

*P* – екологічні платежі *i*-го року, грн.

Таким чином, формування дієвої системи екологічного менеджменту в умовах подолання екологічних проблем шляхом проведення інституціональних та структурних реформ перетворюється в реальну необхідність, що і обумовило, вибір теми, визначення мети і задач наукової роботи.

Оцінка ефективності та результативності системи екологічного менеджменту відображає розуміння, реалізацію і підвищення екологічної та економічної ефективності підприємства в результаті ефективного управління тими елементами виробництва, продукції і послуг, які здійснюють вплив на навколишнє середовище.

#### *Література*

1. Инга Белмане, Карл Дархаммар Системы экологического менеджмента: от теории к практике. Руководство по внедрению СЭМ в соответствии с требованиями Международного стандарту ISO 14001. - 2002г. - 197с.
2. Підручник Екологія / С.І. Дорогунцов, К.Ф. Коценко, М.А. Хвесик та ін. — К.: КНЕУ, 2005. — 371 с.
3. Системы экологического менеджмента для практиков / С.Ю. Дайман, Т.В. Островкова, Е.А. Заика, Т.В. Сокорнова; Под ред. С.Ю. Даймана. - М.: Изд-во РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2004. - 248 с.
4. Екологічне управління: Підручник/ В.Я. Шевчук, Ю.М. Саталкін, Г.О. Білявський та ін. — К.: Либідь, 2004. — 432 с.

УДК 621.43

### **ПОКРАЩЕННЯ ЕКОЛОГІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ТРАНСПОРТНОГО ДИЗЕЛЯ ЗА РАХУНОК ВИКОРИСТАННЯ ДВОФАЗНОГО ВПОРСКУВАННЯ ПАЛИВА**

*Абрамчук Ф.І., доктор технічних наук*

*Авраменко А.М., кандидат технічних наук*

*В роботі з використанням чисельних методів було проведено порівняльне моделювання робочого циклу тепловозного дизеля Д80 (16 ЧН 26/27) для варіантів із штатною та модернізованою паливною системою, при роботі дизеля на режимі номінальної потужності.*

*In this article with use of numerical methods comparative modeling a working cycle of diesel engine D80 (16 CN 26/27) for variants with the regular and modernized fuel system has been lead, at work of a diesel engine on a mode of rated power.*

**Вступ.** Підвищення вимог до екологічних та економічних показників сучасних тепловозних дизелів потребує комплексних досліджень процесів

сумішоутворення та згоряння та, відповідно, всебічного вивчення робочих процесів ДВЗ. Методи чисельного моделювання робочого циклу дозволяють отримати важливу інформацію про локальний характер розподілу досліджуваних параметрів в камері згоряння (КЗ) та їх інтегральні значення, осереднені по об'єму циліндра з прив'язкою до кута обертання колінчастого валу. В подальшому ця інформація може використовуватися при доводці робочих процесів ДВЗ та дозволяє значно скоротити витрати на моторні випробування.

#### Аналіз публікацій

Основною проблемою сучасних форсованих дизелів є покращення екологічних показників при забезпеченні мінімальної питомої витрати пального [1, 2]. Основні заходи, які використовують провідні двигунобудівні підприємства, для забезпечення відповідності нормам токсичності викидів з відпрацьованими газами (ВГ) є:

- зниження температури повітря в циліндрі на початку стиску;
- застосування систем типа Common Rail з двофазною або більшою кількістю впорскувань палива;
- обмеження подачі палива до ВМТ;
- організація згоряння пілотної дози палива;
- інтенсифікація подачі основної дози палива щоб закінчити її не пізніше 25 град. п.к.в. після ВМТ;
- введення рециркуляції відпрацьованих газів та інш.

Це дозволяє знизити викиди токсичних речовин з ВГ та забезпечити високу конкурентоспроможність таких дизелів. Провідними закордонними підприємствами, такими як AVL, Ford, Fiat, Ricardo та інш., для дослідження параметрів робочих процесів широко застосовуються методи чисельного моделювання робочого циклу ДВЗ [3 - 6]. За допомогою цих методів вдається прискорити процес створення нової конструкції ДВЗ або доводки існуючої.

З літературного огляду видно, що використання методів чисельного моделювання робочого циклу ДВЗ, з метою поліпшення їх екологічних та економічних показників є актуальним напрямком у сучасному двигунобудуванні та потребує подальшого розвитку.

#### Мета та задачі дослідження

Метою роботи було розрахунковим методом показати резерви покращення екологічних показників дизеля за рахунок вдосконалення системи впорскування палива.

В роботі були поставлені такі задачі:

- провести літературний огляд сучасних методів покращення екологічних показників дизеля та методів математичного моделювання робочих процесів ДВЗ;
- синтезувати розрахункову область КЗ тепловозного дизеля Д80;
- провести порівняльні розрахунки робочого циклу дизеля для варіантів штатного та модернізованого виконання при роботі дизеля на режимі номінальної потужності;
- оцінити вплив двофазного впорскування палива на екологічні показники дизеля;
- зробити висновки та рекомендації що до поліпшення екологічних показників форсованого тепловозного дизеля.

**Основна частина.** Об'єкт дослідження – робочий цикл та екологічні показники тепловозного дизеля Д80. Стисла технічна характеристика дизеля наведена у табл. 1. Для зменшення розмірності вирішуваної задачі у роботі розглядається сектор КЗ з урахуванням симетричного розташування паливних факелів у КЗ. Такий підхід є розповсюдженим при проведенні оціночних порівняльних розрахунків [7].

Таблиця 1.

Стисла технічна характеристика дизеля

Двигун	Д80
Відношення S/D, мм	270/260
Ступінь стискання	12,8
Номінальна потужність, кВт	2940
Тип КЗ - Гессельмана	
Кількість соплових отворів розпилювача	8
Діаметр соплових отворів, мм	0,42
Кут випередження впорскування до ВМТ, град. п.к.в.	20
Фази газорозподілу:	
- відкриття впускного клапану, град. п.к.в. до ВМТ	65
- закриття впускного клапану, град. п.к.в. після НМТ	45
- відкриття випускного клапану, град. п.к.в. до НМТ	50
- закриття випускного клапану, град. п.к.в. після ВМТ	60

Кут сектора дорівнює  $45^\circ$ . Приклад дискретизації розрахункової області сектора КЗ представлено на рис.1.

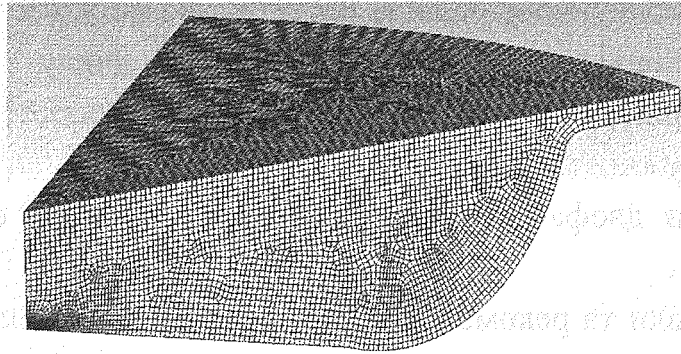


Рис. 1. Приклад дискретизації розрахункової області  
(20 тис. розрахункових комірок)

Для дискретизації розрахункової області була використована гексаедральна сітка з мінімальною висотою комірки поблизу рухомих границь 0,01 мм.

В подальшому було проведено чисельне моделювання робочого циклу дизеля Д80 для варіантів штатного та модернізованого виконання. Модернізований варіант має акумуляторну паливну систему типу Common Rail, яка дозволяє реалізувати двофазне впорскування палива. Пілотна доза палива подається за 30 град. п.к.в. до ВМТ, а основна за 10 град. п.к.в. до ВМТ. Також у модернізованому варіанті зменшено діаметр соплових отворів розпилювача з 0,42 до 0,35 мм.

В роботі розглядається ділянка робочого циклу від закриття впускних клапанів до відкриття випускних. В початковий момент часу задавався тиск та температура газу у циліндрі.

Для моделювання процесу утворення монооксиду азоту (NO) у роботі використовувалися такі механізми:

- термічний механізм Зельдовича;
- механізм, який описує утворення “паливних NO”;
- механізм, який описує деструкцію NO.

Для моделювання процесу утворення сажі та сульфатів (нерозчинних елементів твердих часток) у роботі використовувалася модель “Magnussen and Hjertager” [8].

## Основні результати дослідження

Порівняльні розрахунки було проведено для режиму номінальної потужності з  $N_e = 2940$  кВт, при  $n = 1000$  хв<sup>-1</sup>. Розрахункові індикаторні діаграми для варіантів штатного та модернізованого виконання наведено на рис.2.

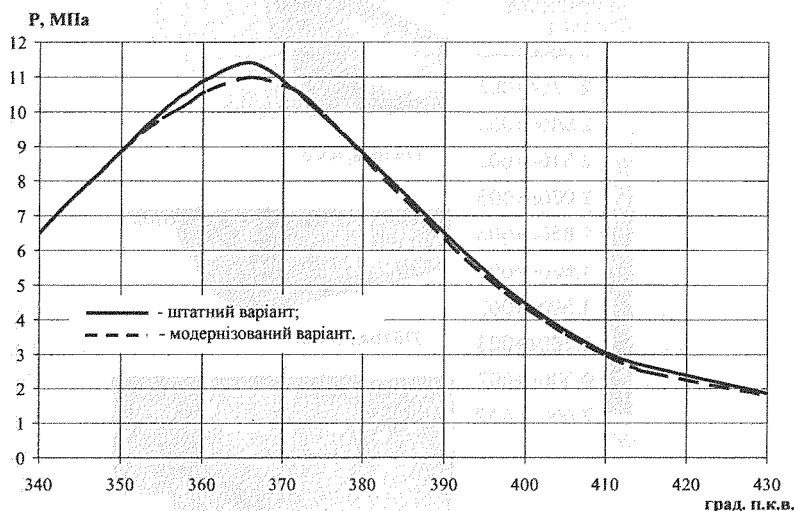


Рис. 2. Зміна тиску в циліндрі дизеля Д80

Максимальний тиск згоряння ( $P_z$ ) у штатного варіанта дорівнює 11,5 МПа, а у модернізованого 11 МПа (рис. 2).

Зміна концентрації NO, осередненої по об'єму циліндра, в залежності від кута оберту колінчастого валу представлена на рис. 3. Поступове зростання концентрації NO в циліндрі дизеля спостерігається до 105 град. п.к.в. після ВМТ. Потім концентрація NO в циліндрі стабілізується на рівні 1510 чнм у штатного варіанта та 1380 чнм у модернізованого.

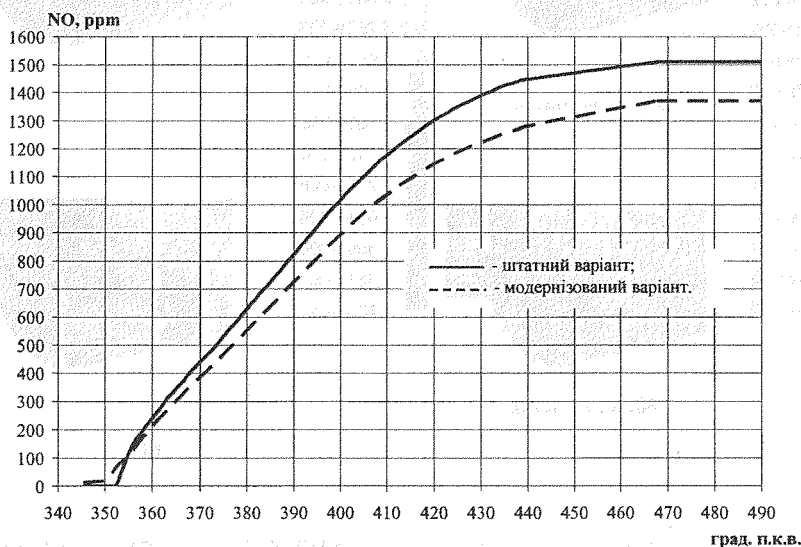


Рис. 3. Зміна концентрації NO в циліндрі дизеля Д80

Приклад розподілу температури в циліндрі дизеля наведено на рис. 4. У штатного варіанта локальні значення максимальної температури в циліндрі

дорівнює 2730 K, а максимальна температура циклу, осереднена по об'єму циліндра дорівнює 1690 K (табл.2).

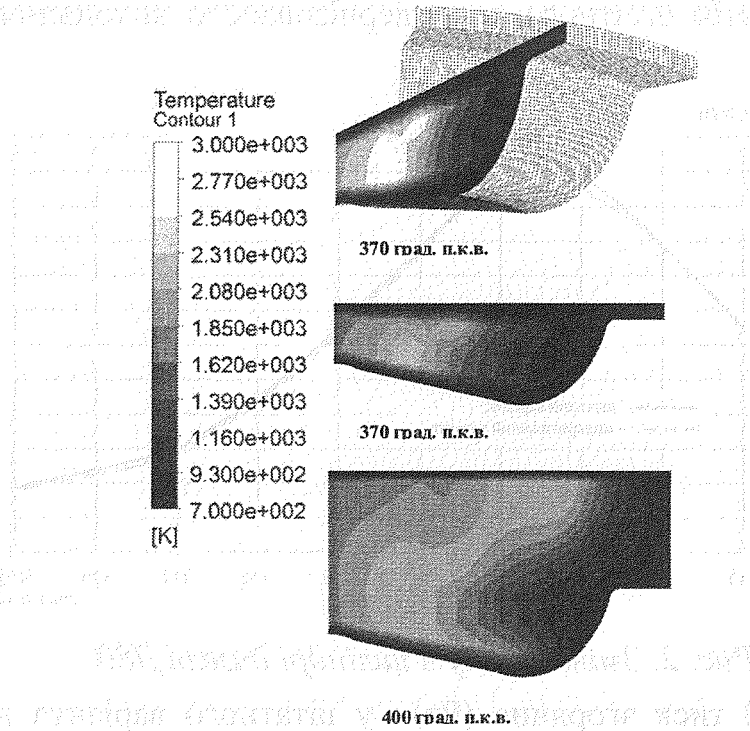


Рис. 4. Приклад розподілу температури в меридіональній площині в циліндрі дизеля Д80 (штатний варіант)

Приклад розподілу масової частки NO, а також об'ємної частки сажі та сульфатів в циліндрі дизеля наведено на рис. 5. Розподіл масової частки NO в циліндрі має локальний характер та є пропорційним до розподілу температури в циліндрі (рис. 4).

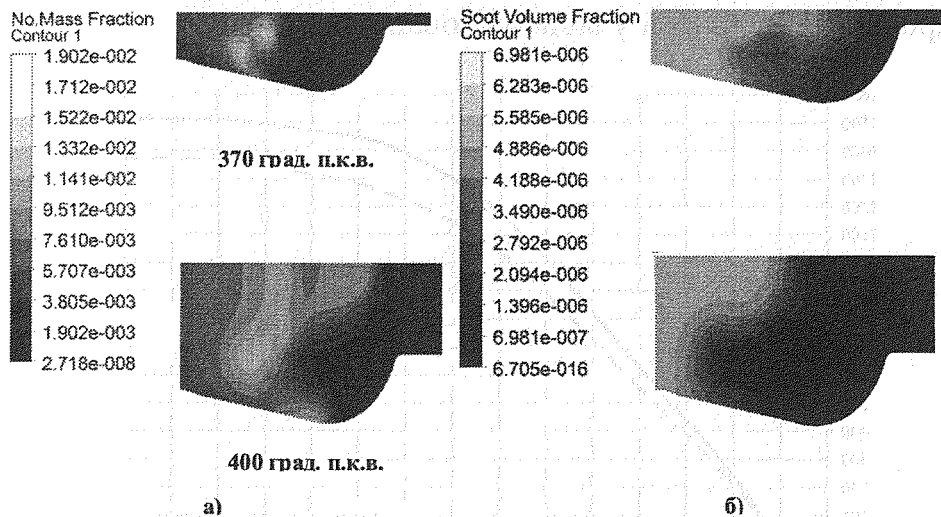


Рис. 5. Приклад розподілу масової частки NO (а) та об'ємної частки сажі та сульфатів (б) в меридіональній площині в циліндрі дизеля Д80 (штатний варіант)

Основні результати проведеного розрахункового дослідження представлені у таблиці 2.

Таблиця 2.

### Основні результати дослідження

Штатний варіант					Модернізований варіант				
$P_z$	$T_z$	$T_e$	NO	ТЧ	$P_z$	$T_z$	$T_e$	NO	ТЧ
МПа	К	К	чнм	г/кВт·год	МПа	К	К	чнм	г/кВт·год
11,5	1690	1100	1510	0,23	11	1625	1016	1380	0,202

Як видно з таблиці 2 у модернізованого варіанту дизеля Д80 при роботі на режимі номінальної потужності знижується максимальний тиск та максимальна температура згоряння, а також покращуються екологічні показники.

**Висновки.** За результатами проведеного дослідження можна зробити такі висновки:

- використання двофазного впорскування палива для тепловозного дизеля Д80 при роботі дизеля на режимі номінальної потужності дозволяє знизити концентрацію NO у ВГ на 9 %, за рахунок зменшення максимальної температури циклу та більш раціонально організованого процесу згоряння;
- знизити масовий викид твердих часток на 12 %, за рахунок збільшення дисперсності розпилу палива та швидкості подачі у другій фазі впорскування;
- для поліпшення екологічних показників форсованого тепловозного дизеля треба знижувати температуру в циліндрі на початку стиску, а також використовувати сучасні паливні системи з можливістю реалізації двох або більше фаз впорскування палива та використовувати рециркуляцію відпрацьованих газів (внутрішню або зовнішню). Це дозволить у подальшому при модернізації дизеля та доводці робочих процесів забезпечити відповідність його екологічних показників перспективним нормам токсичності відпрацьованих газів та підвищити конкурентоспроможність такого дизеля.

### Література

1. Никитин Е. Многотопливный, перспективный и экологически чистый. Е. Никитин, Э. Улановский, В. Рыжов, С. Миляев. Режим доступа: <http://engine.aviaport.ru/issues/11&12/page50.html>.

2. Врублевский А.Н. Научные основы создания аккумуляторных топливных систем для быстроходного дизеля: монография. – Харьков: ХНАДУ, 2010. – 216 с.
3. Raitz R.D. Modeling Atomization Processes in High-Pressure Vaporizing Sprays / Atomization and Spray Technology. - vol.3, 309-337. - 1987
4. Epping, K. The Potential of HCCI Combustion for High Efficiency and Low Emissions / Epping K., Aceves S., Bechtold R., Dec J. / SAE Technical Paper 2002-01-1923, 2002.
5. Абрамчук Ф.И. Программный комплекс для моделирования внутрицилиндровых процессов ДВС / Ф.И. Абрамчук, А.Н. Авраменко // Двигатели внутреннего сгорания. – 2010. - № 2. – С. 7 - 12.
6. Ranjbar A. A. Computational study of the effect of different injection angle on heavy duty diesel engine / Ranjbar A. A., Sedighi K., Farhadi M., Pourfallah M. / THERMAL SCIENCE. - Vol. 13, No. 3. – 2009. PP. 9 - 21.
7. L. CFD Studies of Combustion and In-Cylinder Soot Trends in a DI Diesel Engine/ Dahlén L., Larsson A. –Comparison to Direct Photography Studies / SAE 2000-01-1889, 2000.
8. On Mathematical Modeling of Turbulent Combustion with Special Emphasis on Soot Formation and Combustion. / Sixteenth Symp / B. F. Magnussen, B. H. Hjertager. (Int.) on Combustion. The Combustion Institute. P. 719, - 1976.

УДК 911.375.62:656:550.4(477.83)

## **РОЗПОДІЛ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ В ҐРУНТАХ ПРИАВТОМАГІСТРАЛЬНИХ СМУГ АВТОТРАСИ ЛЬВІВ-КРАКОВЕЦЬ**

**Волошин І.М., доктор географічних наук**  
**Чикайло Ю.І.**

*В статті детально досліджено еколого-геохімічні властивості ґрунтів приавтомобільних смуг. Визначено одинадцять техногенних полуметалів на різній відстані від запроектованої дороги.*

*In this article Natural peculiarities of the stripes on both sides of the Lviv-Krakovets Olympic highway has been made a geo-chemical features of different soil types have been analysed.*

Олімпійська автомагістраль (довжина 84 км) братиме початок від західного державного кордону України (сmt. Краковець) та Польщі і з'єднається на 84 км з автомагістраллю Київ – Чоп (поблизу села Запитів).