

## Література

1. Шевченко В. В. Визначення раціональних параметрів координованого управління дорожнім рухом на міських магістралях : дис. ... докт. філ. : 275.03 Харків, 2023. 224 с.
2. URL: <https://corporate.tomtom.com/static-files/8fd1d5d2-0ecb-47b6-97b7-9c8017df91c2>. (дата звернення 22.05.2023).

## ПОЛІПШЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ДВИГУНІВ З ІСКРОВИМ ЗАПАЛЮВАННЯМ В РЕЖИМАХ ПОВНИХ НАВАНТАЖЕНЬ ДОБАВКОЮ ЗАКИСУ АЗОТУ ДО ПОВІТРЯНОГО ЗАРЯДУ

Гутаревич Юрій Феодосійович, д.т.н., професор,  
Національний транспортний університет,  
e-mail: [yugutarevich@gmail.com](mailto:yugutarevich@gmail.com), ORCID: 0000-0002-4939-4384  
Гора Микола Дмитрович, аспірант,  
ДП «ДержавтотрансНДІпроект», Київ, Україна,  
e-mail: [mgora@insat.org.ua](mailto:mgora@insat.org.ua), ORCID: 0000-0002-1574-3080

В умовах руху автомобілів, які характеризуються значною кількістю інтенсивних розгонів і гальмувань [1] важливим є підвищення динамічних показників автомобіля, які залежать від максимальних енергетичних показників автомобільного двигуна [2]. Одним з методів підвищення цих показників є добавка закису азоту до повітряного заряду двигунів з іскровим запалюванням. В тезах викладено результати теоретичних досліджень впливу добавки закису азоту на величину середнього індикаторного тиску  $p_i$ , який є однією з оцінок енергетичних показників двигуна.

Відома залежність  $p_i$  від параметрів робочого циклу і показників роботи двигуна:

$$p_i = \frac{\eta_i}{\alpha} \cdot \frac{\rho'_{\text{пов}}}{l_0} \cdot \eta_v \cdot H_u, \quad (1)$$

де:  $\eta_i$  – індикаторний к.к.д.;  $\alpha$  – коефіцієнт надміру повітря;  $\rho'_{\text{пов}}$  – густина свіжого заряду на впуску в циліндри з врахуванням добавки закису азоту, кг/м<sup>3</sup>;  $l_0$  – теоретично необхідна кількість повітря для згорання одиниці маси палива, кг/кг;  $\eta_v$  – коефіцієнт наповнення;  $H_u$  – нижча теплота згорання палива, МДж/кг.

Прийняли наступну методику проведення теоретичного дослідження впливу добавки закису азоту до повітряного заряду на енергетичні показники двигуна з іскровим запалюванням. З використанням експериментальних даних обґрунтували ті параметри, які є незмінними при використанні добавки, визна-

чили ті параметри, які змінюються при добавці закису азоту різної величини і за формулою (1) розраховали  $p_i$ . Так як при визначенні показників двигуна з добавкою закису азоту основні фактори, які впливають на  $\eta_i$ , залишаються незмінними, зокрема основний з них коефіцієнт надміру повітря  $\alpha = 0,88$ , відношення  $\frac{\eta_i}{\alpha}$  можна вважати незмінним. Його величину визначили за результатами експериментальних досліджень двигуна Opel моделі C30NE, який обладнано системою впорскування бензину, зворотним зв'язком і каталітичним нейтралізатором [3]. За відомими формулами розраховали показники двигуна за роботи по швидкісній зовнішній характеристиці: середнього ефективного тиску  $p_e(n)$  (рис. 1) середнього тиску механічних втрат  $p_m(n)$  [4], середнього індикаторного тиску  $p_i(n)$ .

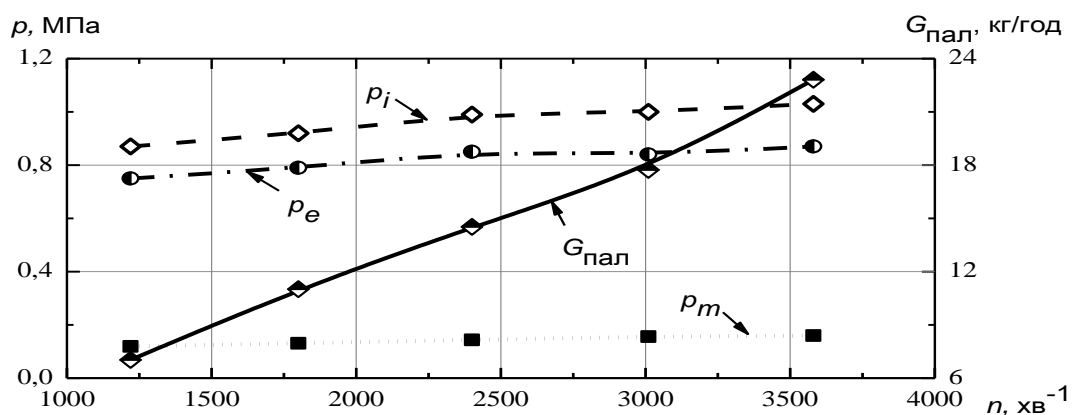


Рисунок 1 – Залежність енергетичних показників робочого циклу і годинної витрати бензину від частоти обертання двигуна 6Ч9,5/6,98 за роботи з повним навантаженням

З використанням експериментальних залежностей годинної витрати бензину  $G_{\text{пал}}(n)$ , коефіцієнту надміру повітря  $\alpha(n)$  розраховали залежність  $\eta_i(n)$  і  $\frac{\eta_i}{\alpha}$  (рис. 2), встановили, що максимальне значення  $(\frac{\eta_i}{\alpha})_{\text{макс.}} = 0,397$  має місце при частоті обертання  $3000 \text{ xв}^{-1}$  і складі бензо-повітряної суміші  $\alpha = 0,88$ . Цей режим роботи був прийнятий в подальших розрахунках. В цьому режимі експериментально визначений коефіцієнт наповнення  $\eta_v = 0,71$ . Нижчу теплоту згорання прийняли  $H_u = 0,88 \text{ МДж/кг}$ . Змінними параметрами в формулі (1) є  $\rho'_{\text{пов}}$  і  $l_0$ , величини яких залежать від величини добавки закису азоту до повітря на впуску в циліндри двигуна.

Якщо добавку не використовують, для нормальних технічних умов ( $p_0 = 1,013 \text{ бар}$ ,  $T_0 = 288 \text{ К}$ ) густину повітря і закису азоту визначали з рівняння стану для ідеального газу

$$\rho = \frac{p_0}{R \cdot T_0}, \quad (2)$$

де  $R$  – газова стала, для повітря  $R_{\text{пов}} = 287$  Дж/кг·град, для закису азоту  $R_{N_2O} = 188,9$  Дж/кг·град.

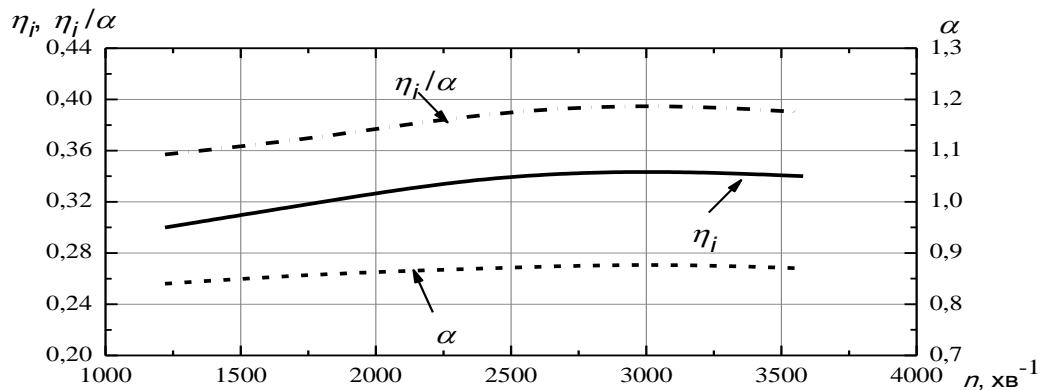


Рисунок 2 – Залежність показників робочого циклу від частоти обертання двигуна 6Ч9,5/6,98 за роботи з повним навантаженням

З використанням формули (2) визначили густину повітря і закису азоту:  $\rho_{\text{пов}} = 1,225$  кг/м<sup>3</sup>,  $\rho_{N_2O} = 1,86$  кг/м<sup>3</sup>. Для об'ємного вмісту закису азоту в повітряному заряді  $r_{N_2O} = 0 \rightarrow \rho'_{\text{пов}} = 1,225$  кг/м<sup>3</sup>; для  $r_{N_2O} = 0,1$  (10%)  $\rightarrow \rho'_{\text{пов}} = 1,29$  кг/м<sup>3</sup>; для  $r_{N_2O} = 0,2$  (20%)  $\rightarrow \rho'_{\text{пов}} = 1,35$  кг/м<sup>3</sup>.

Так як в процесі експериментальних досліджень витрати повітря і закису азоту вимірюють в об'ємних одиницях і склад суміші повітря і закису азоту задають в об'ємних частках або відсотках, необхідно визначити співвідношення між масовими і об'ємними частками

$$g_{\text{пов}} = \frac{\mu_i \cdot r_i}{\sum \mu_i \cdot r_i}; \quad g_{\text{пов}} = \frac{28,93 \cdot r_{\text{пов}}}{28,93 \cdot r_{\text{пов}} + 44 \cdot r_{N_2O}}; \quad g_{N_2O} = \frac{44 \cdot r_{N_2O}}{28,93 \cdot r_{\text{пов}} + 44 \cdot r_{N_2O}}. \quad (3)$$

Для  $r_{N_2O} = 0 \rightarrow g_{\text{пов}} = 1,0$ ,  $g_{N_2O} = 0$ ; для  $r_{N_2O} = 0,1$  (10%)  $\rightarrow g_{\text{пов}} = 0,856$ ,  $g_{N_2O} = 0,144$ ; для  $r_{N_2O} = 0,2$  (20%)  $\rightarrow g_{\text{пов}} = 0,725$ ,  $g_{N_2O} = 0,275$ .

Теоретичну кількість свіжого заряду – суміші повітря і закису азоту для згорання одиниці маси палива розраховували за залежністю

$$l_0 = \frac{1}{g_{O_2}} \cdot \left( \frac{8}{3}C + 8H - O_2 \right), \quad (4)$$

де  $g_{O_2}$  – масова частка кисню в суміші (кг/кг); С, Н,  $O_2$  – масові частки вуглецю, водню, кисню в паливі (кг/кг). С = 0,855, Н = 0,145,  $O_2 = 0$ .

Масову частку кисню в суміші розраховували за формулою

$$g_{O_2} = g_{O_2\text{пов}} \cdot g_{\text{пов}} + g_{O_2N_2O} \cdot g_{N_2O}, \quad (5)$$

де  $g_{O_2\text{пов}}$  і  $g_{O_2N_2O}$  – масові частки кисню в повітрі, кг/кг ( $g_{O_2\text{пов}} = 0,232$ ) та закису азоту ( $g_{O_2N_2O} = 0,364$ ).

Для  $r_{N_2O} = 0 \rightarrow g_{O_{2\text{сум}}} = 0,232$ ; для  $r_{N_2O} = 0,1 \rightarrow g_{O_{2\text{сум}}} = 0,251$ ; для  $r_{N_2O} = 0,2 \rightarrow g_{O_{2\text{сум}}} = 0,2683$ .

За формулою (4) отримали: для  $r_{N_2O} = 0 \rightarrow l_0 = 14,83$ ; для  $r_{N_2O} = 0,1 \rightarrow l_0 = 13,7$ ; для  $r_{N_2O} = 0,2 \rightarrow l_0 = 12,82$ .

Відношення  $\frac{\rho'_{\text{пов}}}{l_0}$ , яке входить в формулу (1), в залежності від вмісту закису азоту дорівнює: для  $r_{N_2O} = 0 \rightarrow \frac{\rho'_{\text{пов}}}{l_0} = 0,0826$ ; для  $r_{N_2O} = 0,1 \rightarrow \frac{\rho'_{\text{пов}}}{l_0} = 0,0941$ ; для  $r_{N_2O} = 0,2 \rightarrow \frac{\rho'_{\text{пов}}}{l_0} = 0,1053$ .

Розраховані за формулою (1) величини середнього індикаторного тиску, які можна очікувати при різній величині добавки закису азоту (залежність  $p_i(r_{N_2O})$ ), показані на рис. 3.

Для  $r_{N_2O} = 0 \rightarrow p_i = 1,01$  МПа; для  $r_{N_2O} = 0,1 \rightarrow p_i = 1,15$  МПа; для  $r_{N_2O} = 0,2 \rightarrow p_i = 1,29$  МПа.

Достовірність проведених розрахунків перевірили співставленням величини  $p_i$  при  $r_{N_2O} = 0$  з отриманою в експерименті ( $p_{i\text{експ}}$ ) за роботи двигуна з частотою  $3000 \text{ хв}^{-1}$ . Для виміряних при вказаній частоті величин крутного моменту ( $M_k = 201,74 \text{ Н}\cdot\text{м}$ ), моменту механічних втрат ( $M_m = 37 \text{ Н}\cdot\text{м}$ ), і відповідно розрахованого індикаторного моменту ( $M_i = 238,7 \text{ Н}\cdot\text{м}$ ) для  $r_{N_2O} = 0$  отримали:

$$p_{i\text{експ}} = \frac{M_i \cdot \pi \cdot \tau}{V_d} \cdot 10^{-3} = \frac{238,7 \cdot 3,14 \cdot 4}{3} \cdot 10^{-3} = 0,999 \text{ (МПа)} \quad (6)$$

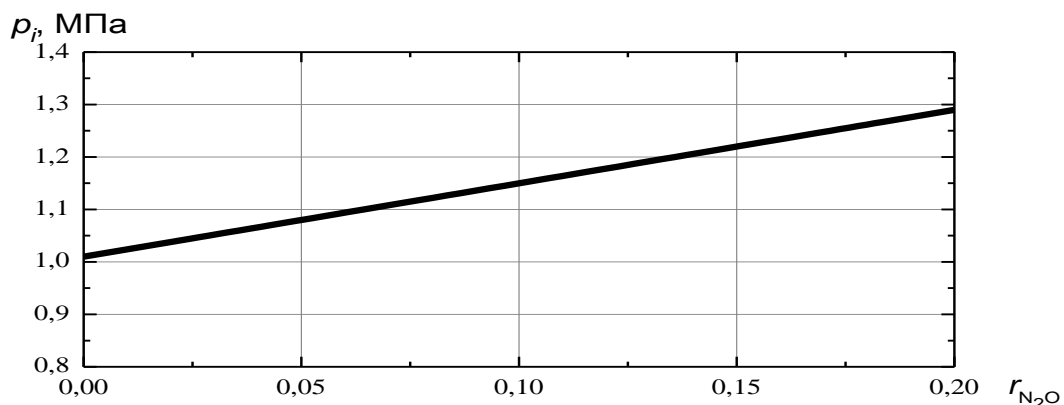


Рисунок 3 – Залежність середнього індикаторного тиску від об'ємного вмісту закису азоту в свіжому заряді двигуна з іскровим запалюванням за роботи на паливо-повітряній суміші при  $\alpha = 0,88$

Розрахована величина  $p_i$  і експериментальна  $p_{i\text{експ}}$  практично співпадають. Таким чином можна очікувати, що добавка закису азоту в кількості

$r_{N_2O} = 0,1$  об'єм. збільшить енергетичні показники при незмінному складі паливо-повітряної суміші ( $\alpha \approx 0,88$ ) в  $\frac{1,15}{1,01} = 1,138$  рази, добавка  $r_{N_2O} = 0,2$  об'єм. в  $\frac{1,29}{1,01} = 1,277$  рази. Можливість використання таких добавок з точки зору міцності деталей (підвищення тиску і температури) буде визначено експериментально.

### Література

Провести дослідження впливу особливостей конструкції нових типів колісних транспортних засобів та сучасних умов експлуатації на споживання палива і мастильних матеріалів з метою вдосконалення чинної системи нормування: звіт про НДР / ДП «ДержавтотрансНДІпроект». – Київ, 2009.

Гаркуша Ю.В. Поліпшення енергетичних показників і паливної економічності бензинового двигуна в режимах повних навантажень: дис.. канд. техн. наук: 05.05.03/ Гаркуша Юхим Володимирович; Нац. транс. ун-т. – К. 2010. – 146 с.

Дядченко В.Л. Покращення паливної економічності багатоциліндрових двигунів з впорскуванням бензину в режимах малих навантажень і холостого ходу: дис.. канд. техн. наук: 05.05.03/ Дядченко Вячеслав Леонідович; Нац. транс. ун-т. – К., 2010. – 172 с.

Сирота О.В. Покращення паливної економічності і екологічних показників багатоциліндрового бензинового двигуна застосуванням комбінованого методу регулювання потужності: дис.. канд. техн. наук: 05.05.03/ Сирота Олександр Вадимович; Нац. транс. ун-т. – К., 2011. – 182 с.

## ВПЛИВ АВТОТРАКТОРНОГО ПАРКУ НА НАВКОЛИШНЄ СЕРЕДОВИЩЕ

**Лемішко Дар'я Сергіївна**, асистент кафедри тракторів,  
автомобілів та біоенергоресурсів,

Національний університет біоресурсів та природокористування України,  
e-mail: [lemishko.dasha@nubip.edu.ua](mailto:lemishko.dasha@nubip.edu.ua), ORCID: 0009-0008-9539-8627

В даний час у світі налічується близько 1,5 млрд одиниць автотранспортної техніки і її кількість збільшується на 50 млн одиниць на рік. Дана техніка, працюючи в контактi з навколишнім середовищем, піддає її техногенному впливу, що у свою чергу веде до значної зміни природних екологічних систем: ґрунту – розвиток водної та вітрової ерозії, ущільнення та розпилення ґрунту, забруднення пестицидами та мінеральними добривами, зниження гумусу – як наслідок – зменшення врожайності сільсько-господарських культур; водойм – зміна водної фауни та флори, зменшення рибних запасів; атмосфери –