

**ВПЛИВ КОРЕКТУВАННЯ ПАЛИВОПОДАЧІ НА ЗОВНІШНЮ ШВИДКІСНУ
ХАРАКТЕРИСТИКУ ДИЗЕЛЯ ПРИВОДУ СИЛОВОГО ОБЛАДНАННЯ ДОРОЖНІХ
МАШИН В УМОВАХ ЕКСПЛУАТАЦІЇ**

**INFLUENCE OF FUEL SUPPLY CORRECTION ON THE EXTERNAL SPEED
CHARACTERISTIC OF A DIESEL ENGINE DRIVING POWER EQUIPMENT OF ROAD
MACHINES UNDER OPERATING CONDITIONS**



Мороз Валентин Валентинович, кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри інженерії машин транспортного будівництва, Національний транспортний університет, Київ, Україна, email: frostvaliko@gmail.com,

<https://orcid.org/0000-0003-3000-4961>



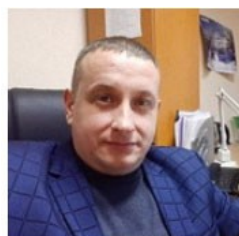
Ковбасенко Сергій Володимирович, кандидат технічних наук, професор, професор кафедри інженерії машин транспортного будівництва, Національний транспортний університет, Київ, Україна, email: svkovsv@gmail.com,

<https://orcid.org/0000-0002-7309-8200>



Левківський Сергій Анатолійович, старший викладач кафедри інженерії машин транспортного будівництва, Національний транспортний університет, Київ, Україна, email: s.a.levkovsky@gmail.com

<https://orcid.org/0000-0003-1515-4240>



Сімоненко Віталій Васильович, кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри інженерії машин транспортного будівництва, Національний транспортний університет, Київ, Україна, email: v.simonenko@ntu.edu.ua,

<https://orcid.org/0000-0002-7556-069X>

Анотація. В роботі розглядається питання по поліпшенню паливної економічності і зниженню викидів шкідливих речовин з відпрацьованими газами дизеля, який є джерелом енергії приводу робочого обладнання дорожніх машин, які працюють у тягових режимах і при виконанні транспортної

роботи в умовах експлуатації, а саме плужних і плужнощіткових снігоочисників на базі пневмоколісного трактора.

Об'єкт дослідження – поліпшення паливної економічності і зниження викидів шкідливих речовин з відпрацьованими газами дизеля приводу робочого обладнання дорожніх машин.

Мета дослідження полягає в поліпшенні паливної економічності і зниженні викидів шкідливих речовин з відпрацьованими газами дизеля 4Ч11,0/12,5 (сімейства Д-240, Д-241, Д-242, Д-243), який є джерелом енергії приводу робочого обладнання і механізму переміщення плужних і плужнощіткових снігоочисників шляхом налаштування коректора паливоподачі всережимного, механічного, відцентрового регулятора паливного насосу високого тиску дизеля в умовах експлуатації і вплив цього налаштування на зовнішні швидкісні характеристики дизеля, а саме: максимальної потужності N максимального крутного моменту M_k ; годинних витрат палива $G_{\text{пал}}$ і повітря $G_{\text{пов}}$, питомої ефективної витрати палива g_e ; концентрацій шкідливих речовин у відпрацьованих газах: оксиду вуглецю CO , вуглеводневих сполук C_mH_n , оксидів азоту NO_x та димності N відпрацьованих газів.

В роботі наводяться результати експериментальних досліджень по визначенню енергетичних показників (максимальної потужності N_e і максимального крутного моменту M_k) дизеля (4Ч11,0/12,5 (Д-242)) силового обладнання; показників паливної економічності (годинної витрати палива $G_{\text{пал}}$ і питомої ефективної витрати палива g_e); годинної витрати повітря $G_{\text{пов}}$; концентрацій шкідливих речовин у відпрацьованих газах: оксиду вуглецю CO , вуглеводневих сполук C_mH_n , оксидів азоту NO_x та димності N відпрацьованих газів. Які отримані при положенні органу керування паливоподачою, що відповідає максимальній подачі палива від частоти обертання колінчастого валу дизеля. Вище зазначені показники визначались за змінених налаштувань коректора паливоподачі всережимного, механічного, відцентрового регулятора паливного насосу високого тиску дизеля.

За отриманими зовнішніми швидкісними характеристиками N_e , M_k , $G_{\text{пал}}$, g_e , $G_{\text{пов}}$, CO , C_mH_n , NO_x і N було визначено математичні (поліноміальні) залежності, що їх описують від частоти обертання колінчастого валу дизеля, а також перевірено їх адекватність.

Проведені дослідження дозволили визначити основний напрямок підвищення паливної економічності і зниження викидів шкідливих речовин з відпрацьованими газами дизеля в умовах експлуатації дорожніх машин.

Ключові слова: Коректор паливоподачі, регулятор, зовнішні швидкісні характеристики, енергетичні і екологічні показники, паливна економічність, шкідливі речовини, відпрацьовані гази, умови експлуатації, поліноміальні моделі, адекватність.

Вступ

Постановка проблеми. Підприємства, які займаються утриманням і ремонтом автомобільних доріг налічують різні види машин по їх утриманню і ремонту, а саме машини для літнього утримання доріг (поливально - мийні, підмітально - прибиральні, машини для нанесення маркування), машини для зимового утримання доріг (плужні снігоочисники, плужно-щіткові снігоочисники, фрезерно-роторні і шнеко-роторні снігоочисники, а також снігонавантажувачі) і машини для ремонту дорожніх покриттів (дорожні фрези, терморемонтери, асфальторозігрівачі). Крім цього існує допоміжне обладнання, яке застосовується при виконанні цих робіт (генератори, компресори, повітродувки).

В якості базових машин (тягачів) для вище наведеного обладнання застосовуються вантажні автомобілі середньої вантажопідйомності, пневмоколісні трактори і спеціалізовані шасі.

При виконанні невеликих об'ємів робіт по зимовому утриманню доріг плужними, плужно-щітковими; шнеко і фрезерно-роторними снігоочисниками, а саме прибирання від снігу вузьких вулиць, міжбудинкових проїздів і тротуарів, якості базової машини для цього навісного обладнання застосовуються пневмоколісні трактори внаслідок їх меншої вартості в порівнянні з вантажними автомобілями середньої і малої вантажопідйомності. Найбільше поширення отримали, внаслідок своєї конкурентоспроможної ціни і відносно хорошої надійності, пневмоколісні трактори сімейства МТЗ-80 і МТЗ-82. На цих тракторах встановлюються дизелі сімейства Д-240, Д-241, Д-242, Д-243 (4С11,0/12,5).

Прибирання снігу обумовлено, що снігоочисники працюють в тяговому режимі і оскільки вище зазначені дизелі обладнані паливними насосами високого тиску (ПНВТ) з всережимними, механічними, відцентровими регуляторами частоти обертання колінчастого валу дизеля, то вони працюють по зовнішній швидкісній характеристиці і в залежності від зовнішнього навантаження дизель працює або в номінальному режимі (граничному швидкісному режимі, при якому дизель працює за зовнішньою швидкісною характеристикою) або уходить в режим перевантаження (режим максимального крутного моменту). Робота дизеля за зовнішньою швидкісною характеристикою характеризується підвищеними викидами шкідливих речовин (ШР) з відпрацьованими газами (ВГ) дизеля і їх димністю, що для міських умов є неприпустимим.

Тому доцільно поліпшити екологічні показники і паливну економічність дизеля базової машини шляхом внесення змін в налаштування коректора паливоподачі ПНВТ, що є не складною задачею, яку можна виконувати безпосередньо на підприємстві в умовах експлуатації.

Аналіз останніх досліджень.

В дослідженні [1] наводяться результати випробування дизеля Д-243 (4С11,0/12,5) за тринадцяти ступінчастим випробувальним циклом, який регламентовано згідно з правилами №49 СЕК ООН. Випробування проводились за стандартних налаштувань паливоподачі ПНВТ і при зменшеній циклової подачі палива згідно з інструкцією з експлуатації дизелів сімейства 4С11,0/12,5 [2]. В результаті при дефорсуванні дизеля Д-243 (4С11,0/12,5) було отримано зменшення витрати палива, як годинної так і питомої, а також викидів з ВГ дизеля таких як CO , C_mH_n , NO_x і димності відпрацьованих газів N . Але разом з цим і відбувається зниження ефективного крутного моменту, M ефективної потужності N_e .

В роботі [3] Результати дослідження містять результати розрахунку на математичній моделі таких ефективних показників, як середньої питомої ефективної витрати палива $e_{г,р,ц}$ і середнього ефективного коефіцієнта корисної дії $\eta_{е,ср,ц}$ дизеля 4С11,0/12,5 (Д - 243) вантажного автомобіля ГАЗ – 3309 з цим дизелем в умовах міського випробувального циклу, який регламентовано ГОСТ 20306-90.

Автори роботи [4] наводять результати експериментальних випробувань по визначенню зовнішніх швидкісних характеристик дизеля Д-50 по визначенню питомої ефективної витрати палива g_e , ефективного крутного моменту M_k , годинної витрати палива $G_{пал}$ і ефективної потужності N_e від частоти обертання колінчастого валу двигуна. Також автори наводять характеристику холостого ходу дизеля ЯМЗ-236 по визначенню годинних витрат палива і повітря відповідно $G_{пал}$ і $G_{пов}$, коефіцієнту надміру повітря α і коефіцієнту наповнення η_v в залежності від частоти обертання колінчастого валу. Тут же наводяться і результати отриманої характеристики токсичності дизеля РАБА-МАН при частоті обертання колінчастого валу дизеля 2000 хв^{-1} , яка визначає концентрації шкідливих речовин (ШР) у відпрацьованих газах (ВГ) дизеля таких як: монооксиду вуглецю CO , двооксиду вуглецю CO_2 , оксидів азоту NO_x , вуглеводневих сполук C_mH_n , димності ВГ K і коефіцієнту надміру повітря α .

В джерелі [5] наводяться результати навантажувальної характеристики дизеля 4Ч11,0/12,5 (Д-243) при частоті обертання колінчастого валу дизеля 1500 хв^{-1} , яка визначає концентрації ШР у ВГ дизеля таких як: монооксиду вуглецю CO , двооксиду вуглецю CO_2 , оксидів азоту NO_x , вуглеводневих сполук C_mH_n , димності ВГ K , а також годинної $G_{\text{пал}}$ і питомої g_e витрат палива та температури відпрацьованих газів $t_{\text{вг}}$.

В роботі [6] наводяться результати навантажувальної характеристики дизеля 4Ч11,0/12,5 (Д-243) при частоті обертання колінчастого валу дизеля 1850 хв^{-1} , яка визначає концентрації ШР у ВГ дизеля таких як: монооксиду вуглецю CO , оксидів азоту NO_x , вуглеводневих сполук C_mH_n , димності ВГ K , твердих часток C , а також годинних витрат палива $G_{\text{пал}}$ і повітря $G_{\text{пов}}$.

Результати дослідження [7] містять розрахунки на математичній моделі витрати палива і викидів шкідливих речовин з ВГ дизеля 4Ч11,0/12,5 (Д-243), які були отримані шляхом імітації руху базової машини ГАЗ-3307 з плужним снігоочисником у розробленому випробувальному циклі. Розроблений випробувальний цикл представляє собою ділянку протяжністю 4000м і містить три режими руху, а саме: розгін, рух з усталеною швидкістю і уповільнення в координатах V-S. Імітація від опору долання снігу плужним снігоочисником створювалась збільшенням коефіцієнту опору кочення базової машини.

Також визначались визначались максимальна потужність N_e , максимальний крутний момент M_k ; годинні витрати палива $G_{\text{пал}}$ і повітря $G_{\text{пов}}$, питома ефективна витрата палива g_e ; концентрацій ШР у ВГ: оксиду вуглецю CO , вуглеводневих сполук C_mH_n , оксидів азоту NO_x , та димність N ВГ при повній паливоподачі дизеля 4Ч11,0/12,5 (Д-242) (рис. 1) [8] за стандартних налаштувань коректора паливоподачі [4].

Мета роботи полягає в експериментальному визначенні зовнішніх швидкісних характеристик дизеля 4Ч11,0/12,5 (сімейства Д-240, Д-241, Д-242, Д-243), а саме: максимальної потужності N_e , максимального крутного моменту M_k ; годинних витрат палива $G_{\text{пал}}$ і повітря $G_{\text{пов}}$, питомої ефективної витрати палива g_e ; концентрацій ШР у ВГ: оксиду вуглецю CO , вуглеводневих сполук C_mH_n , оксидів азоту NO_x , та димності N ВГ за зміненого налаштування коректора паливоподачі ПНВТ і їх порівняння з зовнішніми швидкісними характеристиками за стандартного налаштувань коректора паливоподачі ПНВТ.

Виклад основного матеріалу. Одним з основних прийомів по поліпшенню паливної економічності, зниженню викидів ШР з ВГ і димності ВГ дизеля є перехід з всережимного регулювання частоти обертання колінчастого валу дизеля у двохрежимне чи однорежимне [9, 10]. Але в цьому випадку потрібно вносити конструктивні зміни в будову регулятора частоти обертання колінчастого валу, що в умовах експлуатації є складним і трудомістким процесом, який вимагає застосування певних видів технологічного обладнання.

Значно більш простим способом, в умовах експлуатації, є внесення певних регулювань до штатного, всережимного регулятора колінчастого валу дизеля без конструктивної його переробки. А саме в регулюванні коректора паливоподачі. В цьому випадку необхідні регулювання зможе виконати навіть машиніст-оператор трактора з наведеним типом дизеля не застосовуючи при цьому складного додаткового обладнання.

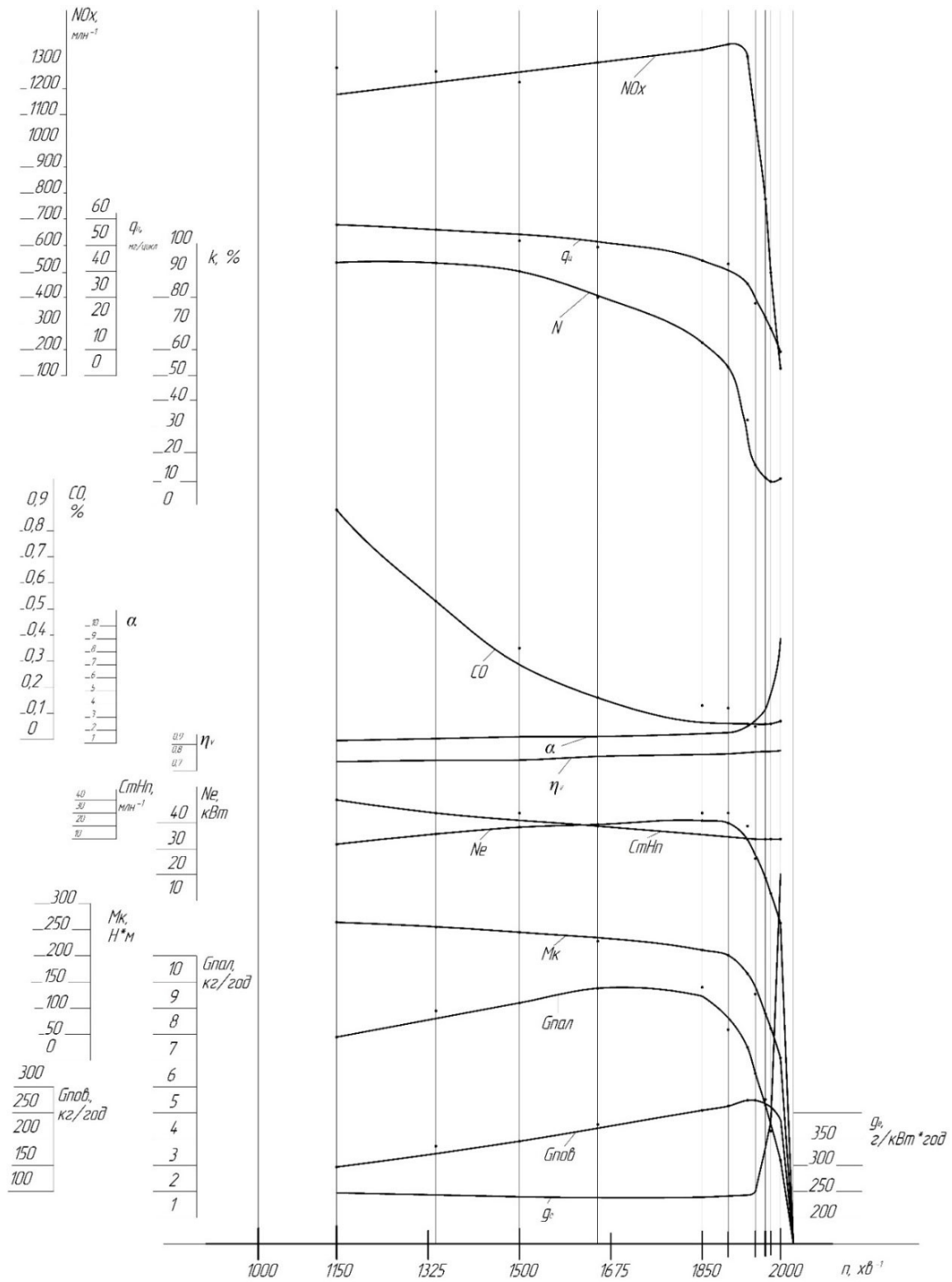


Рисунок 1 – Зовнішня швидкісна характеристика дизеля 4Ч11,0/12,5 (Д-242) [8]
Figure 1 – External speed characteristic of diesel engine 4Ч11,0/12,5 (D-242) [8]

Для оцінки екологічних показників та паливної економічності дизеля 4Ч11,0/12,5 (Д-243) за змінених налаштувань коректора паливоподачі було визначено, під час стендових досліджень, зовнішні швидкісні характеристики, які відповідають найбільш характерним режимам роботи двигуна при роботі машини у тяговому режимі (режим роботи плужного снігоочисника). Отримані в результаті експерименту максимальна потужність N_e та максимальний крутний момент M_k відповідають значенням для дизеля Д-242, наведеним в [2].

На рис. 2 показано зовнішні швидкісні характеристики за змінених налаштувань коректора паливоподачі. На цьому рисунку показано отримані в залежності від частоти обертання колінчастого валу дизеля n такі показники: витрати палива і повітря за годину ($G_{\text{пал}}$ і $G_{\text{пов}}$), питома ефективна витрата палива g_e , циклової подачі палива $q_{\text{ц}}$ і коефіцієнту наповнення η_v ; концентрації в відпрацьованих газах оксиду вуглецю CO , вуглеводнів C_mH_n , оксидів азоту NO_x ; димності відпрацьованих газів N та коефіцієнта надміру повітря α

З використанням методу математичного планування експерименту [11] за визначеними зовнішніми швидкісними характеристиками було описано поліноміальними залежностями показники двигуна (витрату палива $G_{\text{пал}}$, витрату повітря $G_{\text{пов}}$; з ВГ концентрації ШР в ВГ: оксидів азоту NO_x , вуглеводневих сполук C_mH_n , оксиду вуглецю CO та димності N ВГ).

За рівномірним варіантом плану повного факторного експерименту визначались значення параметрів у заданих точках плану [11]. З використанням методу найменших квадратів [11], використовуючи спеціальне програмне забезпечення на ПЕОМ визначались коефіцієнти поліноміальних залежностей для швидкісних режимів роботи. Для описання показників дизеля використовувались квадратичні поліноміальні залежності вигляду:

$$y = A_0 + A_1 \cdot x_1 + A_2 \cdot x_2^2 \quad (1)$$

де A_0, A_1, A_2 – поліноміальні коефіцієнти;
 x_1, x_2 – незалежні параметри.

Показники дизеля за зовнішніми швидкісними характеристиками описані поліноміальними залежностями третьої степені від частоти обертання колінчастого валу двигуна n , які мають наступний вигляд:

Годинна витрата повітря (кг/год) визначається за залежністю:

$$\begin{matrix} G_{\text{пов}} & 196,805 & 0,153 \cdot n & 1500 & 0,013 & n & 1500 & 1,14 \cdot 10 \\ n & 1500 & & & & & & \end{matrix} \quad (2)$$

Годинна витрата палива (кг/год) визначається за залежністю:

$$\begin{matrix} G_{\text{пал}} & 7,771 & 2,752 \cdot 10 & \cdot n & 1500 & 1,714 \cdot 10 & n & 1500 \\ & 8,572 \cdot 10 & n & 1500 & & & & \end{matrix} \quad (3)$$

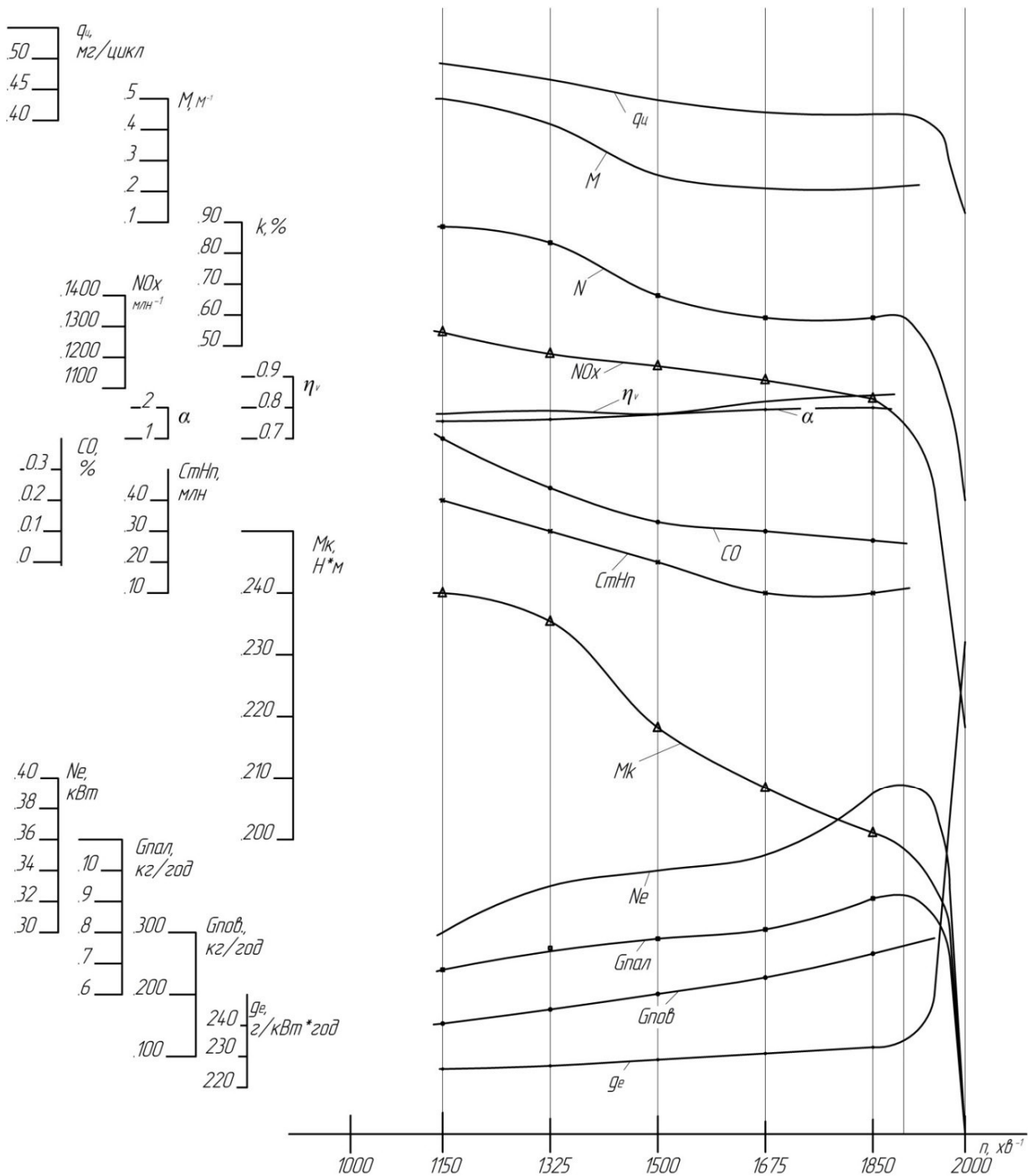


Рисунок 2 – Зовнішня швидкісна характеристика дизеля 4C11,0/12,5 (D-242) за змінених налаштувань коректора паливоподачі

Figure 2 – External speed characteristic of the 4C11,0/12,5 (D-242) diesel engine with changed settings of the fuel injection corrector

Циклова подача палива (мг/цикл) визначається за залежністю:

$$q_{\text{ц}} = 43,343 \cdot n - 1500 + 1,714 \cdot 10^{-5} \cdot n^2 - 1500 + 5,486 \cdot 10^{-5} \cdot n^3 - 1500 \quad (4)$$

Концентрація оксидів вуглецю у відпрацьованих газах (%) визначається за залежністю:

$$CO = 0,14 \cdot 10^{-3} \cdot n - 1500 + 9,429 \cdot 10^{-5} \cdot n^2 - 1500 + 1,524 \cdot 10^{-5} \cdot n^3 - 1500 \quad (5)$$

Концентрація вуглеводневих сполук у відпрацьованих газах (млн⁻¹) визначається за залежністю:

$$C_H = 19,476 \cdot n - 1500 + 0,067 \cdot 10^{-3} \cdot n^2 - 1500 + 5,717 \cdot 10^{-5} \cdot n^3 - 1500 + 2,623 \cdot 10^{-5} \cdot n^4 - 1500 \quad (6)$$

Концентрація оксидів азоту у відпрацьованих газах (млн⁻¹) визначається за залежністю:

$$NO = 1370,381 \cdot n - 1500 + 0,684 \cdot 10^{-3} \cdot n^2 - 1500 + 0,042 \cdot 10^{-3} \cdot n^3 - 1500 + 0,02 \cdot 10^{-3} \cdot n^4 - 1500 \quad (7)$$

Димність відпрацьованих газів (%) визначається за залежністю:

$$N = 68,276 \cdot n - 1500 + 0,073 \cdot 10^{-3} \cdot n^2 - 1500 + 5,957 \cdot 10^{-5} \cdot n^3 - 1500 + 3,454 \cdot 10^{-5} \cdot n^4 - 1500 \quad (8)$$

Крутний момент дизеля (Н·м) визначається за залежністю:

$$M_k = 219,852 \cdot n - 1500 + 0,08 \cdot 10^{-3} \cdot n^2 - 1500 + 1,14 \cdot 10^{-5} \cdot n^3 - 1500 + 2,734 \cdot 10^{-5} \cdot n^4 - 1500 \quad (9)$$

Перевірка адекватності отриманих поліноміальних залежностей, які описують економічні та екологічні показники дизеля Д-243 проводилась з використанням F – критерія Фішера аналогічно, як в [8]:

$$F = \frac{S_{\text{ад}}^2}{S_{(y)}^2} \quad (10)$$

де $S_{\text{ад}}^2$ – дисперсія адекватності;
 $S_{(y)}^2$ – дисперсія відтворюваності.

Якщо отримані розрахунком значення F_p – критерія не перевищують табличних даних $F_{\text{т}}$, то з відповідною довірчою вірогідністю поліноміальну залежність можна вважати адекватною. При

перевірці адекватності були використані таблиці F – критерія Фішера при 5% – му рівні значимості, тому довірна вірогідність складає 95%.

Дисперсія адекватності представляє остаточно суму квадратів $\sum \Delta Y_i$ $\sum Y$ Y різниць між експериментально заміряними значеннями Y_o та розрахованими по поліноміальним залежностям Y_p , поділену на число ступенів вільності f :

$$S_{ад} = \frac{\sum \Delta^2}{f} \quad (11)$$

Число ступенів вільності f в плануванні експерименту дорівнює різниці між числом дослідів N і числом коефіцієнтів k , що визначаються:

$$f = N - k \quad (12)$$

Дисперсія відтворюваності $S^2_{(y)}$ може бути визначена шляхом постановки додаткових дослідів в одній з точок по залежності:

$$S = \frac{\sum (Y_i - \bar{Y})^2}{n} \quad (13)$$

де n – число додаткових дослідів;

Y_i – значення параметра, яке отримується в i – му досліді;

\bar{Y} – середнє значення замірянних параметрів.

Результати перевірки адекватності поліноміальних залежностей, які описують економічні та екологічні показники дизеля Д-243 наводяться в таблиці 1.

Висновки

1. Значення коефіцієнту запасу крутного моменту для дизеля за стандартних налаштувань коректора паливоподачі складає 25,5%, а при регулюванні коректора 19,3%.

2. Порівняння годинної витрати палива $G_{пал}$, концентрацій шкідливих речовин з ВГ дизеля за стандартних налаштувань коректора паливоподачі і з регулюванням коректора можна привести для двох режимів:

Для номінального режиму і режиму перевантаження.

За годинною витратою палива $G_{пал}$ у дизеля з регулюванням коректора паливоподачі в номінальному режимі вона менша на 7%, в режимі перевантаження менша на 13%.

За викидами оксиду вуглецю CO у дизеля з регулюванням коректора паливоподачі концентрація оксидів вуглецю в номінальному режимі менше на 46%, в режимі перевантаження менше на 54%.

За викидами вуглеводневих сполук C_mH_n у дизеля з регулюванням коректора паливоподачі концентрація оксидів вуглецю в номінальному режимі менше на 66,6%, в режимі перевантаження вони рівні.

Таблиця 1 – Результати перевірки адекватності поліноміальних залежностей, які описують економічні та екологічні показники дизеля Д-242

Table 1 – The results of testing the adequacy of polynomial dependencies characterizing the economic and environmental performance of the diesel engine D-242

№	Найменування параметру	Дисперсія адекватності	Дисперсія відтворюваності	Розрахункове значення критерія Фішера	Табличне значення критерія Фішера
		$S_{ад}$	S	F_p	F_T
1	Годинна витрата повітря $G_{пов}$	24,126	9,099	2,651	19,2
2	Годинна витрата палива $G_{пал}$	9,325 10	0,002	0,613	19,2
3	Циклова подача палива $q_{ц}$	0,03	28,123	0,001	19,2
4	Концентрація у ВГ оксидів вуглецю CO	7,411 10	0,00004	1,754	19,2
5	Концентрація у ВГ вуглеводневих сполук C_mH_n	2,595	1	2,595	19,2
6	Концентрація у ВГ оксидів азоту NO_x	562,405	72253,44	7,784 10	19,2
7	Димність відпрацьованих газів N	3,337	1,758	1,898	19,2
8	Ефективний крутний момент M_k	1,987	1,19	1,67	19,2

За викидами оксидів азоту NO_x у дизеля з регулюванням коректора паливоподачі концентрація оксидів азоту в номінальному режимі менше на 8,8%, в режимі перевантаження більше на 18,9%.

За димністю відпрацьованих газів N у дизеля з регулюванням коректора паливоподачі в номінальному режимі вона менша на 4,8%, а в режимі перевантаження менша на 4,5%.

Як показують проведені дослідження по визначенню екологічних показників та паливної економічності дизеля за змінених налаштувань коректора паливоподачі, які отримані від одного фактору (від частоти обертання колінчастого валу дизеля) адекватно описуються поліноміальними залежностями третього ступеня.

Перелік посилань

1. Мороз В.В., Суходольський М.П. Дефорсування дизеля дорожнього транспортного засобу, як засіб зниження ним витрати палива та викидів шкідливих речовин. 63 наукова конференція професорсько-викладацького складу Національного транспортного університету. Київ, 2007. С. 11.
2. Липницький Э.И. Дизели Д-240, 245 и их модификации: техническое описание и инструкция по эксплуатации. Минск, 1986. 88 с.
3. Мороз В.В., Пясковський Д.О. Ефективні показники базової машини для машин по утриманню доріг в умовах експлуатації. 74 наукова конференція професорсько-викладацького складу Національного транспортного університету. Київ, 2018. С. 17
4. Гутаревич Ю.Ф., Корпач А.О. Випробування двигунів внутрішнього згоряння: навч. посіб. Київ, 2002. 191 с.
5. Гутаревич Ю.Ф., Зеркалов Д.В., Говорун А.Г., Корпач А.О., Мержієвська Л.П. Екологія автомобільного транспорту: навч. посіб. Київ, 2002. 312 с.
6. Мороз В.В. Математична модель дизеля для використання в системі водій–автомобіль–дорога. Системні методи керування, технологія, та організація виробництва, ремонту та експлуатації автомобілів. Київ, 2003. Вип. 16. С.147-151.
7. Мороз В.В., Щастний Д.С. Визначення показників базової машини для монтажу обладнання по утримання доріг. 76 наукова конференція професорсько-викладацького складу Національного транспортного університету. Київ, 2020. С. 17
8. Мороз В.В., Ковбасенко С.В., Левківський С.А. Визначення зовнішніх швидкісних характеристик силового обладнання дорожніх машин. Автомобільні дороги і дорожнє будівництво. Київ, 2022. Вип. 112. С. 295–302.
9. Патент України № 21373. Гутаревич Ю.Ф., Говорун А.Г., Корпач А.О., Добровольський О.С., Мороз В.В. Регулятор частоти обертання двигуна внутрішнього згоряння.
10. Патент України № 261185. Гутаревич Ю.Ф., Говорун А.Г., Корпач А.О., Добровольський О.С., Мороз В.В., Сельський М.П. Універсальний регулятор частоти обертання двигуна внутрішнього згоряння.
11. Рафалес–Ламарка Э. Э., Николаев В.Г. Некоторые методы планирования и математического анализа биологических экспериментов: учеб. пособ. Киев, 1971. 119 с.

INFLUENCE OF FUEL SUPPLY CORRECTION ON THE EXTERNAL SPEED CHARACTERISTIC OF A DIESEL ENGINE DRIVING POWER EQUIPMENT OF ROAD MACHINES UNDER OPERATING CONDITIONS

Moroz Valentyn V., National Transport University, Department of Machine Engineering for Transport Construction, Candidate of Science (Engineering), Associate Professor, frostvaliko@gmail.com, +380442809773, Ukraine, Kyiv, <https://orcid.org/0000-0003-3000-4961>

Kovbasenko Sergii V., National Transport University, Department of Machine Engineering for Transport Construction, Candidate of Science (Engineering), Professor, svkovsv@gmail.com, +380442809773, Ukraine, Kyiv, <https://orcid.org/0000-0002-7309-8200>

Levkivskiy Sergii A., National Transport University, Department of Machine Engineering for Transport Construction, Senior Lecturer, s.a.levkovsky@gmail.com, +380442809773, Ukraine, Kyiv, <https://orcid.org/0000-0003-1515-4240>.

Simonenko Vitalii V., National Transport University, Department of Machine Engineering for Transport Construction, Candidate of Science (Engineering), Associate Professor, v.simonenko@ntu.edu.ua, +380442809773, Ukraine, Kyiv, <https://orcid.org/0000-0002-7556-069X>

Summary. The paper considers the issue of improving fuel efficiency and reducing emissions of harmful substances from diesel exhaust gases, which is the source of energy for driving the working equipment of road machines operating in traction modes and during transport work under operating conditions, namely plough and plough-brush snow ploughs based on a pneumatic wheeled tractor.

The object of research is to improve fuel efficiency and reduce emissions of harmful substances from the exhaust gases of the diesel engine driving the working equipment of road machines.

The aim of the study is to improve fuel efficiency and reduce emissions of harmful substances from the exhaust gases of the 4Ч11.0/12.5 diesel engine (D-240, D-241, D-242, D-243 families), which is the source of energy for the drive of working equipment and the mechanism for moving plough and plough-brush snowplows by adjusting the all-mode fuel supply corrector, mechanical, centrifugal regulator of the high-pressure diesel fuel pump under operating conditions and the effect of this setting on the external speed characteristics of the diesel engine, namely maximum power N_e , maximum torque M_k ; hourly fuel and air consumption $G_{\text{пал}}$ and $G_{\text{пов}}$, specific effective fuel consumption g_e ; concentrations of harmful substances in exhaust gases: carbon monoxide CO , hydrocarbon compounds C_mH_n , nitrogen oxides NO_x and smoke N of exhaust gases.

The paper presents the results of experimental studies to determine the energy performance (maximum power N_e and maximum torque M_k) of a diesel engine (4Ч11.0/12.5 (D-242)) of power equipment; fuel efficiency indicators (hourly fuel consumption $G_{\text{пал}}$ and specific effective fuel consumption g_e); hourly air consumption $G_{\text{пов}}$; and concentrations of harmful substances in exhaust gases: carbon monoxide CO , hydrocarbon compounds C_mH_n , nitrogen oxides NO_x and smoke N of exhaust gases. These were obtained at the position of the fuel injection control unit corresponding to the maximum fuel supply depending on the diesel crankshaft speed. The above indicators were determined with the changed settings of the fuel supply corrector of the all-mode, mechanical, centrifugal regulator of the high-pressure diesel fuel pump.

Based on the obtained external speed characteristics of N_e , M_k , $G_{\text{пал}}$, g_e , $G_{\text{пов}}$, CO , C_mH_n , NO_x , and N , mathematical (polynomial) dependencies describing them on the diesel crankshaft rotation frequency were determined and their adequacy was checked.

The conducted research allowed us to determine the main direction of improving fuel efficiency and reducing emissions of harmful substances from diesel exhaust gases in the conditions of road vehicles operation.

Keywords: Fuel injection corrector, regulator, external speed characteristics, energy and environmental indicators, fuel efficiency, harmful substances, exhaust gases, operating conditions, polynomial models, adequacy.

References

1. Moroz V.V., Sukhodolskyi V.P. Deforsuvannia dyzelia dorozhnjgo transportnogo zasobu, yak zasib znyzhennia nym vytraty palyva ta vykidiv shkidlyvykh rechovyn. 63 naukova konferentsiia profesorsko-vykladatskogo skladu Natsionalnogo transportnogo universytetu. Kyiv, 2007.S. 11 [in Ukrainian].
2. Lipnitskii E.I. Dizeli D-240, 245 i ikh modifikatsii (Diesels D-240, 245 and their modifications): Technical description. Minsk, 1986. 88 s. [in Belarusian].

3. Moroz V.V., Piaskovkii D.O. Efektyvni pokaznyky bazovoi mashyny dlia mashyny dlia mashyn po utrymannu dorig v umovakh ekspluatatsii. 74 naukova konferentsiia profesorsko-vykladatskogo skladu Natsionalnogo transportnogo universytetu. Kyiv, 2018.S. 17 [in Ukrainian].
4. Gutarevych Yu.F., & Korpach A.O. Vyprobuvannia dvyguniv vnutrishnogo zgoriannia (Testing of internal combustion engines): Tutorial. Kyiv, 2002. 191 s. [in Ukrainian].
5. Gutarevych Yu.F., Zerkalov D.V., Govorun A.G., Korpach A.O., & Merzhyievska L.P. Ekologiiia avtomobilnogo transportu (Ecology of road transport): Tutorial. Kyiv, 2002. 312 s. [in Ukrainian].
6. Moroz V.V. Matematychna model dyzelia dlia vykorystannia v systemi vodii–avtomobil–doroga (Mathematical model of a diesel engine for use in the driver-car-road system). Systemni metody keruvannia, tekhnologiiia, ta organizatsiia vyrobnytsva, remontu ta ekspluatatsii avtomobiliv. Kyiv, 2003. №16. S. 147-151. [in Ukrainian].
7. Moroz V.V., Shchastnyi D.S. Vyznachennia pokaznykiv bazovoi mashyny dlia montazhu obladnannia po utrymanniu dorig. 76 naukova konferentsiia profesorsko-vykladatskogo skladu Natsionalnogo transportnogo universytetu. Kyiv, 2020.S. 17 [in Ukrainian].
8. Moroz V.V., Kovbasenko S.V., Levkivskii S.A. Vyznachennia zovnishnikh shvydkisnykh kharakterystyk sylovogo obladnannia dorozhnikh mashyn (Determination of the external speed characteristics of the power equipment of road machines) Avtomobilni dorogy I dorozhnie budivnytstvo. Kyiv, 2022. Issue. 112. S. 295-302 [in Ukrainian].
9. Patent Ukrainy № 21373. Gutarevych U.F., Govorun A.G., Korpach A.O., Dobrovolskyii O.S., Moroz V.V. Regulator chastoty obertannia dvyguna vnutrishnogo zgoriannia. (Patent of Ukraine № № 21373 Internal combustion engine speed regulator) [in Ukrainian].
10. Patent Ukrainy № 261185. Gutarevych U.F., Govorun A.G., Korpach A.O., Dobrovolskyii O.S., Moroz V.V., Sielskii M.P. Universalnyii regulator chastoty obertannia dvyguna vnutrishnogo zgoriannia. (Patent of Ukraine № № 261185 Universal internal combustion engine speed regulator) [in Ukrainian].
11. Rafales–Lamarka E.E., Nikolaiev, V.G. Nekotoryie metody planirovaniia i matematicheskogo analiza biologicheskikh eksperimentov (Some methods of planning and mathematical analysis of biological experiments): Tutorial. Kyiv, 1971. 119 s. [in Ukrainian].