

УДК 621.43:665.75

Гутаревич Ю.Ф., д.т.н., Корпач А.О., к.т.н., Захарченко О.М., к.т.н.

НТУ, м. Київ

ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ РОБОЧОГО ПРОЦЕСУ ДВИГУНА ПРИ ВИКОРИСТАННІ ДОБАВОК БІОЕТАНОЛУ ДО БЕНЗИНУ

Наведено розрахункові значення параметрів робочого процесу в циліндрі двигуна з іскровим запалюванням при живленні бензином з добавками біоетанолу

Вступ

Одним із напрямів розширення паливної бази автомобільного транспорту є використання добавок біоетанолу до бензинів.

Порівняння властивостей біоетанолу і бензину показує, що, як моторні палива, вони суттєво відрізняються. До переваг біоетанолу, в першу чергу, необхідно віднести високе октанове число, яке за моторним методом близьке 100 од., що вище високооктанових бензинів. Як моторне паливо біоетанол має нижчу в 1,73 рази теплоту згоряння в порівнянні з бензином. Теоретично необхідна кількість повітря для повного згоряння 1 кг біоетанолу (9,0 кг повітря на 1 кг палива) є значно нижчою ніж для бензину (14,8 кг повітря на 1 кг палива). Це пояснюється наявністю кисню в складі біоетанолу. Біоетанол має дещо більшу густину (790 кг/м³ при 20 °С) ніж бензин (А-76 — 728 кг/м³, А-92 — 711 кг/м³). Теплота випаровування біоетанолу в 3,24 рази перевищує теплоту випаровування бензину.

Ці та інші, менш суттєві, відмінності вплинуть на показники робочого циклу двигуна при живленні бензином з добавками біоетанолу.

Метою роботи є дослідження параметрів робочого циклу в циліндрі двигуна внутрішнього згоряння з іскровим запалюванням при використанні як палива бензинів з добавками біоетанолу.

Матеріал і результати дослідження

При дослідженні параметрів робочого циклу в циліндрі двигуна при живленні бензинами з добавками біоетанолу використано методику, описану в роботах [1, 2]. Згідно з цією методикою індикаторну діаграму, яку отримують експериментально, розбивають на три ділянки (рис. 1).

Розрахунок показників робочого циклу складається з послідовних розрахунків показників на кожній з цих ділянок: від точки "а" до точки c' , від точки " c' " до довільної точки "m", від точки "m" до "b"; та визначення показників за цикл.

Перша ділянка — стиснення робочої суміші від точки "а" ($\phi = 180$ град. повороту колінчатого вала (*град п.к.в.*) до точки c' ($\phi = \phi_c$) — відриву індикаторної діаграми від лінії стиснення-розширення. Робоча суміш складається з повітря, парів палива і залишкових газів (продуктів згоряння). Визначається: теплоємність продуктів згоряння в інтервалі температур 0...1000 °С, внутрішня енергія робочої суміші в точці "а", параметри стану робочої суміші в точці "а" та в точці " c' ", середній показник політропи від точки "а" до точки " c' ", внутрішня енергія в точці " c' ", робота на першій ділянці, теплота, підведена до робочої суміші в процесі стиснення від точки "а" до точки " c' ".

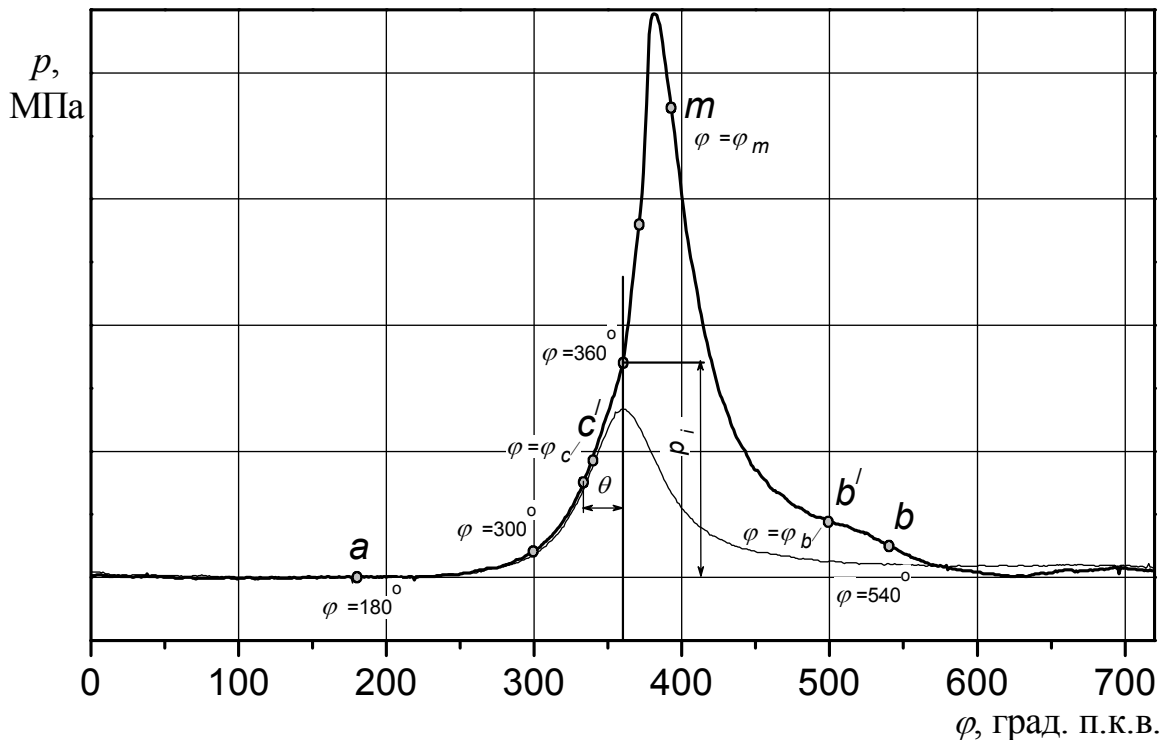


Рис. 1. Розміщення на індикаторній діаграмі ключових точок для визначення вихідних даних при виконанні розрахунку

Друга ділянка — від точки "c'" до довільної точки "m", яка знаходиться до точки відкриття випускного клапана і визначається розрахунком. Ділянка ділиться на m рівних поділок з кроком в 1 град п.к.в. і для кожної з них наводиться ордината тиску з індикаторної діаграми (масив тисків в МПа). Визначається: параметри стану робочої суміші в i -му кроці, робота в i -му кроці, максимальна температура в циклі, теплоємність робочої суміші в процесі згоряння в інтервалі температур 1000...2700 °С, внутрішня енергія в точці з максимальною температурою, активна теплота, що виділилась до точки з максимальною температурою, активна теплота на i -й ділянці, частка палива, що згоріло, кількість робочої суміші та продуктів згоряння на i -й ділянці, температура в циліндрі на i -й ділянці. Розрахунки величин виконують до виконання m кроків.

Третя ділянка — від точки "m" до точки "b" ($\phi = 540$ град п.к.в.) та розрахунок показників за цикл. Визначається: параметри стану робочого тіла в точці "b", показник політропи на ділянці від точки "m" до точки "b", робота циклу, індикаторний коефіцієнт корисної дії (к.к.д.) циклу, середній індикаторний тиск.

При додаванні біоетанолу до бензину, враховуючи, що спиртоповітряна суміш має дещо меншу швидкість згоряння (рис. 2), можна очікувати розтягування процесу згоряння в циліндрі двигуна за часом.

Для дослідження параметрів робочого циклу в циліндрі двигуна при живленні бензином з добавкою біоетанолу обрано двигун 4Ч7,2/6,7 (MeM3-245). На рис. 3 показано індикаторні діаграми цього двигуна, отримані при живленні штатним бензином і бензином з 20% добавкою біоетанолу в режимі зовнішнього навантаження за частоти обертання колінчатого вала $n = 3000 \text{ хв}^{-1}$ та штатним регулюванням систем запалювання та живлення.

З діаграм (рис. 3) видно, що при живленні бензином з 20% добавкою біоетанолу наростання тиску, його максимум та лінія розширення зміщуються вправо, що свідчить про сповільнення перебігу процесу згоряння.

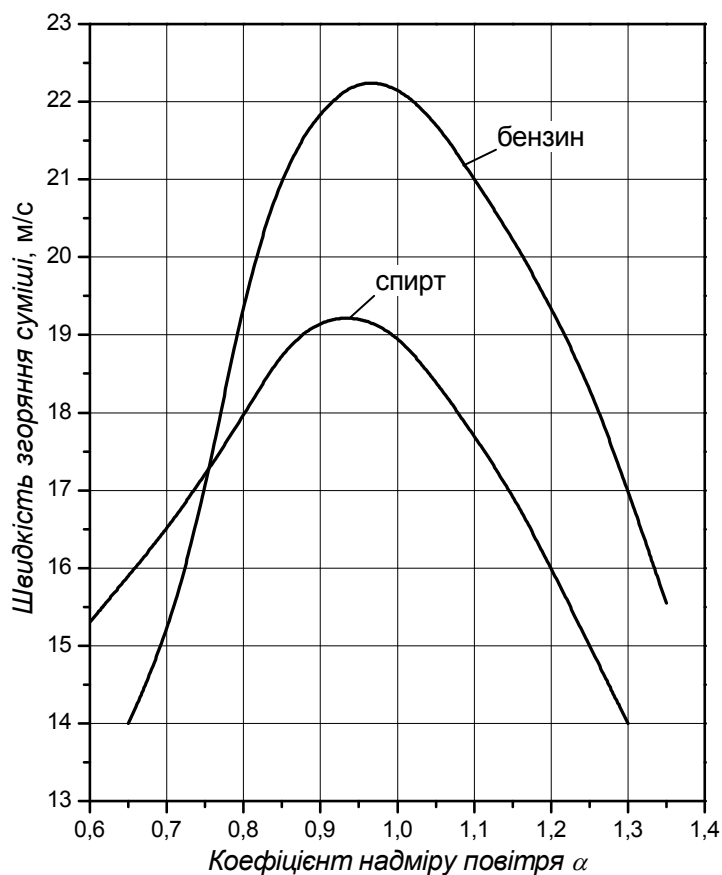


Рис. 2. Швидкість згоряння в циліндрі двигуна в залежності від коефіцієнта надміру повітря [3]

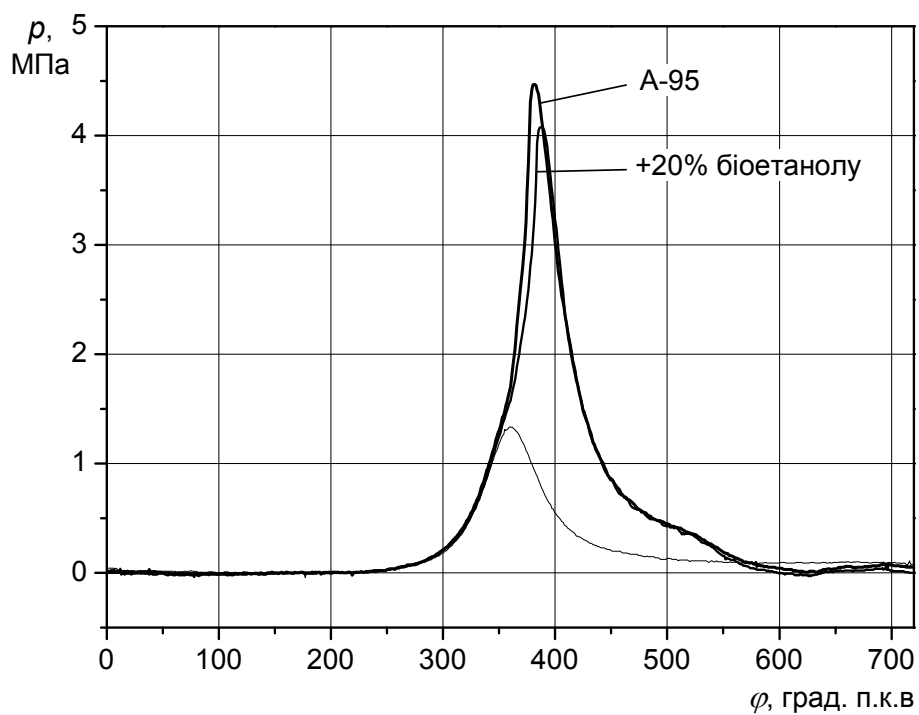


Рис. 3. Індикаторні діаграми двигуна 4Ч7,2/6,7 (режим: відкриття дросельних заслінок — 100%, частота обертання колінчатого вала — 3000 хв^{-1})

Попередніми розрахунками визначались параметри сумішевого палива — бензину з добавками біоетанолу [4].

Згідно з методикою, разом з іншими розрахунками параметрів, розрахунок максимальної температури та момент її настання виконується за формулами:

якщо в i -му кроці виконується умова $p_i V_i > p_{i-1} V_{i-1}$, то розраховуються параметри в наступному кроці;

якщо виконується умова $p_i V_i < p_{i-1} V_{i-1}$, то $m = i - 1$ та рахуємо максимальну температуру циклу, K

$$T_{\max} = \frac{(p_{i-1} V_{i-1}) \cdot 10^6 \cdot 30n}{8314 [(M_{n.з})_{i-1} + (M_{p.c})_{i-1}] G_n}, \quad (1)$$

де p_{i-1} — поточне значення абсолютного тиску в циліндрі, $МПа$;

V_{i-1} — поточне значення робочого об'єму циліндра двигуна, $м^3$;

n — частота обертання колінчатого вала, $хв^{-1}$;

$(M_{n.з})_{i-1}$ — поточне значення кількості продуктів згоряння в циліндрі, $кмоль/кг$;

$(M_{p.c})_{i-1}$ — поточне значення кількості робочої суміші в циліндрі, $кмоль/кг$;

G_n — годинна витрата палива, віднесена до одного циліндру, $кг/год$.

Значення максимальної температури в циліндрі двигуна при живленні штатним бензином за розрахунком настає в точці $\phi_{T_{\max}} = 395$ град $п.к.в.$ і становить $T_{\max} = 2577$ $К$. Розрахувавши T_{\max} і момент її настання при живленні бензином з 20% добавкою біоетанолу, отримали $T_{\max} = 2755$ $К$ та $\phi_{T_{\max}} = 397$ град $п.к.в.$ Враховуючи, що момент запалювання робочої суміші з штатним бензином становить $\phi_z = 338$ град $п.к.в.$, а при живленні паливом з 20% добавкою біоетанолу — 337 град $п.к.в.$, то тривалість згоряння в першому випадку становить 57 град $п.к.в.$, в другому — 60 град $п.к.в.$

В роботі [4] наведено дані щодо відносного збільшення коефіцієнту надміру повітря α майже на 8% при додаванні 20% біоетанолу до бензину. Коефіцієнт надміру повітря при живленні бензином в даному режимі роботи двигуна становить $\alpha = 0,87$. Тоді при додаванні 20% біоетанолу — $\alpha = 0,94$, що приводить до більш повного згоряння і, як результат, збільшенню максимальної температури в циклі.

При переході на сумішеве паливо необхідно оцінити ефективність його використання та енергетичні показники циклу.

Індикаторний к.к.д. циклу розраховувався за формулою

$$\eta_i = \frac{L_u}{H_u}, \quad (2)$$

де L_u — робота циклу, $кДж$;

H_u — нижча теплота згоряння палива, $кДж/кг$.

Індикаторний к.к.д. циклу двигуна при живленні штатним бензином становить $\eta_i = 0,352$.

Дещо збільшується η_i при живленні бензином з 20% добавкою біоетанолу через більш ефективне згоряння при збідненні паливоповітряної суміші і становить $\eta_i = 0,378$.

Середній індикаторний тиск в циліндрі двигуна, $МПа$

$$p_i = \frac{L_u G_n}{30V_h n \cdot 10^3}, \quad (3)$$

де V_h — робочий об'єм циліндра двигуна, m^3 .

Середній індикаторний тиск в циліндрі двигуна при живленні бензином дорівнює 1,211 МПа, при живленні бензином з додаванням 20% біоетанолу — 1,187 МПа, що пояснюється "затягуванням" процесу згоряння за часом.

Висновки

Розрахунки показали, що показники робочого процесу в циліндрі двигуна при використанні добавок біоетанолу до бензину відрізняються від показників при живленні штатним бензином. Зокрема для двигуна MeM3-245 тривалість процесу згоряння збільшується на 3 град п.к.в., через збіднення паливоповітряної суміші і, як результат, більш повне згоряння індикаторний к.к.д. збільшується на 7,4 %, середній індикаторний тиск в циліндрі зменшується на 2%.

Список літератури

1. Ефремов Б.Д. Математическая модель процесса тепловыделения в двигателях внутреннего сгорания / Б.Д. Ефремов, Б.Я. Черняк // Труды МАДИ. — М., 1974. — Вып. 96.
2. Максимов А.Л. Расчётная модель действительного цикла двигателя внутреннего сгорания / А.Л. Максимов, Б.Я. Черняк // Труды МАДИ. — М., 1976. — Вып. 126.
3. Теория авиационного двигателя / под ред. Е.П. Бугрова, А.Е. Заикина. — М.: Гос. из-во оборон. пром-ти, 1940. — 376 с.
4. Гутаревич Ю.Ф. Теоретичні дослідження добавки біоетанолу до бензину на показники робочого циклу двигуна з іскровим запалюванням / Ю.Ф. Гутаревич, А.О. Корпач, В.С. Устименко, О.М. Захарченко // Вісник Національного транспортного університету. — К.: НТУ, 2008. — Вып. 16. — С. 35-42.

Стаття надійшла до редакції 25.05.09

© Гутаревич Ю.Ф., Корпач А.О., Захарченко О.М., 2009