

2. Пономаренко Р. В., Слепужніков Є. Д., Пляцук Л. Д., Третьяков О. В. Прогнозування техногенного впливу на якісний стан водної екосистеми басейну Дніпра. *Сучасні проблеми професійної та цивільної безпеки: збірник тез доповідей I Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції* (м. Дніпро, 2020). Дніпро, 2020. С. 121 – 123.

3. Кулікова Д. В. Оцінка якісного стану водних об'єктів, що перебувають під впливом скиду шахтних вод. *Екологічні науки*. Київ. 2019. №1(24). Т.1. С. 112-116. DOI: <https://doi.org/10.32846/2306-9716-2019-1-24-1-19>.

*Кондратенко О. М., д.т.н., доцент*

*Бабакін В. М., д.ю.н., доцент*

*Литвиненко О. О., к.філ.н., доцент*

*Рижченко О. С., к.філ.н.*

*Краснов В. А., магістр, ад'юнкт, ст. л-т сл. ЦЗ*

*Національний університет цивільного захисту України ДСНС України*

## **АНАЛІЗ ВІДОМИХ ФОРМУЛ ПЕРЕРАХУНКУ ПОКАЗНИКІВ ДИМНОСТІ ВІДПРАЦЬОВАНИХ ГАЗІВ ДИЗЕЛЬНИХ ДВИГУНІВ ЯК ЧИННИКА ЕКОЛОГІЧНОЇ НЕБЕЗПЕКИ**

**Актуальність дослідження.** На сьогоднішній день в Україні діють законодавчо встановлені нормативи показників токсичності відпрацьованих газів (ВГ) поршневих двигунів внутрішнього згорання (ПДВЗ) автотранспортних засобів (АТЗ), зокрема питомого ефективного масового годинного викиду твердих частинок (ТЧ) з потоком ВГ двигуна  $g_{ePM}$  у г/(кВт·год) [1]. При цьому самі значення величини  $g_{ePM}$  отримують віднесенням значення величини масового годинного викиду ТЧ з потоком ВГ  $G_{PM}$  у г/год до значення величини ефективної потужності поршневого ДВЗ  $N_e$  у кВт.

Отримання величини  $N_e$  та значень її інструментальної абсолютної й відносної похибок не являє собою складної задачі. Основна складність в отриманні значень  $g_{ePM}$  як законодавчо нормованого показника екологічності ПДВЗ за поллютантом з найбільшим значенням показника відносної агресивності полягає в отриманні значень величини  $G_{PM}$ . Як відомо з основних положень наукової дисципліни «Метрологія», жодні вимірювання неможливо виконати з абсолютною точністю, а лише з деякою похибкою, що також слід враховувати при плануванні експериментальних чи розрахункових досліджень.

Нормативні вимоги до такого показника токсичності ВГ ПДВЗ різного призначення також встановлюють спосіб експериментального отримання значень величини  $G_{PM}$  – гравіметричний [1]. Проте, через загальновідомі обставини, характерні для нашої країни, широкого розповсюдження набули формули перерахунку різного виду, найбільш широкого розповсюдження серед яких набула формула проф. Ігоря Парсаданова (НТУ «ХП»). Ця формула перерахунку, на відміну від альтернативних їй, враховує не тільки показники димності ВГ (зокрема, коефіцієнт ослаблення світлового потоку  $N_D$  (у %) – вимірюється димоміром [2]), а ще й токсичності ВГ (зокрема, об'ємна концентрація незгорілих вуглеводнів у ВГ  $C_{CH}$  (у ppm) – вимірюється газоаналізатором [3]) та дозволяє отримати на основі цих двох незалежних змінних значення  $G_{TЧ}$  (у кг/(кВт·год)). При цьому така формула містить ще дві незалежні змінні – значення масових годинних витрат палива  $G_{fuel}$  та повітря  $G_{air}$  ПДВЗ (у кг/год).

Ще одним невирішеним питанням застосування будь-якої формули перерахунку є вибір одиниць вимірювання показників димності ВГ та відповідних засобів вимірювальної техніки (ЗВТ), а саме димомірів різноманітних конструкцій. Різні показники димності ВГ з відповідними їм одиницями вимірювання співвідносяться одне з одним за нелінійними законами і безпосереднє використання у певній формулі перерахунку альтернативних базовому показників димності ВГ неможливе. Такі питання

постають на практиці у наступних випадках. 1) Вибір типу і моделі ЗВТ при комплектуванні моторного стенду новоствореної чи модернізованої лабораторії. 2) Стендові моторні дослідження поршневого ДВЗ – окремо чи у складі АТЗ – у лабораторії, вже обладнаній ЗВТ певного типу, що дає альтернативні показники димності ВГ. 3) Критеріальне оцінювання паливно-екологічної досконалості поршневого ДВЗ АТЗ за наявності готового набору вихідних даних, отриманого іншими дослідниками, серед яких присутні лише альтернативні показники димності ВГ.

У зв'язку з вищенаведеними міркуваннями, постає також питання впливу виду одиниць вимірювання показників димності ВГ на кількісні та якісні аспекти інструментальної точності формул перерахунку, що і зумовлює його актуальність.

### **Аналіз номенклатури відомих формул перерахунку**

Формула перерахунку, запропонована проф. Ігорем Парсадановим, отримана як результат аналізу даних сертифікаційних випробувань автотракторного дизеля СМД-31 на моторному стенді фірми Ricardo, обладнаному повнопоточним тунелем розведення, має вид формули (1.1) [1].

$$G_{PM} = \left( 2,3 \cdot 10^{-3} \cdot N_D + 5 \cdot 10^{-5} \cdot N_D^2 + 0,145 \cdot \frac{C_{CnHm} \cdot 4,78 \cdot 10^{-7} \cdot (G_{air} + G_{fuel})}{0,7734 \cdot G_{air} + 0,7239 \cdot G_{fuel}} + 0,33 \cdot \left( \frac{C_{CnHm} \cdot 4,78 \cdot 10^{-7} \cdot (G_{air} + G_{fuel})}{0,7734 \cdot G_{air} + 0,7239 \cdot G_{fuel}} \right)^2 \right) \times \frac{(0,7734 \cdot G_{air} + 0,7239 \cdot G_{fuel})}{1000}, \text{ кг/год.} \quad (1.1)$$

Формула перерахунку MIRA (The Motor Industry Research Association) має вид сукупності формул (1.2) – (1.4) [1].

$$N = 100 \cdot (1 - \exp(-\varepsilon \cdot l \cdot C)), \% \quad (1.2)$$

$$C_c = \ln(1 - N/100)/(\varepsilon \cdot l), \text{ г/м}^3; \quad (1.3)$$

$$\varepsilon = 3 \cdot d_A^2 / (2 \cdot \rho \cdot d_v^3), \text{ м}^2/\text{г}; \quad (1.4)$$

де  $C_c$  – концентрація ТЧ, г/м<sup>3</sup>;  $\varepsilon \approx 6,82$  м<sup>2</sup>/г – питомий коефіцієнт світлопропускання;  $\rho \approx 1$  г/м<sup>3</sup> – щільність ТЧ;  $d_A \approx 0,1 \cdot 10^{-6}$  м – еквівалентний проєкційний діаметр ТЧ;  $d_v \approx 0,13 \cdot 10^{-6}$  м – еквівалентний об'ємний діаметр ТЧ.

Формула перерахунку А.С. Alkidas`а має вид формули (1.5) [1]

$$C_c = 565 \cdot \left( \ln \left( \frac{10}{10 - BSU} \right) \right)^{1,206}, \text{ мг/м}^3; \quad (1.5)$$

де  $BSU$  ( $BSN$ ) – димність ВГ за шкалою Bosch (Bosch Soot Units or Number).

Формула перерахунку G.G. Muntean`а має вид формули (1.6) [1].

$$C_c = (-184 \cdot BSU - 727,5) \cdot \log(1 - BSU/10), \text{ мг/м}^3. \quad (1.6)$$

### **Аналіз відомих показників димності відпрацьованих газів**

Найчастіше димність ВГ характеризують значенням коефіцієнта ослаблення світлового потоку  $N$  визначається формулами (1.7) і (1.8), у яких  $\tau$  – коефіцієнт світлопропускання (transmittance);  $I$  та  $I_0$  – світловий потік крізь пробу ВГ що вийшов з джерела світла та прийшов на прийомник світла, лм. За визначенням величини  $N$  та  $K$  співвідносяться між собою за формулою (1.9), при  $L = 0,43$  м. Співвідношення між одиницями вимірювання димності ВГ за шкалою Harritage  $HSN$  (Harritage Soot Number) та шкалою Bosch  $BSU$  описується формулою (1.10) [1].

$$N = 100 - \tau, \%; \quad (1.7)$$

$$\tau = I/I_0 \cdot 100, \% ; \quad (1.8)$$

$$K = -\ln(1 - N/100)/L, \text{ м}^{-1}. \quad (1.9)$$

$$HSN = -2,64 \cdot 10^{-4} \cdot BSU^2 + 0,111642 \cdot BSU - 1,023 \cdot 10^{-3}. \quad (1.10)$$

На рис. 1 подано співвідношення між альтернативними показниками димності ВГ та базовим показником за даними з джерела [1].

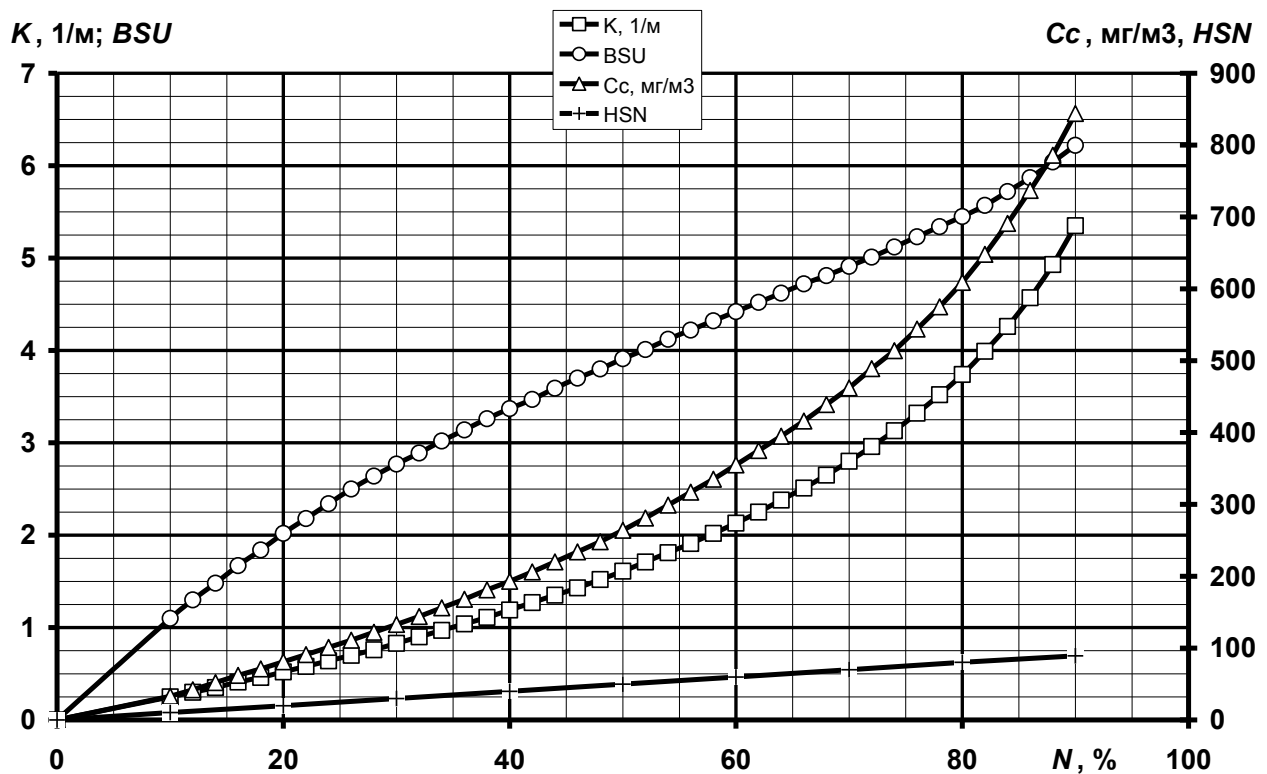


Рисунок 1 – Співвідношення між альтернативними показниками димності ВГ дизельного поршневого ДВЗ та базовим показником за даними [1]

Графіки залежності на рис. 1 описано поліномами методом найменших квадратів.

**Висновки.** Здійснено аналіз математичних апаратів відомих формул перерахунку та номенклатури найуживаніших показників димності ВГ поршневих ДВЗ. Результати описано поліномами 4-го ступеня, які можна

використати для визначення впливу виду одиниць вимірювання показників димності ВГ на кількісні та якісні аспекти точності формул перерахунку.

Література:

1. Кондратенко О. М. Метрологічні аспекти комплексного критеріального оцінювання рівня екологічної безпеки експлуатації поршневих двигунів енергетичних установок : монографія. Х.: Стиль-Издат, 2019. 532 с.

2. Дымомер ИНФРАКАР Д. Паспорт ВЕКМ.41531.007ПС. 8 с.

3. Газоанализатор пятикомпонентный Автотест-02.03П. Руководство по эксплуатации М 057.000.000РЭ. 12 с.

*Сєрікова І. О., к.т.н., доцент*

*Медведський К. І., магістр*

*Харківський національний автомобільно-дорожній університет*

## **ОПТОЕЛЕКТРОННА СИСТЕМА СКАНУВАННЯ ГЕОМЕТРІЇ ТЕХНОГЕННО-НЕБЕЗПЕЧНИХ ОБ'ЄКТІВ**

На цей час Державний реєстр ПНО містить докладні відомості про понад 24 тис. об'єктів, до числа яких входять промислові підприємства, шахти, кар'єри, магістральні газо-, нафто- і продуктопроводи, гідротехнічні споруди, вузлові залізничні станції, мости, тунелі, накопичувачі та полігони промислових відходів, місця збереження небезпечних речовин та інші [1].

Сучасна техніка вимірювання параметрів потенціально небезпечних процесів [2] має у своєму розпорядженні великий набір засобів і методів для контролю геометрії параметрів протяжних об'єктів, які потребують спостереження у реальному режимі часу. Всі методи умовно можна розділити на дві основні групи. До першої групи відносяться неавтоматичні