

УДК 629.11

**О.М. Пилипенко, І.А. Шльончак, В.Ю. Васильченко***Черкаський державний технологічний університет***ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ДОЗИ ОЗОНУ НА ФІЗИКО-ХІМІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ  
БЕНЗИНУ**

*Проведені комплексні теоретичні та експериментальні дослідження впливу дози озону на основні фізико-хімічні властивості бензину. Встановлені істотні зміни в процесі згоряння вуглеводневих палив як результат відмінних властивостей озонованого бензину від характеристик бензину не обробленого озоном.*

*Ключові слова:* бензиновий двигун, озон, озонований бензин, фізико-хімічні властивості бензину, процес згоряння.

**А.М. Пилипенко, І.А. Шленчак, В.Ю. Васильченко****ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ДОЗЫ ОЗОНА НА ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА  
БЕНЗИНА**

*Проведены комплексные теоретические и экспериментальные исследования влияния дозы озона на основные физико-химические свойства бензина. Установлены существенные изменения в процессе сгорания углеводородных топлив как результат отличных свойств озонированного бензина от характеристик бензина не обработанного озоном.*

*Ключевые слова:* бензиновый двигатель, озон, озонированный бензин, физико-химические свойства бензина, процесс сгорания.

**A. Pylypenko, I. Shlionchak, V. Vasylchenko****THE REASERCH OF THE INFLUENCE OF THE DOSE OF OZONE ON PHYSICO-  
CHEMICAL PROPERTIES OF GASOLINE**

*Complex theoretical and experimental reaserch of the influence of the ozone dose on the basic physical and chemical properties of gasoline have been carried out. Significant changes were made in the process of combustion of hydrocarbon fuels as a result of the excellent properties of ozonized gasoline from the characteristics of gasoline not treated with ozone.*

*Keywords:* gasoline engine, ozone, ozonized gasoline, physicochemical properties of gasoline, combustion process.

**Постановка проблеми.** Стрімкий розвиток автомобільного транспорту (АТ) на всіх етапах характеризується поліпшенням споживчих властивостей автомобіля, у тому числі зниженням максимально допустимого вмісту токсичних речовин у відпрацьованих газах (ВГ) двигуна внутрішнього згоряння (ДВЗ). Це пояснюється значними темпами приросту на існуючій дорожній мережі України загальної кількості автомобілів (від 5 до 15% щорічно останнім часом) термін експлуатації яких більше нормативного [1, 2].

Сьогодні в Україні більше ніж 31% із загальних забруднень навколишнього середовища припадає саме на автомобільний транспорт. Внесок АТ в сумарні викиди шкідливих речовин у містах України складає біля 80% загального забруднення основу якого складають автомобілі з бензиновими двигунами, головним чином з карбюраторними системами живлення, чи системами впорскування, які не відповідають сучасним екологічним вимогам. Така ситуація в нашій державі спонукає на застосування комплексних підходів з метою обмеження токсичності існуючого парку автомобілів та покращення його паливної економічності за рахунок озонування вуглеводневих палив [3, 4].

Відомо, що основна маса токсичних сполук у ВГ автомобілів виникає внаслідок неповноти згоряння нафтового палива. Особливо необхідно відмітити вплив структури вуглеводнів, що входять до складу такого палива, їх кількісного і якісного складу на вміст шкідливих речовин у ВГ. Існуючі методи згоряння традиційних палив інтенсифікують цей процес. Однак, вони мало впливають на хімічну структуру вуглеводнів в період їх передполуменової підготовки. Це, в свою чергу, не дозволяє істотно підвищити коефіцієнт використання енергії палива.

Одним із шляхів вирішення даної проблеми є застосування озонного методу інтенсифікації процесу горіння паливо-повітряної суміші. Підготовка палива до згоряння шляхом дозування озону дає можливість підвищувати економічні і екологічні показники ДВЗ. Це здійснюється за рахунок синтезу кисневмісних сполук в рідкій фазі під час дозування озону-повітряної суміші в паливо. Суть процесу такої активації полягає в утворенні в об'ємі палива під дією озону вуглеводневих іон – радикалів, які є набагато реакційно здатними, ніж неактивовані вуглеводні палива. Підвищення кількості вуглеводневих іон – радикалів сприяє ефективнішому перемішуванню палива з киснем, що призводить до зниження градієнта концентрації за киснем у

будь-якому елементарному об'ємі паливо - повітряної суміші. У свою чергу це сприяє підвищенню швидкості та повноти проходження послідовно-паралельних реакцій підготовки палива до згоряння. Синтез таких кисневмісних органічних сполук призводить до утворення ряду проміжних органічних з'єднань, що підвищує октанове число без використання шкідливих антидетонаторів (тетраетилсвінець, метанол, метилтретбутиловий ефір та ін.). Очевидно, що фізико-хімічні властивості озонованого бензину змінюються в залежності від дози озону [5, 6].

Таким чином активація палива шляхом озонування потребує проведення додаткових досліджень впливу різних доз озону на фізико-хімічні властивості бензину.

У зв'язку з цим **метою роботи** є визначення фізико-хімічних властивостей озонованого бензину в залежності від дози озону в ньому.

**Результати досліджень.** Згоряння палива – це процес, що обумовлює корисну роботу двигуна, так як при цьому відбувається перетворення хімічної енергії палива в теплову, а потім – в механічну. Теплоту згоряння палива можна визначити на підставі даних його елементарного складу. Найбільш вдалимими щодо простоти і точності є формули Д. І. Менделєєва з емпірично підібраними коефіцієнтами. Таким чином нижча теплота згоряння  $H_H$  товарного бензину може бути визначена за формулою (1), кДж/кг:

$$H_H = 33,91C + 125,60H - 10,89(O - S) - 2,51(9H + W) \quad (1)$$

де С, Н, О, S, H<sub>2</sub>O - вміст в паливі вуглецю (0,855), водню (0,145), кисню (0), сірки, води відповідно, %;

Отже, значення нижчої теплоти згоряння товарного бензину склало 43,93 МДж/кг. Відомо, що молекулярна маса озону дорівнює 48 г/моль. Якщо врахувати, що озонований бензин містить  $C = 24$  г/моль,  $H = 6$  г/моль і  $O_3 = 48$  г/моль та знехтувати вмістом води, то масова частка вуглецю, водню та кисню буде дорівнювати 30,76 %, 7,692 %, 61,53 %, відповідно. Тоді в 1 кг озонованого бензину міститься  $C=0,308$  кг,  $H=0,077$  кг та  $O_3=0,615$  кг. Після розрахунків за формулою (1) значення теплоти згоряння для озонованого бензину склало 30,8 МДж/кг, що значно менше, ніж у бензині необробленого озонном.

На рис. 1 показана залежність відносної зміни нижчої теплоти згоряння озонованого бензину від дози озону ( $g_{O_3}$ ), яка розрахована з використанням формули (2).

$$H_{HO_3} = H_{H_6}(1 - g_{O_3}) + H_{H_6O_3} = H_{H_6} (1 - 0,0298 \cdot g_{O_3}) \quad (2)$$

Густина озонованого бензину на основі товарного бензину визначається за наступною залежністю:

$$\rho_{O_3} = \rho_6 + g_{O_3}(\rho_{6O_3} - \rho_6) \quad (3)$$

де  $\rho_{6O_3}$  - густина бензину обробленого озонном, кг/ м<sup>3</sup>;

$\rho_6$  - густина необробленого бензину, кг/ м<sup>3</sup>;

$g_{O_3}$  - доза озона, г/кг.

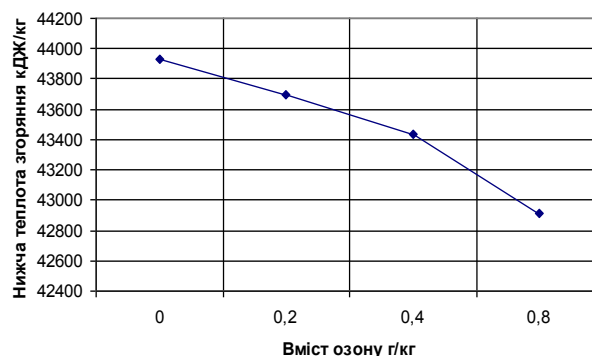


Рис. 1. Залежність нижчої теплоти згоряння бензину від дози озону

Результати розрахунків за формулою (3) у вигляді графічних залежностей представлені на рис. 2. Встановлено, що густина бензину прямо пропорційна дозі озону в ньому. Найбільше значення густини бензину ( $771 \text{ кг/м}^3$ ) відповідає  $0,8 \text{ г/кг}$  озону.

Дослідження передбачали визначення кількості повітря, в стехіометричній суміші, на  $1 \text{ кг}$  товарного бензину, яка може бути визначена за залежністю (4), кмоль:

$$l_{O_2} = \frac{1}{0,21} \cdot \left( \frac{C}{12} + \frac{H}{4} - \frac{O}{32} \right) = 0,5119 \quad (4)$$

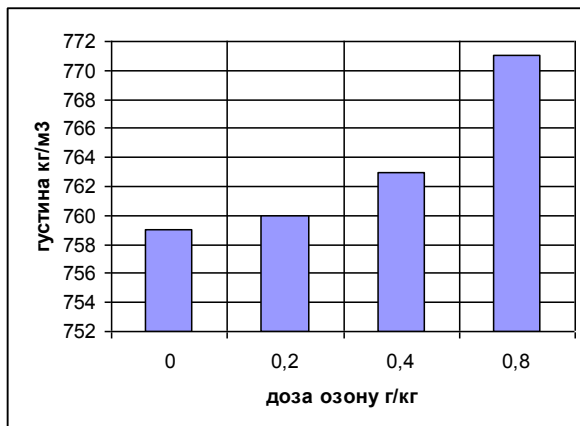


Рис. 2. Залежність густини бензину від дози озону

За допомогою формули (5) було встановлено, що стехіометрична кількість повітря (кмоль) на  $1 \text{ кг}$  озонованого бензину складає:

$$l_{O_3} = \frac{1}{0,21} \cdot \left( \frac{0,308}{12} + \frac{0,077}{4} - \frac{0,615}{48} \right) = 0,152 \quad (5)$$

Необхідно зазначити, що з підвищенням дози озону в бензині відбувається зменшення стехіометричної кількості повітря на  $1 \text{ кг}$  палива. Якщо теоретично необхідна маса повітря для згоряння  $1 \text{ кг}$  товарного бензину складає  $14,95 \text{ кг}$ , то для згоряння  $1 \text{ кг}$  озонованого бензину цей показник склав  $3,57 \text{ кг}$ :

$$l_{O_2O_3} = \frac{1}{0,23} \cdot \left( \frac{8}{3}C + 8H - O_3 \right) = \frac{1}{0,23} \cdot \left( \frac{8}{3} \cdot 0,308 + 8 \cdot 0,077 - 0,615 \right) = 3,57 \quad (6)$$

Значно нижче значення теоретично необхідної кількості повітря для повного згоряння  $1 \text{ кг}$  обробленого палива озonom, у порівнянні з необробленим, обумовлена наявністю в його складі атомарного кисню. Необхідна кількість повітря для згоряння  $1 \text{ кг}$  озонованого бензину в залежності від дози озону  $g_{O_3}$ , була визначена за формулою (7), кмоль, а її графічна інтерпретація зображена на рис. 3:

$$l_{OO_3} = l_{O_2}(1 - g_{O_3}) + l_{O_2O_3} g_{O_3} = l_{O_2}(1 - 0,076 g_{O_3}) \quad (7)$$

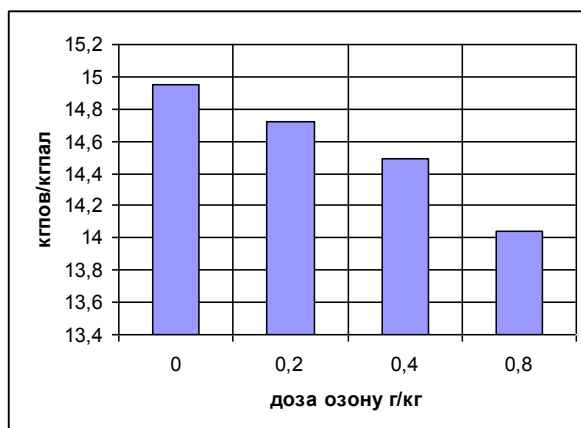


Рис. 3. Залежність відносної зміни стехіометричної кількості повітря для згоряння  $1 \text{ кг}$  бензину від дози озону.

В роботі передбачалось визначення теплоти випаровування озонованого бензину у порівнянні з товарним, яка визначалась за залежністю:

$$Q_{\text{вип. } O_3} = Q_{\text{вип. б}} + Q_{\text{вип. б}} \cdot g_{O_3} \quad (8)$$

де  $Q_{\text{вип. б}}$  – теплота випаровування товарного бензину обробленого різною дозою озону.

На рис. 4 показана залежність відносної зміни теплоти випаровування озонованого бензину  $Q_{\text{вип. б}}$  від дози озону, розрахована з використанням формули 8. Видно, що зі збільшенням дози озону в бензині теплота випаровування зростає. Очевидно, це можна пояснити наявністю в такому бензині атомарного кисню, який інтенсифікує процес згоряння.

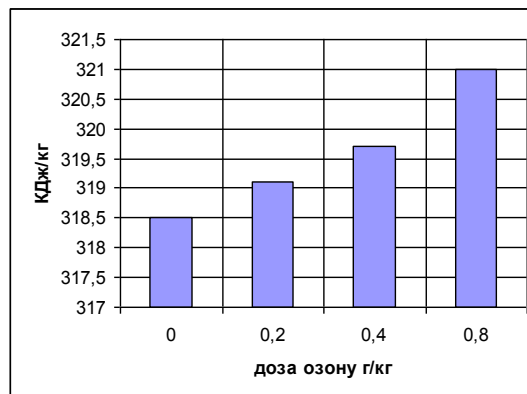


Рис. 4. Залежність відносної зміни теплоти випаровування озонованого бензину від дози озону

**Висновки.** В результаті проведених досліджень було встановлено, що наявність озону в товарному бензині істотно впливає на його фізико-хімічні властивості. При чому зі збільшенням дози озону нижча теплота згоряння палива та стехіометрична кількість повітря знижується, а густина бензину та теплота випаровування – підвищується.

1. Булатов М. И. Практическое руководство по фотометрическим методам анализа. Булатов М. И., Калинин И. П. – Л.: «Химия», 1986. – 432 с.
2. Експериментальні дослідження екологічних показників двигуна автомобіля ГАЗ – 3110 з обробкою палива озоном / Васильченко В.Ю. Громико А.В., Пилипенко О.М., Столяренко Г.С. – Черкаси: Вісник ЧДТУ, 2010. – №2. – С. 109 – 113.
3. Глазирин А.В., Грачев В.В. Снижение токсичности автомобильных двигателей: Учебное пособие. – Курган: Изд-во Курганского гос. Ун-та, - 2000. – 98 с.
4. Екологія та автомобільний транспорт: Навчальний посібник / Ю.Ф. Гутаревич, Д.В. Зеркалов, А.Г. Говорун, А.О. Корпач, Л.П. Мержиєвська. – К.: Арістей, 2006.-292 с.
5. Синтез системы зажигания автомобиля, работающего на озонированном топливе / Васильченко В.Ю., Пилипенко А. М., Подгорный Н.В., Пилатов А.Ю. – Минск: «Наука и техника». БНТУ, 2015. – № 1. – С. 48 - 52.
6. Оцінка паливної економічності дизеля в умовах експлуатації / Васильченко В.Ю Пилипенко О. М., Семенов В.Г., Шльончак І.А. – Черкаси: Вісник ЧДТУ, 2011. – №1. – С. 100 – 104.

**Рецензент:**

**Вашенко В.А.**, доктор технічних наук, професор, Черкаський державний технологічний університет, завідувач кафедри фізики, Черкаси, Україна.