

**МЕТОД РОЗРАХУНКУ ЕКОЛОГІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК АВТОМОБІЛЯ**

**В. Ф. Шапко, А. І. Атамась, С. В. Шапко**

Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського  
вул. Першотравнева, 20, м. Кременчук, 39600, Україна. E-mail: shapko46@mail.ru

Наведено метод розрахунку екологічних характеристик автомобіля з двигуном внутрішнього згоряння, який відрізняється від існуючих тим, що екологічні характеристики отримані за показниками, які розраховуються аналітично, а витрата відпрацьованих газів теоретично визначається у кіломолях, яка не залежить від температури та тиску газів. Запропоновано визначення безрозмірного екологічного показника, який є відношенням кількості масових викидів компонентів відпрацьованих газів до маси витраченого палива, розраховувати за співвідношеннями молярних об'ємів відпрацьованих газів до палива, молярних мас шкідливих компонентів до молярної маси палива та їх об'ємних концентрацій у відпрацьованих газів. Для проведення досліджень у загальному виді запропоновано частоту обертання колінчастого валу двигуна пов'язувати зі швидкістю руху автомобіля через співвідношення діапазонів швидкості руху автомобіля та частоти обертання колінчастого валу двигуна. Це дає змогу проводити розрахунки витрат палива та викидів шкідливих компонентів на одиницю пройденого автомобілем шляху у загальному виді за формулами, в які у явному виді не входить передаточне число трансмісії.

**Ключові слова:** автомобіль, двигун внутрішнього згоряння, метод розрахунку екологічних характеристик, безрозмірний екологічний показник.

**МЕТОД РАСЧЕТА ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК АВТОМОБИЛЯ**

**В. Ф. Шапко, А. И. Атамась, С. В. Шапко**

Кременчугский национальный университет имени Михаила Остроградского  
ул. Первомайская, 20, г. Кременчуг, 39600, Украина. E-mail: shapko46@mail.ru

Представлен метод расчета экологических характеристик автомобиля с двигателем внутреннего сгорания, который отличается от существующих тем, что экологические характеристики получены по показателям, которые рассчитываются аналитически, а расход отработавших газов теоретически определяется в киломолях, которые не зависят от температуры и давления газов. Предложено определение безразмерного экологического показателя, который представляет собой отношение количества массовых выбросов компонентов отработавших газов к массе израсходованного топлива, рассчитывать по соотношениям молярных объемов отработавших газов к топливу, молярных масс вредных компонентов к молярной массе топлива и их объемных концентраций в отработавших газах. Для проведения исследований в общем виде предложено частоту вращения коленчатого вала двигателя связывать со скоростью движения автомобиля через соотношения диапазонов скорости движения автомобиля и частоты вращения коленчатого вала двигателя. Это дает возможность проводить расчеты расходов топлива и выбросов вредных веществ на единицу пройденного автомобилем пути в общем виде по формулам, в которые в явном виде не входит передаточное число трансмиссии

**Ключевые слова:** автомобиль, двигатель внутреннего сгорания, метод расчета экологических характеристик, безразмерный экологический показатель.

**АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ.** Для оцінювання екологічних показників двигунів внутрішнього згоряння (ДВЗ) та автомобілів, їх нормування національними та міжнародними стандартами використовують питомі показники [1]:

– викиди *i*-го компонента на одиницю потужності двигуна  $g_i$ ;

– викиди *i*-го компонента на одиницю пройденого автомобілем шляху  $q_i$ .

Питомі викиди *i*-го компонента на одиницю потужності двигуна визначають за формулою,

$$\frac{g_i}{\text{кВт} \cdot \text{год}} :$$

$$g_i = \frac{G_i}{N_e}, \tag{1}$$

де  $G_i$  – годинна витрата *i*-го компонента, г/год;

$N_e$  – ефективна потужність двигуна, кВт.

Питомі викиди *i*-го компонента на одиницю пройденого автомобілем шляху – за формулою, г/км:

$$q_i = \frac{m_i}{S}, \tag{2}$$

де  $m_i$  – кількість викидів *i*-го компоненту, г;

$S$  – пройдений автомобілем шлях, км.

Подібні показники також використовують для визначення паливної економічності.

Визначити екологічні показники за формулами (1) і (2) можливо лише шляхом проведення випробувань ДВЗ та автомобіля.

Метою роботи є розробка методу розрахунку екологічних характеристик автомобіля.

**МАТЕРІАЛ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ.** Кількість викидів *i*-го компонента за час роботи автомобільного двигуна визначають за масовими концентраціями *i*-го компонента у відпрацьованих газах (ВГ) та їх об'ємною витратою, г/с:

$$G_i = C_{im} \cdot Q_{BG}, \tag{3}$$

де  $C_{im}$  – масові концентрації *i*-го компонента у ВГ, г/м<sup>3</sup>;  $Q_{BG}$  – витрата ВГ, м<sup>3</sup>/с.

Під час проведення випробувань концентрації шкідливих компонентів у ВГ вимірюють газоаналізаторами в об'ємних одиницях наявності *i*-го компонента у ВГ у відсотках (%), або у кількості молів компонента в одному мільйоні молів газу (ppm).

Відносний (безрозмірний) показник розраховують за формулою:

$$C_{iоб} = C_{i\%} \cdot 10^{-2} = C_{i\text{ppm}} \cdot 10^{-6}. \quad (4)$$

Масові концентрації визначають як їх масову кількість у одиниці об'єму газу (г/м<sup>3</sup> чи мг/л). Їх легко визначити за відомими об'ємними концентраціями, приводячи стан газу до стандартних умов:

$$C_{im} = C_{iоб} \frac{\mu_i}{22,4} \cdot 10^3, \quad (5)$$

де  $\mu_i$  – молярна маса і-го компонента у ВГ, кг/кмоль; 22,4 – об'єм одного кмоль газу за стандартних умов, м<sup>3</sup>/кмоль.

У автомобілів з дизелями додатково визначають концентрації у відпрацьованих газах (ВГ) сажі. Концентрації сажі, як правило, визначають за показниками димності  $N$  лінійної шкали Хартриджа, яка градуєвана від 0 до 100 %, або за натуральним показником поглинання світлового потоку  $K$ .

Якщо вимірювання димності проведено за лінійним показником, то натуральний показник визначають за формулою:

$$K = -\frac{1}{0,43} \ln\left(1 - \frac{N}{100}\right), \quad (6)$$

де 0,43 – база димоміра, м.

Визначивши димність, розраховують концентрації сажі за формулами [2]:

$$C_c = 0,00478 + 0,00136 \cdot N + 0,000047619 \cdot N^2, \quad (7)$$

або

$$C_c = 0,121 \cdot K. \quad (8)$$

Витрату палива та концентрації шкідливих компонентів у ВГ визначають під час випробувань двигуна на моторному стенді на різних режимах навантажень та частоти обертання колінчастого вала двигуна у межах від режиму холостого ходу до режиму максимальної потужності.

За результатами випробувань будують відповідні характеристики двигуна.

На рис. 1 наведена характеристика автомобільного дизеля ЯМЗ-238 М2 залежно від навантаження та частоти обертання колінчастого вала, які отримані під час проведення випробувань на моторному стенді.

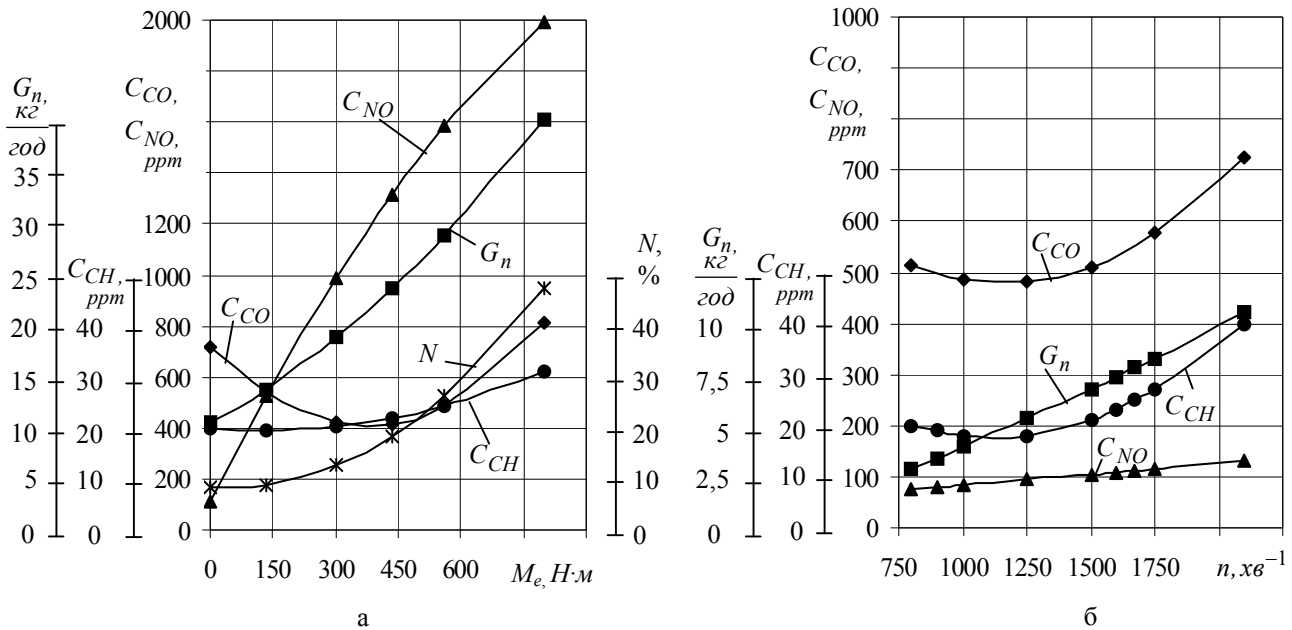


Рисунок 1 – Екологічна характеристика дизеля ЯМЗ-238 М2:

а – залежність концентрацій шкідливих компонентів від навантаження ( $n=2100 \text{ хв}^{-1}$ );

б – залежність концентрацій шкідливих компонентів від частоти обертання колінчастого вала ( $M_e=0$ )

Дизель ЯМЗ-238 М2 та його модифікації встановлюють на більшості моделей автомобілів КрАЗ.

Для проведення розрахунків екологічних показників та характеристик автомобіля потрібно описати характеристики двигуна аналітичними рівняннями.

Витрату палива прийнято розраховувати через питому ефективну витрату палива за формулою

$$g_e = g_{eN} \cdot k_{gn} \cdot k_{gm}, \quad (9)$$

де  $g_{eN}$  – питома ефективна витрата палива при максимальній потужності;  $k_{gn}$  – коефіцієнт, що

враховує зміну питомої витрати палива залежно від зміни частоти обертання (кутової швидкості) вала двигуна;  $k_{gm}$  – коефіцієнт, що враховує ступінь використання навантаження.

Формулу (9) зручно використовувати під час роботи двигуна з навантаженнями, але при малих навантаженнях двигуна розрахунки дають велику похибку, а під час роботи двигуна без навантаження її використовувати неможливо. Тому, розрахунки доцільно проводити через годинну витрату палива за подібною формулою:

$$G_n = G_{nN} \cdot k_{Gn} \cdot k_{GM} \quad (10)$$

Коефіцієнти  $k_{Gn}$  і  $k_{GM}$  можна визначити через емпіричні залежності у вигляді поліномів. Як правило, для практичних цілей достатньо використання поліномів другого ступеню.

Використовуючи подібні залежності можна визначити і концентрації шкідливих компонентів у ВГ

$$C_i = C_{iN} \cdot k_{in} \cdot k_{iM} \quad (11)$$

Витрата ВГ залежить від багатьох факторів: протікання робочих процесів, витрат палива та повітря, температури та тиску та ін. Впливові фактори ще й в значній мірі змінюються залежно від режимів роботи ДВЗ та інших чинників, тому визначити витрату ВГ дуже складно як розрахунками, так і експериментально.

Визначити витрату ВГ експериментально важко ще й тому, що рух ВГ здійснюється із значними пульсаціями тиску, а їх температура досить висока.

Для визначення екологічних показників автомобіля потрібен метод, використання якого дозволить визначити ці показники без вимірювання витрати ВГ.

Під час проведення теоретичних досліджень доцільно розрахунки проводити визначаючи кількість газу у кіломолях, через те, що вона не залежить від його температури та тиску, які значно змінюються залежно від режимів роботи двигуна.

Доцільно також екологічні показники пов'язувати з витратою палива. Це дасть змогу не тільки розрахувати екологічні показники а й одночасно визначити показники паливної економічності.

Кількість  $i$ -го компонента у продуктах згоряння на один кг палива, кмоль/кг

$$M_i = M_2 \cdot C_{iоб} \quad (12)$$

де  $M_2$  – кількість продуктів згоряння на 1 кг палива, кмоль/кг.

Кількість продуктів згоряння на 1 кг палива можна визначити через кількість горючої суміші

$$M_2 = M_1 \cdot \mu_x \quad (13)$$

де  $M_1$  – кількість горючої суміші на 1 кг палива;  $\mu_x$  – хімічний коефіцієнт молекулярної зміни горючої суміші при згорянні.

Хімічний коефіцієнт молекулярної зміни горючої суміші під час згоряння

$$\mu_x = \frac{M_2}{M_1} \quad (14)$$

Кількість горючої суміші на 1 кг рідкого палива

$$M_1 = \alpha \cdot M_0 + \frac{1}{\mu_n} \quad (15)$$

де  $\alpha$  – коефіцієнт надлишку повітря;  $\mu_n$  – молярна маса палива, кг/кмоль;  $M_0$  – теоретично необхідна кількість повітря на 1 кг палива, кмоль/кг.

Теоретично необхідну кількість повітря визначають за формулою:

$$M_0 = \frac{1}{0,21} \left( \frac{g_c}{12} + \frac{g_H}{4} - \frac{g_o}{32} \right) \quad (16)$$

де  $g_c, g_H, g_o$  – масові частки в паливі відповідно вуглецю, водню та кисню; 0,21 – об'ємна частка кисню в атмосферному повітрі.

Об'єм палива відносно об'єму газу, особливо для дизеля, дуже малий, тому під час розрахунків кількості горючої суміші за формулою (15) ним можна знехтувати, тоді

$$M_1 = \alpha \cdot M_0 \quad (17)$$

Таким чином, після підстановок до формули (12) виразів (13) та (17), отримаємо кількість  $i$ -го компонента у продуктах згоряння на один кг палива, кмоль/кг

$$M_i = M_0 \cdot \alpha \cdot \mu_x \cdot C_{iоб} \quad (18)$$

Визначивши кількість  $i$ -го компонента у продуктах згоряння на один кг палива, його витрату можна визначити через витрату палива, кмоль/с

$$Q_{iM} = M_i \cdot G_n \quad (19)$$

де  $G_n$  – витрата палива, кг/с.

$$Q_{iM} = M_0 \cdot \alpha \cdot \mu_x \cdot C_{iоб} \cdot G_n \quad (20)$$

або у кг/с

$$G_i = C_{iоб} \cdot \alpha \cdot \mu_x \cdot \mu_i \cdot M_0 \cdot G_n \quad (21)$$

Отже, витрата  $i$ -го компонента залежить від його концентрацій у ВГ, коефіцієнта надлишку повітря, теоретично необхідної кількості повітря, хімічного коефіцієнта молекулярної зміни горючої суміші під час згоряння, його молярної маси, які є постійними для відповідного палива та компонента ВГ, та витрати палива.

Хімічним коефіцієнтом молекулярної зміни горючої суміші під час згоряння можна знехтувати, особливо для дизеля через те, що його значення близьке до одиниці.

Таким чином, для визначення витрати  $i$ -го компонента потрібно експериментально отримати лише наступні показники:

- концентрацію у ВГ шкідливих компонентів  $C_{iоб}$ ;

- коефіцієнт надлишку повітря  $\alpha$ ;

- витрату палива  $G_n$ .

Під час проведення експериментів з високою точністю можна провести вимірювання витрати повітря  $Q_{нов}$  (м<sup>3</sup>/с) та палива  $G_{нал}$  (г/с), за результатами яких визначити їх відношення, кмоль/кг

$$M_{нов} = \frac{Q_{нов}}{G_n} \cdot \frac{10^3}{22,4} \quad (22)$$

Визначивши  $M_{нов}$ , отримаємо коефіцієнт надлишку повітря

$$\alpha = \frac{M_{нов}}{M_0} \quad (23)$$

Пропонується для порівняння екологічних показників автомобілів різної маси та двигунів різної потужності використовувати безрозмірний показник, пов'язаний з витратою палива

$$g_{i/n} = \frac{G_i}{G_n} \quad (24)$$

Фізичний зміст безрозмірного екологічного показника полягає в тому, що від являє собою відношення кількості масових викидів  $i$ -го компоненту до маси витраченого палива.

Даний показник дає змогу оцінити кількість шкідливих викидів з ВГ за кожним компонентом відносно витрати палива. Крім того, це дає змогу поєднувати визначення екологічності автомобіля з його паливною економічністю.

Поділивши формулу (21) на витрату палива  $G_n$ , отримаємо

$$g_{i/n} = C_{iоб} \cdot \alpha \cdot \mu_x \cdot \mu_i \cdot M_0. \quad (25)$$

У формулі (25)  $g_{i/n}$ ,  $C_{iоб}$ ,  $\alpha$ ,  $\mu_x$  є безрозмірними,  $\mu_i$  та  $M_0$  мають відповідно розмірності кг/кмоль та кмоль/кг, а перемноженими одне на одне дають безрозмірну константу для  $i$ -го компонента та типу палива.

Помноживши та поділивши її на молярну масу палива  $\mu_n$ , отримаємо

$$\mu_i \cdot M_0 = \mu_i \cdot M_0 \cdot \frac{\mu_n}{\mu_n} = \mu_{i/n} \cdot \mu_{0/n}, \quad (26)$$

де  $\mu_{i/n}$  – відношення молярної маси  $i$ -го компонента до молярної маси палива;  $\mu_{0/n}$  – відношення теоретично необхідного об'єму повітря до об'єму палива (відношення об'ємів стехіометричної суміші).

Таким чином, рівняння (25) можна записати у вигляді, у якому всі множники є безрозмірними:

$$g_{i/n} = \mu_{0/n} \cdot \alpha \cdot \mu_x \cdot C_{iоб} \cdot \mu_{i/n}. \quad (27)$$

В отриманій формулі множення  $\mu_{0/n} \cdot \alpha$  дає відношення об'єму повітря до об'єму палива,  $\mu_{0/n} \cdot \alpha \cdot \mu_x$  – відношення об'єму продуктів згоряння до об'єму палива,  $\mu_{0/n} \cdot \alpha \cdot \mu_x \cdot C_{iоб}$  – відношення об'єму  $i$ -го компонента у продуктах згоряння до об'єму палива, а множник  $\mu_{i/n}$  – перехід від об'ємних до масових співвідношень.

Перевага використання безрозмірного показника полягає ще й в тому, що він дорівнює також співвідношенням питомих показників:

$$g_{i/n} = \frac{g_i}{g_e} = \frac{q_i}{q_n}. \quad (28)$$

Тому, визначивши безрозмірний екологічний показник  $g_{i/n}$ , можна розрахувати будь-які прийнятні для оцінки екологічності показники автомобіля або ДВЗ, вирішуючи за формулами (24) та (28) зворотну задачу:

$$G_i = G_n \cdot g_{i/n}, \quad (29)$$

$$g_i = g_n \cdot g_{i/n}, \quad (30)$$

$$q_i = q_n \cdot g_{i/n}. \quad (31)$$

За відомим допустимим рівнем екологічного показника двигуна або автомобіля ( $G_{iдон}$ ,  $g_{iдон}$ ,  $q_{iдон}$ ), розрахованого за формулою (27), можна визначити допустимий рівень концентрацій  $i$ -го компонента у ВГ

$$C_{iоб} = \frac{g_{i/ndon}}{\mu_{i/n} \cdot \mu_{0/n} \cdot \alpha \cdot \mu_x}. \quad (32)$$

У разі оснащення автомобіля нейтралізатором концентрації шкідливих компонентів у ВГ значно зменшуються.

Для оцінки ефективності використання нейтралізаторів ВГ застосовують показники, які характеризують співвідношення між концентраціями шкідливих речовин за  $i$ -м компонентом на вході та виході нейтралізатора. Для цього використовують ступінь очищення  $\eta_i$ , коефіцієнт очищення  $K_i$ , або коефіцієнт поглинання  $k_i$  нейтралізатора ВГ.

Коефіцієнт очищення  $K_i$  – це відношення концентрації шкідливого компонента ВГ на вході нейтралізатора  $C_{i(вх)}$  до їх концентрації на виході  $C_{i(вих)}$ . Коефіцієнт поглинання  $k_i$  є показником зворотним коефіцієнту очищення, тобто є відношенням концентрації шкідливих речовин на виході нейтралізатора до їх концентрації на вході. Ступінь очищення нейтралізатора – відношення різниці концентрацій шкідливих речовин на вході та виході до їх концентрації на вході:

$$\eta_i = \frac{C_{i(вх)} - C_{i(вих)}}{C_{i(вх)}}. \quad (33)$$

Ступінь очищення нейтралізатора в основному залежить від температури ВГ (рис. 2).

Використання кожного з показників очищення нейтралізатора має переваги та недоліки залежно від співвідношення концентрацій шкідливого компонента на вході та виході нейтралізатора.

Коефіцієнт очищення  $K_i$  показує у скільки разів зменшується концентрація шкідливого компонента. Його значення може знаходитися у нескінченному діапазоні від 1 (очищення не здійснюється) до нескінченності (повне очищення). Коефіцієнт поглинання  $k_i$  знаходиться у діапазоні від 0 (повне очищення) до 1 (очищення не здійснюється). У цьому ж діапазоні знаходиться і ступінь очищення  $\eta_i$ , але значення 1 відповідає повному очищенню, а нуль відсутності очищення ВГ нейтралізатором.

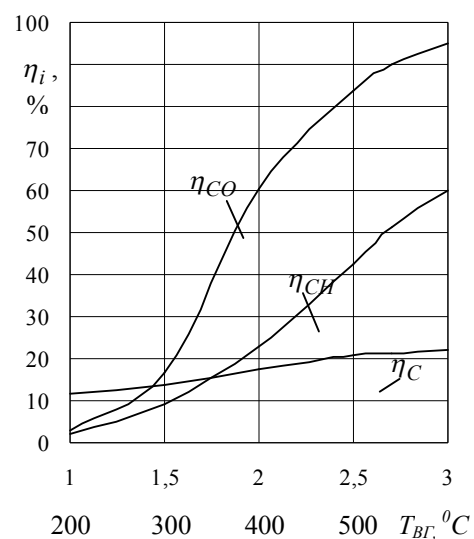


Рисунок 2 – Ступінь очищення каталітичного нейтралізатора залежно від температури ВГ

Ступінь очищення часто визначають у відсотках, помноживши її безрозмірну величину на 100%.

Взаємозв'язок показників очищення нейтралізатора визначають за формулами:

$$C_{i(вих)} = C_{i(вх)} \cdot \frac{1}{K_i} = C_{i(вх)} \cdot k_i = C_{i(вх)}(1 - \eta_i). \quad (34)$$

Для визначення екологічних показників за наявності у його випускній системі двигуна нейтралізатора необхідно до відповідних формул підставляти об'ємні концентрації шкідливих компонентів на виході з нейтралізатора, або доповнити формулу (27) множником коефіцієнта поглинання  $k_i$ :

$$g_{i/n} = C_{iоб} \cdot \alpha \cdot \mu_x \cdot \mu_{i/n} \cdot \mu_{0/n} \cdot k_i. \quad (35)$$

Наявність експериментально отриманих залежностей витрат палива, екологічних характеристик автомобільного двигуна та конструктивних параметрів автомобіля дає змогу визначити його паливно-економічні та екологічні характеристики.

Шляхові викиди  $i$ -го компонента ВГ можна визначити за формулою

$$q_i = \frac{G_i}{g} = \frac{G_n \cdot g_{i/n}}{g}, \quad (36)$$

де  $g$  – швидкість автомобіля, км/год.

Швидкість автомобіля визначають за формулою

$$g = 3,6 \frac{\pi \cdot n \cdot r_k}{30 \cdot u_{mp}}, \quad (37)$$

де  $r_k$  – радіус кочення ведучих коліс, м;

$u_{mp}$  – передаточне число трансмісії.

Потужність двигуна для сталого руху автомобіля визначають з рівняння балансу потужності автомобіля, кВт

$$N_e = (N_f + N_e) / \eta_{mp}, \quad (38)$$

$\eta_{mp}$  – ККД трансмісії;

$N_f$  – потужність, яка потрібна для подолання опору кочення автомобіля;

$N_e$  – потужність, яка потрібна для подолання опору повітря;

Ефективний момент двигуна,  $H \cdot м$

$$M_e = \frac{N_e \cdot 30}{\pi \cdot n} \cdot 10^3. \quad (39)$$

Маса автомобіля  $m$  може змінюватися від маси порожнього автомобіля  $m_0$  до маси повністю завантаженого автомобіля  $m_a$ . Для автомобілів-самоскидів характерно, що він, як правило, рухається або повністю завантаженим, або порожнім. Автомобілі-тягачі працюють з причепами, або напівпричепами. Для таких автомобілів до рівняння балансу потужності додається складова потужності, яка потрібна для подолання опору причепа.

Для проведення досліджень у загальному виді потрібно вивести формули визначення витрат палива та екологічних показників автомобіля, в яких у явному виді відсутні передаточні числа трансмісії.

Це можна зробити, якщо в розрахункові формули замість передаточних чисел трансмісії ввести співвідношення діапазонів швидкості руху автомобіля і частоти обертання колінчастого валу двигуна.

Співвідношення діапазонів швидкості руху автомобіля та частоти обертання колінчастого валу двигуна пропонується розрахувати за формулою

$$a_1 = \frac{g_{max} - g_{min}}{n_{max} - n_{min}}, \quad (40)$$

де  $g_{min}$  і  $g_{max}$  – відповідно мінімальна та максимальна швидкість автомобіля;

$n_{min}$  і  $n_{max}$  – відповідно мінімальна та максимальна частота обертання колінчастого валу.

Мінімальна швидкість автомобіля це швидкість, яку отримуємо при передаточному числі першої передачі і мінімальній частоті обертання колінчастого валу. Максимальна швидкість автомобіля це швидкість, яку отримуємо при передаточному числі вищої передачі та максимальній частоті обертання колінчастого валу.

Тоді, частота обертання колінчастого валу двигуна буде пов'язана зі швидкістю руху автомобіля за виразом

$$n = a_0 + a_1 \cdot g, \quad (41)$$

в якому

$$a_0 = n_{min} - a_1 \cdot g_{min}. \quad (42)$$

Частота обертання колінчастого валу двигуна пов'язана зі швидкістю руху автомобіля через передаточне число трансмісії, яке не входить в розрахункові формули визначення витрати палива та викидів шкідливих компонентів. Це дає змогу провести дослідження у загальному виді.

Передаточне число трансмісії за потреби може бути розраховане за формулою

$$u_{mp} = 3,6 \frac{\pi \cdot r_k \cdot n}{30 \cdot g}. \quad (43)$$

Витрату палива визначаємо, як функцію  $G_n = f(n, M_e)$ , визначаючи  $M_e$  і  $n$  за формулами (39) і (41). Викиди шкідливих компонентів можна визначити як функцію  $G_i = f(n, M_e, C_{im})$ , розраховуючи  $n$  і  $M_e$  також за формулами (39) і (41), а  $C_{im}$  – за формулою (5). За формулою (36) можна визначити визначити питомі викиди кожного компонента на одиницю пройденого автомобілем шляху.

На рис. 3 наведена екологічна характеристика повністю завантаженого автомобіля КрАЗ-6510 за викидами оксидів вуглецю. За наведеним методом можна розрахувати та побудувати характеристики за витратою палива та за викидами інших компонентів.

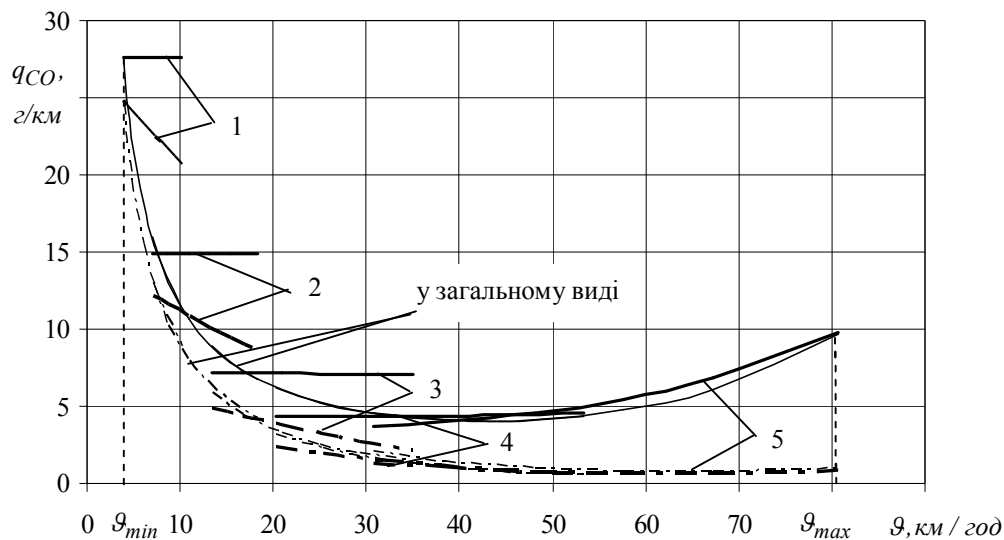


Рисунок 3 – Екологічна характеристика автомобіля КраЗ-6510 за викидами оксидів вуглецю: 1–5 – номера передач; — без нейтралізатора, - - - - з нейтралізатором

**ВИСНОВКИ.** 1. Розроблено метод розрахунку екологічних характеристик автомобіля, який відрізняється від існуючих тим, що розрахунки характеристик можна провести у загальному виді.

2. Витрата ВГ теоретично визначається у кіломолях, яка не залежить від температури та тиску газів, а викиди шкідливих компонентів розраховуються з використанням безрозмірного екологічного показника та пов'язанням з витратою палива.

**ЛІТЕРАТУРА**

1. Социально-экологические проблемы автомобильного транспорта / Г.В. Гетманец, В.А. Лиханов – М.: «АСПОЛ», 1993. – 330 с.  
 2. Екологія та автомобільний транспорт / Ю.Ф. Гутаревич, Д.В.Зеркалов, А.Г. Говорун і ін. – К: Арістей, 2006. – 300 с.  
 3. Автомобильный транспорт и защита окружающей среды / Р.В. Малов, В.И. Ерохов, В.А. Щетина, В.Б. Беляев. – М.: Транспорт, 1982. – 200 с.

**A METHOD FOR CALCULATION OF ENVIRONMENTAL CHARACTERISTICS OF VEHICLES**

**V. Shapko, A. Atamas, S. Shapko**

Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyyi National University  
 vul. Pershotravneva, 20, Kremenchuk, 39600, Ukraine. E-mail:shapko46@mail.ru

The authors have presented a new calculation method of environmental characteristics of vehicles with an internal combustion engine, which differs from the existing ones by the environmental indicators obtained via analytical calculation; also, the method offered theoretically determines the exhaust gas consumption in kilomoles, which do not depend on temperature and pressure of the gases. It was suggested the definition of the dimensionless environmental performance, which is the ratio of the mass emissions of exhaust gas components to the mass of fuel consumed, and its calculation through the ratios of the molar volumes of exhaust gases to the fuel molar, masses of harmful components to the molar mass of the fuel, and their volume concentration in the exhaust gases. For the research in general form it was proposed that crankshaft speed of the engine is connected to the vehicle speed via the ratio ranges of the vehicle speed and crankshaft frequency rotation. This allows for calculations of fuel consumption and emissions per unit of the distance covered by a car in general using the formulas that do not explicitly include the gear ratio transmission.

**Key words:** vehicle, the internal combustion engine, calculation method, environmental characteristics of vehicles, dimensionless environmental indicator.

**REFERENCES**

1. Getmanec, G.V. Lihanov, V.A. (1993), Socialno-ecologicheskije problemy avtomobilnogo transporta [Social and ecological problems of automobile transport], ASPOL, Moscow, Russia.  
 2. Gutarevich, U.F., Zerkalov, D.V., Govorun, A.G., Korpach, A.O., and Mergievska, L.P. (2006), Ecologiya ta avtomobilniy transport [Ecology and automobile transport], Aristey, Kyiv, Ukraine.  
 3. Malov, R.V., Erohov, V.I., Schetina, V.A., Belyaev, V.A. (1982), Avtomobilniy transport i zashita okrugayushey sredy [Automobile transport and environmental protection], Transport, Moscow, Russia.

Стаття надійшла 29.03.2013.