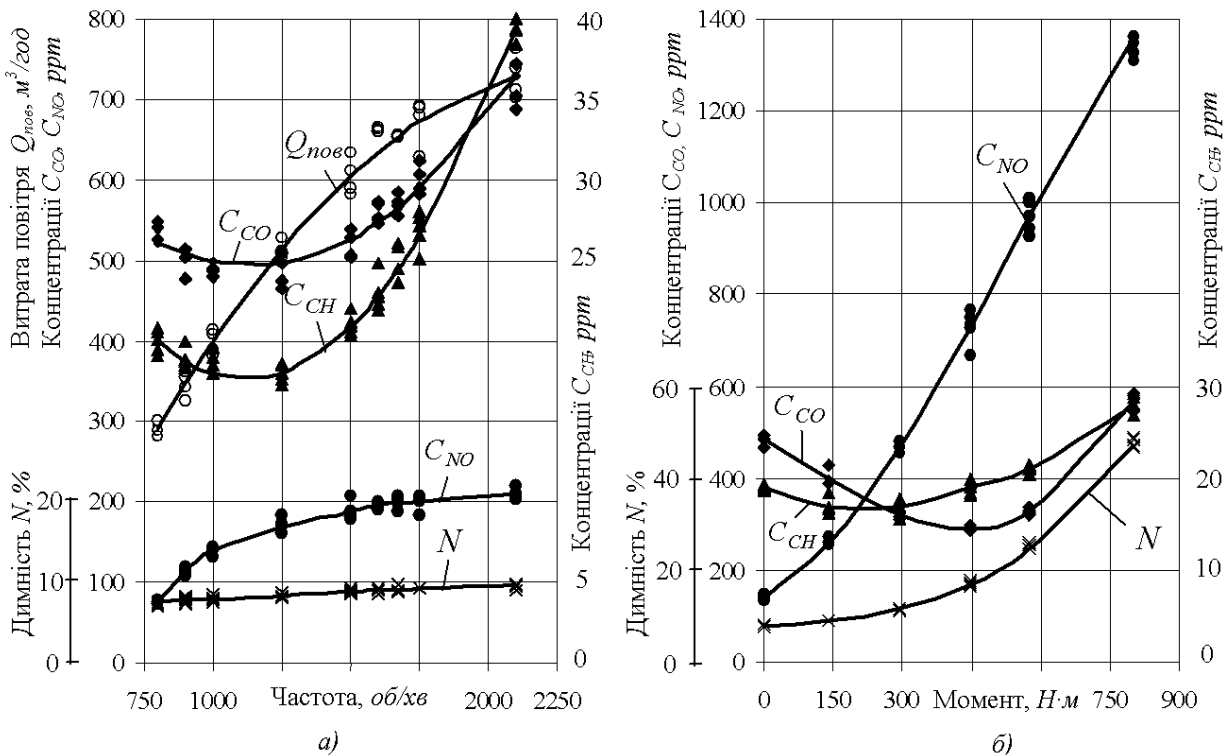


Рисунок 1 – Екологічні характеристики дизеля ЯМЗ-238 М2:
 а) – характеристика без навантаження ($M_e = 0$);
 б) – навантажувальна характеристика ($n = 1000$ об/хв)

Концентрації шкідливих компонентів у ВГ можна визначити за формулою [9]:

$$C_i = C_{iN} \cdot k_{in} \cdot k_{im}, \quad (6)$$

де C_{iN} – концентрації i -го компонента у ВГ на режимі максимальної потужності; k_{in} і k_{im} – коефіцієнти, за якими враховують зміну концентрацій при зміні

частоти обертання валу двигуна та навантаження відносно відповідних показників на номінальному режимі.

Таким же чином можна визначити і витрати палива та повітря.

Коефіцієнти k_{in} і k_{im} можна описати у вигляді поліномів другого ступеня [9]:

$$k_{in} = a_{in} + b_{in} \cdot \left(\frac{n}{n_N}\right) + c_{in} \cdot \left(\frac{n}{n_N}\right)^2, \quad (7)$$

$$k_{im} = a_{im} + b_{im} \cdot \left(\frac{M_e}{M_{eN}}\right) + c_{im} \cdot \left(\frac{M_e}{M_{eN}}\right)^2, \quad (8)$$

де a_{in}, b_{in}, c_{in} і a_{im}, b_{im}, c_{im} – коефіцієнти поліномів; n – частота обертання валу двигуна, *об/хв*; M_e – ефективний момент двигуна, *Н·м*; n_N і M_{eN} – показники на режимі максимальної потужності.

Коефіцієнти поліномів a_{in}, b_{in}, c_{in} і a_{im}, b_{im}, c_{im} можна отримати обробкою результатів вимірювань концентрацій по кожному компоненту методом найменших квадратів.

Результати вимірювань витрати повітря, димності, концентрацій оксидів вуглецю, вуглеводнів і оксидів азоту у ВГ на номінальному режимі двигуна ЯМЗ-238 М2 під час випробувань на моторному стенді та розраховані значення коефіцієнтів поліномів a_{in}, b_{in}, c_{in} і a_{im}, b_{im}, c_{im} наведені в табл. 1.

За формулами (6), (7) і (8) розраховують значення концентрацій на режимах роботи двигуна, що відповідають точкам перетинання ліній сітки у вибраних координатах побудови екологічних характеристик двигуна.

Отримані дані зводять до таблиць, з яких видно значення концентрацій шкідливих компонентів та межі їх зміни у робочому діапазоні режимів роботи двигуна.

Таблиця 1 – Показники витрати повітря, димності та концентрацій NO_x, CO і C_nH_m на номінальному режимі та коефіцієнти поліномів

Показник	Режим <i>Nemax</i>	Коефіцієнти полінома впливу навантаження			Коефіцієнти полінома впливу частоти		
		a_{im}	b_{im}	c_{im}	a_{in}	b_{in}	c_{in}
Витрата повітря $Q_{пов}, м^3/год$	730	-	-	-	-1,12	2,52	-0,4
Концентрації CO, ppm	797	0,89	-1,53	1,64	1,14	-1,7	1,56
Концентрації NO_x, ppm	2040	0,08	0,67	0,25	-0,42	2,7	-1,3
Концентрації C_nH_m, ppm	59	0,67	-0,42	0,75	1,18	-2,74	2,56
Димність $N, \%$	56	0,180	-0,22	1,040	0,66	0,345	0

За цими даними можна визначити наявність режиму з мінімальними концентраціями та приблизно побудувати ізолінії постійних значень концентрацій (рис. 2).

Підвищити точність визначення положення ізоліній можна, якщо з зазначеними концентраціями при заданих частотах обертання валу розраховувати положення їх координат за навантаженням, тобто побудову ізоліній прив'язати до координатної сітки.

За основу визначення екологічних багатопараметрових характеристик двигуна можна використати метод отримання паливно-економічної багатопараметрової характеристики двигуна внутрішнього згоряння, який викладено в роботі [10].

Для вибраних значень концентрацій і заданої частоти обертання колінчастого валу положення координат за навантаженням отримуємо, підставивши до формули (6) рівняння (8):

$$C_i = C_{iN} k_{in} \left[a_{im} + b_{im} \left(\frac{M_e}{M_{eN}}\right) + c_{im} \left(\frac{M_e}{M_{eN}}\right)^2 \right]. \quad (9)$$

Поділивши рівняння (9) на $C_{iN} \cdot k_{in}$, після перетворень отримаємо:

$$c_{im} \left(\frac{M_e}{M_{eN}}\right)^2 + b_{im} \frac{M_e}{M_{eN}} + \left(a_{im} - \frac{C_i}{C_{iN}} \cdot \frac{1}{k_{in}} \right) = 0. \quad (10)$$

Розв'язанням цього рівняння є формула:

$$M_e = M_{eN} \frac{-b_{im} \pm \sqrt{b_{im}^2 - 4c_{im} \left(a_{im} - \frac{C_i}{C_{iN}} \cdot \frac{1}{k_{in}} \right)}}{2 \cdot c_{im}}. \quad (11)$$

Таким чином, для кожного заданого значення k_{in} , що визначається для заданих вибраними координатами значень частоти обертання валу, можливі два значення ефективного моменту M_{e1} і M_{e2} (рис. 2).

Якщо ізолінія замкнута, то визначають положення точок перегину за швидкістю обертання.

Положення точок перегину за швидкістю відповідає умові, коли існує лише один корінь, розрахований за формулою (11), тобто коли виконується умова:

$$b_{im}^2 - 4c_{im} \left(a_{im} - \frac{C_i}{C_{iN}} \cdot \frac{1}{k_{in}} \right) = 0. \quad (12)$$

При розв'язанні рівняння (12) відносно k_{in} , отримуємо формулу:

$$k_{in} = \frac{4c_{im} \frac{C_i}{C_{iN}}}{4c_{im} \cdot a_{im} - b_{im}^2}. \quad (13)$$

Після перенесення всіх членів рівняння (7) в ліву частину, отримаємо форму запису звичайного квадратного рівняння:

$$c_{in} \left(\frac{n}{n_N}\right)^2 + b_{in} \left(\frac{n}{n_N}\right) + (a_{in} - k_{in}) = 0, \quad (14)$$

розв'язанням якого є вираз:

$$n_{1,2} = n_N \frac{-b_{in} \pm \sqrt{b_{in}^2 - 4c_{in}(a_{in} - k_{in})}}{2c_{in}} \quad (15)$$

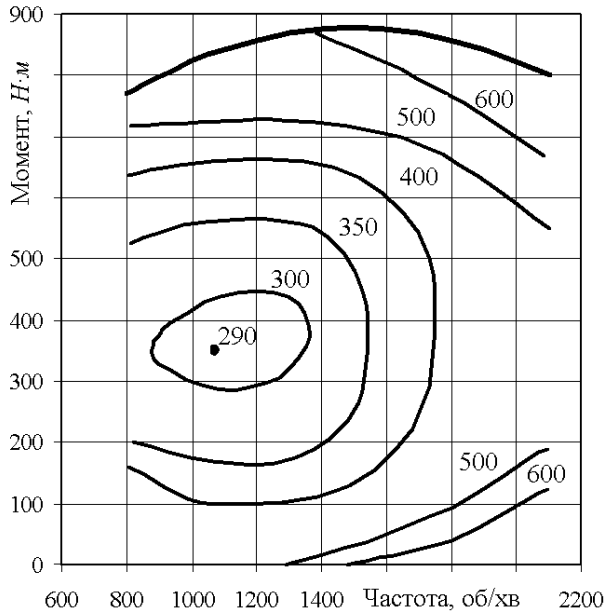
До формул (14) і (15) підставляємо значення k_{in} , які розраховуємо за формулою (13) для відповідної концентрації.

За результатами розрахунків при заданих значеннях концентрацій отримаємо два значення частоти обертання колінчастого валу.

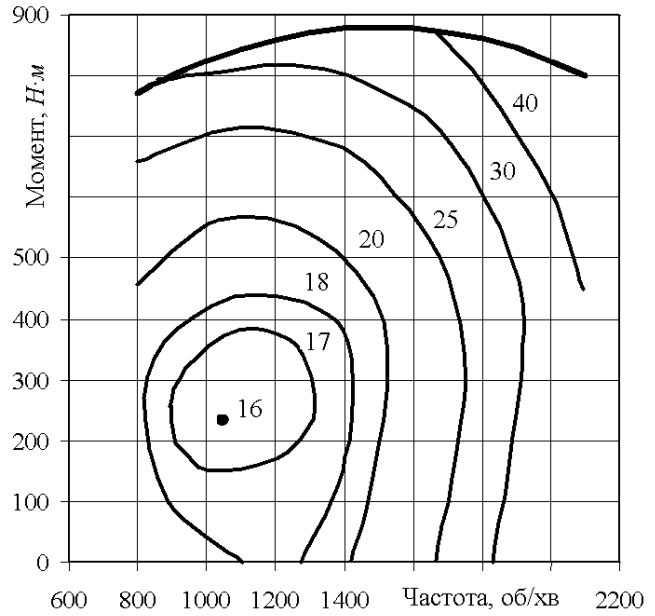
Якщо вони знаходяться за межами робочого діапазону двигуна то їх відкидають. Тоді ізолінії стають розімкнутими.

Розімкнутими вони будуть і тоді, коли ізолінії доходять до меж робочого діапазону режимів роботи двигуна.

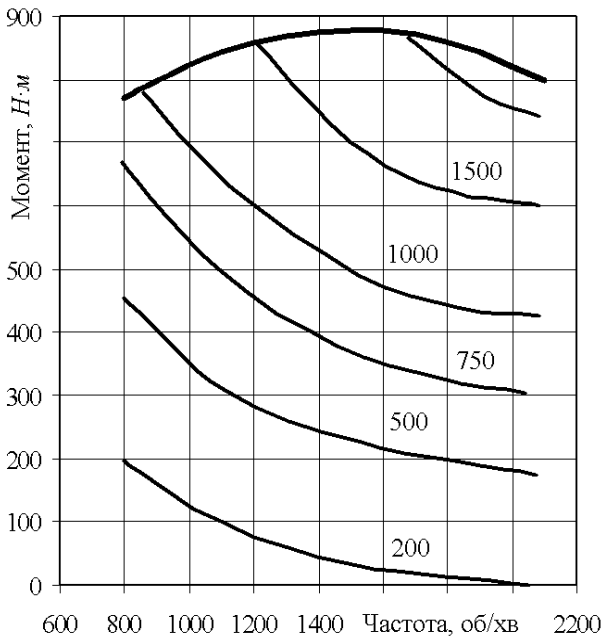
З отриманих характеристик (рис. 2) видно, як змінюються концентрації шкідливих компонентів при зміні режимів роботи двигуна.



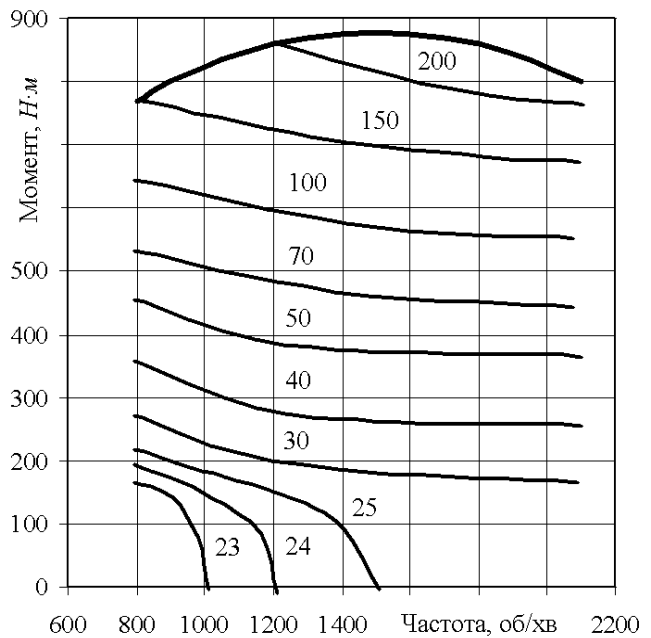
а)



б)



в)



г)

Рисунок 2 – Екологічні багатопараметрові характеристики дизеля ЯМЗ-238 М2:

- а) – за концентраціями CO, ppm; б) – за концентраціями C_nH_m, ppm; в) – за концентраціями NO_x, ppm;
- г) – за концентраціями сажі, мг/м³;

— ізолінії концентрацій; — момент за зовнішньою швидкісною характеристикою

Використання багатопараметрових характеристик дає змогу визначити концентрації будь-якого компонента ВГ при будь-якому режимі роботи двигуна.

Для цього від заданої координати частоти обертання валу двигуна проводять вертикальну лінію, а від координати навантаження – горизонтальну.

Отримана точка перетинання цих ліній вказує на ізолінію концентрації шкідливого компонента у ВГ, що близько знаходиться між наведеними ізолініями. Якщо потрібно більш точно визначити концентрацію на заданому режимі, то її можна розрахувати за формулою (6).

Режим мінімальних концентрацій в робочому діапазоні режимів роботи двигуна спостерігається для концентрацій оксидів вуглецю та вуглеводнів.

Це пояснюється тим, що на режимах малих навантажень і при малій частоті обертання валу двигуна концентрації цих компонентів збільшуються через низьку температуру продуктів згоряння.

Тому поблизу точки цього режиму на характеристиці ізолінії концентрацій замкнуті. В подальшій зміні режиму роботи двигуна ізолінії стають розімкнутими.

При збільшенні потужності двигуна, починаючи від мінімальних концентрацій, концентрації оксидів вуглецю та вуглеводнів збільшуються, незважаючи на підвищення температури. Це відбувається в результаті збільшення циклової порції палива і як наслідок – зменшення коефіцієнту надлишку повітря.

За концентраціями оксидів азоту та сажі режими мінімальних концентрацій відсутні. Із збільшенням потужності двигуна концентрації цих компонентів завжди збільшуються.

Концентрації сажі на рис. 2 наведені у масових одиницях, тому їх потрібно порівнювати з концентраціями оксидів вуглецю, вуглеводнів і оксидів азоту також за масовими концентраціями, які визначають за формулами (3), (4) і (5).

За обмеженням об'єму статті ці графіки тут не наведені.

Найбільші концентрації спостерігаються за викидами оксидів азоту. Вони в кілька разів перевищують концентрації оксидів вуглецю та вуглеводнів.

Найменші концентрації спостерігаються за викидами вуглеводнів.

Масові концентрації сажі мають такий же порядок, як і концентрації вуглеводнів.

Екологічні багатопараметрові характеристики автомобіля визначають за формулою (2). Зв'язок швидкості руху автомобіля V з частотою обертання колінчастого валу n і сили тяги P_k з моментом двигуна M_e визначають за відомими формулами:

$$V = 3,6 \frac{\pi \cdot n \cdot r}{30 \cdot u_{mp}}, \quad (16)$$

$$P_k = \frac{M_e \cdot u_{mp} \cdot \eta_{mp}}{r}, \quad (17)$$

де r – радіус колеса автомобіля, u_{mp} і η_{mp} – відповідно, передатне число та ККД трансмісії.

За вертикальну вісь доцільно приймати різницю сили тяги та опору повітря $P_k - P_{нов}$.

Тоді опором руху буде лише опір дороги, а лінії будуть горизонтальними та визначатися за формулою:

$$P_{\psi} = \psi_{\partial} \cdot m \cdot g = \psi_{\partial} \cdot k_e \cdot m_n \cdot g = \psi_{\partial e} \cdot m_n \cdot g, \quad (18)$$

де ψ_{∂} – коефіцієнт опору дороги; k_e – коефіцієнт, що враховує ступінь завантаження автомобіля; m і m_n – відповідно, дійсна маса і повна маси автомобіля; $\psi_{\partial e} = \psi_{\partial} \cdot k_e$ – коефіцієнт, який одночасно враховує опір дороги та ступінь завантаження автомобіля.

Коефіцієнт k_e , що враховує ступінь завантаження автомобіля:

$$k_e = \frac{m}{m_n} = 1 - \frac{m_{eN} - m_e}{m_n}, \quad (19)$$

де m_{eN} і m_e – вантажність і дійсна маса вантажу.

Екологічні характеристики автомобіля визначають для всіх передач, але їх побудувати у форматі, обмеженому вимогами щодо формату й об'єму статті, практично не можливо. Оптимальний масштаб побудови характеристики на одних передачах не є оптимальним на інших, тому у цьому випадку доцільно будувати характеристики для кожної передачі на окремих аркушах.

На рис. 3 наведені екологічні багатопараметрові характеристики автомобіля КрАЗ-6510 з дизелем ЯМЗ-238 М2 на прямій (четвертій) передачі.

Екологічні характеристики дають змогу визначити викиди шкідливих компонентів автомобіля при будь-якому його навантаженні та дорожніх умовах.

Для цього від заданої координати швидкості руху автомобіля потрібно провести вертикальну лінію до її перетинання з лінією сили, положення якої відповідає силі опору дороги.

Отримана точка перетинання цих ліній вказує на ізолінію однакових викидів шкідливого компонента з ВГ у грамах на кілометр пройденого шляху.

На характер зміни екологічних показників автомобіля (рис. 3) за всіма компонентами впливає характер зміни їх концентрацій (рис. 2).

За всіма компонентами найбільші викиди спостерігаються на режимах максимальних навантажень (рис. 3). За викидами оксидів азоту та сажі із збільшенням опору руху та швидкості викиди завжди збільшуються, а за викидами оксидів вуглецю та вуглеводнів існують режими середніх навантажень з мінімальними викидами.

Екологічні багатопараметрові характеристики можна побудувати з використанням безрозмірних параметрів.

Якщо вирази $P_k - P_{нов}$ і $P_{\psi} = \psi_{\partial e} \cdot m_n \cdot g$ поділити на повну вагу ($m_n \cdot g$), то отримаємо динамічні характеристики. У цьому випадку по вісі ординат відкладається динамічний фактор і в цьому ж масштабі – коефіцієнт $\psi_{\partial e}$, що одночасно враховує опір дороги та завантаження автомобіля.

ВИСНОВКИ. Розроблено метод визначення екологічних характеристик автомобіля, за яким екологічні показники відображаються залежно від швидкості руху автомобіля, навантаження й опору дороги. Використання цих характеристик дає змогу скоротити витрати на проведення оцінки екологічної безпеки автомобіля.

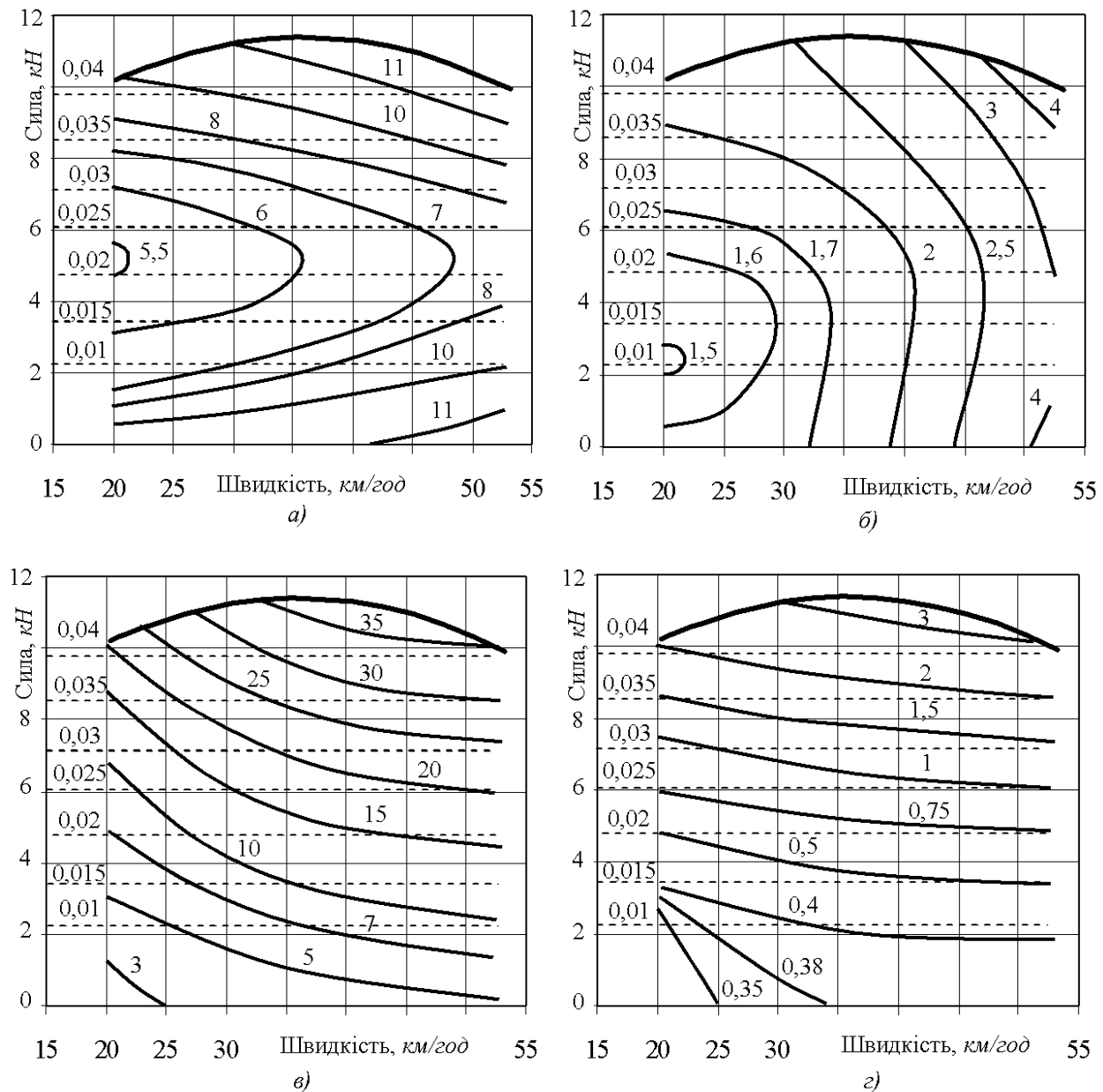


Рисунок 3 – Екологічні багатопараметрові характеристики автомобіля КрАЗ-6510 при русі на 4-й передачі:

а) – за викидами CO; б) – за викидами C_nH_m; в) – за викидами NO_x; г) – за викидами сажі;

— сила $P_k - P_{нов}$, за зовнішньою швидкісною характеристикою; ——— ізолінії викидів, г/км;

----- – сили опору дороги при коефіцієнті $\psi_{дв} = \psi_{д} \cdot k_{в}$, що нанесено над лініями

ЛІТЕРАТУРА

1. Канило П. М., Бей И. С., Ровенский О. И. Автомобиль и окружающая среда. Харьков: Прапор, 2000. 304 с.
 2. Звонов В. А., Козлов А. В., Кутенев В. Ф. Экологическая безопасность автомобиля в полном жизненном цикле. Москва: НАМИ, 2001. 248 с.
 3. Канило П. М., Костенко К. В., Внукова Н. В., Коверсун С. О. Канцерогенность відпрацьованих газів автомобілів. *Автомобильный транспорт. Сборник научных трудов ХНАДУ*. Харьков, 2013. Вып. 29. С. 160–167.
 4. Двигуни внутрішнього згорання: у 6 т. Екологізація ДВЗ / За ред. проф. А. П. Марченка та засл. діяча науки України проф. А. Ф. Шеховцова. Хар-

ків: Прапор, 2004. Т. 5. 360 с.
 5. Гутаревич Ю. Ф., Зеркалов Д. В., Говорун А. Г., Коргач А. О., Мержиевська Л. П. Екологія та автомобільний транспорт: навч. посібник. Київ: Арістей, 2006. 300 с.
 6. Матейчик В. П. Методи оцінювання та способи підвищення екологічної безпеки дорожніх транспортних засобів: монографія. Київ: НТУ, 2006. 216 с.
 7. Матейчик В. П., Лейда К. С. Гутаревич Ю. Ф., Цюман М. П. Моделювання екологічних показників транспортних засобів в інформаційно-аналітичній системі моніторингу транспортних потоків. *Вісник Національного транспортного університету*. Київ: НТУ, 2014. Вып. 30. С. 246–254.

8. Абрамчук Ф. І., Гутаревич Ю. Ф., Долганов К. Є., Тимченко Ф. Ф. Автомобільні двигуни: підручник. Київ: Арістей, 2004. 476 с.

9. Шапко В. Ф., Атамась А. І., Шапко С. В. Метод розрахунку екологічних характеристик автомобіля. *Вісник Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського*. Кремен-

чук: КрНУ ім. М. Остроградського, 2013. Вип. 3/2013 (80). С. 180–185.

10. Шапко В.Ф., Шапко С.В. Метод розрахунку багатопараметрової характеристики автомобільного двигуна внутрішнього згоряння. *Вісник Кременчуцького державного політехнічного університету*. Кременчук: КДПУ, 2009. Вип. 1/2009 (54). С. 93–95.

ENVIRONMENTAL MULTI-PARAMETER CHARACTERISTICS OF THE CAR

V. Shapko, A. Atamas, V. Yelistratov

Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University

vul. Pershotravneva, 20, Kremenchuk, 39600, Ukraine. E-mail: vfshapko@gmail.com

Purpose. To develop a method for determining the environmental characteristics of the car based on its environmental performance displayed by the speed of movement, load and road conditions. **Methodology.** Experimental studies were conducted to determine the concentrations of harmful components in the exhaust gases of diesel at different frequency of rotation of the engine shaft and load. Experiments were carried out in laboratory conditions on a motor stand. Based on the results of the measurements, patterns of changes in concentrations of harmful components in exhaust gases have been established. These patterns are described analytically in the form of polynomials of the second degree with respect to indicators at maximum engine power. Using the obtained equations, the ecological characteristics of the engine are calculated and constructed according to the concentrations of harmful components in the exhaust gases and the environmental characteristics of the car are determined by the emissions of harmful components per unit of distance travelled. **Results.** A method has been developed to determine the environmental characteristics of the car based on its environmental indicators which are displayed depending on the speed of the car, load and road resistance. This method will reduce the time and cost of work to assess the environmental safety of the car. **Originality.** The environmental characteristics of the car are presented in the form of multi-parameter characteristics. The characteristics are built in the coordinate axes of the vehicle speed and load. To determine the environmental performance of the car at any load and road conditions along the coordinate axes, the modes of movement of the car in speed and load are set. From the specified coordinates of the speed of the car you need to draw a vertical line, and from the coordinates of forces – horizontal line. The resulting crossing point of these lines shows the value of the emissions of the component in question per unit of the path the vehicle has travelled. **Practical value.** According to the environmental multi-parameter characteristics of the car, it is possible to determine its environmental performance in the specified modes of movement without additional calculations. References 10, tables 1, figures 3.

Key words: automobile, engine, emissions, concentration, characteristics, method.

REFERENCES

1. Kanilo, P. M., Bey, I. S., Rovensky, O. I. (2000), Car and the environment, Kharkov: Prapor, 304 p.

2. Zvonov, V. A., Kozlov, A. V., Kutenev, V. F. (2001), Ecological safety of the car in the full life cycle. Moscow: NAMI, 248 p.

3. Kanilo, P. M., Kostenko, K. V., Vnukova, N. V., Koversun, S. O. (2013), Carcinogenicity of automobile exhaust gases, *Automobile transport. Collection of scientific papers KhNADU*, Kharkov, Issue 29, pp. 160-167.

4. Marchenko, A. P., Shekhovtsov, A. F. (2004), Internal combustion engines: in 6 t. Ecology of ICE, Kharkov: Prapor, t. 5, 360 p.

5. Gutarevich, Yu. F., Zerkalov, D. V., Boltun, A. G., Korgach, A. O., Merzhiiivska, L. P. (2006), Ecology and automobile transport, Kyiv: Aristey, 300 p.

6. Mateychik, V. P. (2006), Assessment methods and ways to improve the environmental safety of road vehicles, Kyiv: NTU, 216 p.

7. Mateychik, V. P., Leyda, K. S., Gutarevich, Yu. F., Tsyuman, M. P. (2014), Modeling environmental indi-

cators of Tailors in the information-analytical system for monitoring traffic flows, *Bulletin of the National Transport University*, Kyiv: NTU, Issue 30, pp. 246–254.

8. Abramchuk, F. I., Gutarevich, Yu. F., Dolganov, K. E., Timchenko, F. F. (2004), Automobile engines, Kyiv: Aristey, 476 p.

9. Shapko, V. F., Atamas, A. I., Shapko, S. V. (2013), “Metod rozrakhunku ekolohichnykh kharakterystyk avtomobilya” [Method for calculating the environmental characteristics of the car], *Visnyk Kremenchuts'koho natsional'noho universytetu imeni Mykhayla Ostrohrads'koho* [Transactions of Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University], Kremenchuk: KrNU, Issue 3 (80), pp. 180–185.

10. Shapko V. F., Shapko S. V. (2009). Method for calculating the multi-parameter characteristics of an automobile internal combustion engine. *Bulletin of the Kremenchug State Polytechnic University*. Kremenchug: KDPU, 2009. Issue 1/2009 (54). P. 93–95.

Стаття надійшла 22.04.2020.