

неконкурентоспроможності іншого, що може призвести до монополізації ринку та збільшення цін для споживачів.

Також важливим є врахування міжнародного досвіду та практик. Співпраця на міжнародному рівні може сприяти розробці гармонізованих стандартів та регуляцій, що у свою чергу спростить транскордонну торгівлю альтернативними паливами та технологіями.

Врешті-решт, державне регулювання має бути гнучким та адаптивним, щоб відповідати швидким змінам у технологіях та ринкових умовах. Важливо створити механізми для постійного перегляду та оновлення регулятивних вимог з метою підтримки інновацій та забезпечення сталого розвитку автомобільної промисловості.

АНАЛІЗ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ СИНТЕЗ-ГАЗУ В АВТОМОБІЛЬНОМУ ДВИГУНІ VOLKSWAGEN BVX

Митрофанов Олександр Сергійович, докт. техн. наук, доц. каф. ДВЗУ та ТЕ,
Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова,
e-mail: mitrofanov.al.ser@gmail.com, ORCID: [0000-0003-3460-5369](https://orcid.org/0000-0003-3460-5369)

Проскурін Аркадій Юрійович, канд. техн. наук, доц. каф. ДВЗУ та ТЕ,
Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова,
e-mail: arkadii.proskurin@nuos.edu.ua, ORCID: [0000-0002-5225-6767](https://orcid.org/0000-0002-5225-6767)

Анпілогов Ілля Ігорович, здобувач,
Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова,
e-mail: grandfourse2004@gmail.com

Бондарець Олександр Євгенович, здобувач,
Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова,
e-mail: oleksandrbondarec13@gmail.com

У сучасних автомобільних двигунах все частіше використовують різні види альтернативних палив. Досвід застосування таких палив показує, що їхні фізико-хімічні властивості значно впливають на організацію робочого процесу двигуна і мають суттєвий вплив на ефективність та екологічність його роботи, а також всієї енергетичної установки в цілому [1].

Синтез-газ переважно містить водень, оксид вуглецю, метан, етилен та діоксид вуглецю (як баластний газ). Проте, відсоткове співвідношення цих компонентів може відрізнитися залежно від ступеня конверсії, початкового палива, методу виробництва та інших факторів [2].

При конвертації існуючих двигунів та проектуванні нових, які працюють на синтез-газі потрібно дотримуватись наступних вимог: забезпечення необхідної потужності, мінімізація витрат палива на різних режимах роботи та зниження викидів шкідливих речовин у навколишнє середовище в залежності від складу синтез-газу.

На базі уточнених рівнянь тепловиділення [3] було виконано математичне моделювання робочого циклу двигуна BVX при різному вмісті водню в складі синтез-газу. Ураховуючи експериментальні дані [3] та літературні дані щодо використання водневовмістних палив, значення коефіцієнту надлишку повітря α було взято 1,5.

Двигун BVX від Volkswagen (4Ч 8,25/9,28, робочій об'єм – 1984 см³, макс. потужність – 110 кВт при 6000 об/хв) встановлюється на автомобілях D-класу, таких як Volkswagen B6, B7, Audi A3. Цей клас включає середні або сімейні автомобілі з кузовами хетчбек, седан, універсал, що відрізняються просторими салонами та об'ємними багажниками.

Індикаторні показники роботи двигуна BVX фірми Volkswagen представлені на рис.1. При конвертації двигуна з бензину з внутрішнім впорскуванням (система FSI) на синтез-газ із зовнішнім сумішоутворенням спостерігається зниження індикаторної потужності з 126,3 до 105,7 кВт. Зниження потужності при цьому складі приблизно 16,33 % (при використанні синтез-газу з вмістом водню 67 %, а при 100 % – зниження потужності складає 20,52 %). Причиною цього є менша густина енергії паливоповітряного заряду (суміш синтез-газу з повітрям) однакового об'єму, що призводить до зниження коефіцієнта наповнення через низьку густину водню, а також використання зовнішнього сумішоутворення.

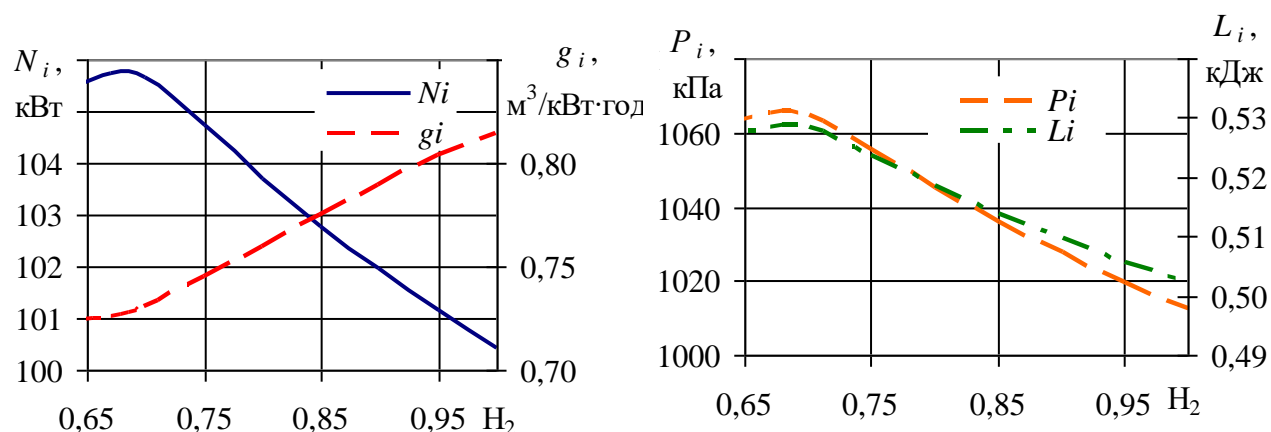


Рисунок 1 – Індикаторні показники роботи двигуна Volkswagen BVX при різному складі синтез-газу

Тепло, що вводиться на 1 м³ об'єму циліндра при зовнішньому сумішоутворенні та стехіометричному співвідношенні з повітрям для бензину при внутрішньому сумішоутворенні, складає 3624 кДж, а для синтез-газу з 67% вмістом водню – 3309,8 кДж, що на 8,67% менше, що й обумовлює зниження індикаторної потужності двигуна. При збільшенні частки СО у складі синтез-газу потужність двигуна зростає внаслідок збільшення густини синтез-газу та енергетичності заряду. Згідно з отриманими залежностями (рис. 1), вміст водню в складі синтез-газу повинен бути в діапазоні 60...80% за об'ємом. Це дозволяє забезпечити найвигідніші значення потужності двигуна, витрат палива та ефективного ККД. Максимальне значення індикаторної роботи відповідає вмісту водню 67% за об'ємом, при цій же концентрації спостерігається максимум

індикаторної потужності – 105,7 кВт, середнього індикаторного тиску – 1,065 МПа. Максимальне значення тиску згоряння залежно від концентрації водню знаходиться у діапазоні 5,61...5,78 МПа, а максимальне значення температури складає 2817 К, що відповідає допустимим значенням, необхідним для забезпечення механічної й термічної міцності деталей КШМ двигуна.

Великою мірою ефективність, потужність, крутний момент, економічність та екологічність двигуна залежать від правильно підібраних фаз газорозподілу. Фази газорозподілу визначаються кутами положення кривошипа щодо верхньої мертвої точки (ВМТ) та нижньої мертвої точки (НМТ), які вказують на моменти відкриття та закриття клапанів. Змінюючи фази газорозподілу, було встановлено зміну ефективної потужності двигуна (рис. 2) та обрано найбільш раціональні співвідношення фаз. Нові значення фаз газорозподілу двигуна показані на круговій діаграмі на рисунку 3.

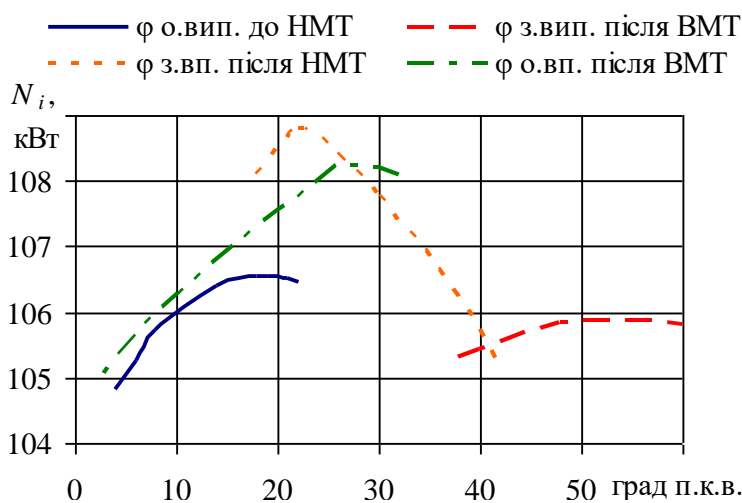


Рисунок 2 – Залежність ефективної потужності двигуна від кутів фаз газорозподілу

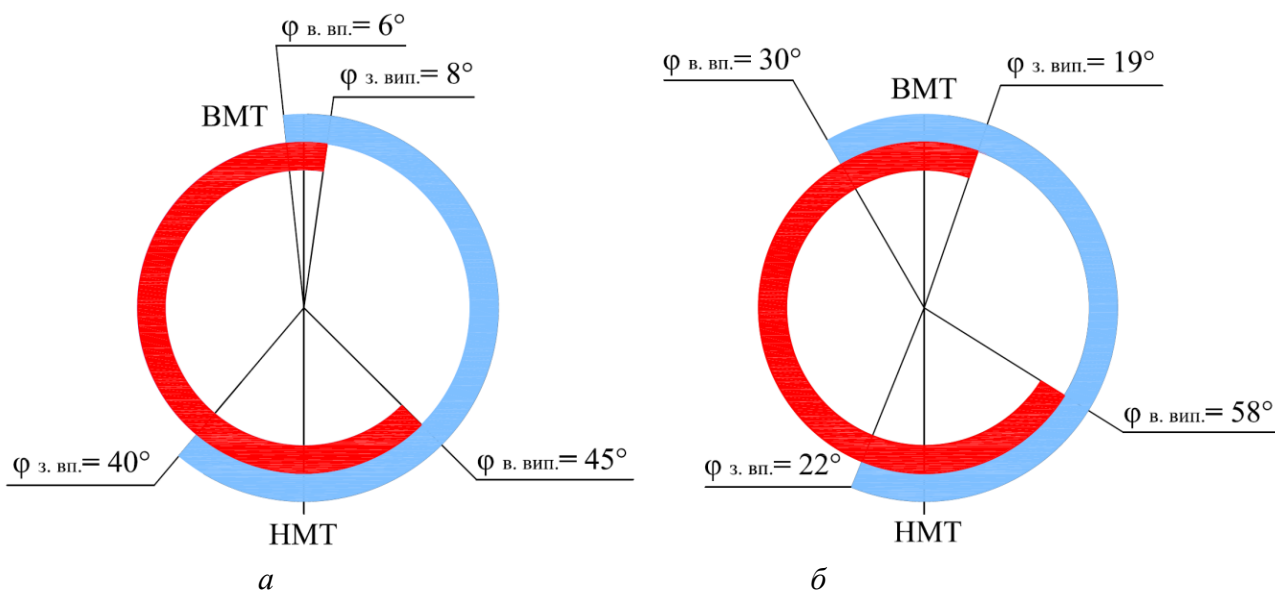


Рисунок 3 – Колова діаграма фаз газорозподілу: а – заводські; б – рекомендовані для роботи на синтез-газі

Унаслідок раціонально підібраних фаз газорозподілу індикаторна потужність двигуна при роботі на синтез-газі збільшилася з 105,7 до 111,63 кВт, тобто на 5,3 %. Так, з рис. 2 видно збільшення перекриття клапанів із 12 до 48° зі зміщенням його за ВМТ на 18°. Це дозволяє більш ефективно очистити робочий циліндр двигуна та зменшити коефіцієнт залишкових газів із 0,058 до 0,044.

Висновки

Вплив синтез-газу на основні характеристики робочого процесу двигуна з іскровим запаленням в значній мірі залежить від його складу, зокрема від співвідношення основних компонентів: водню та оксиду вуглецю.

Це співвідношення у складі синтез-газу при використанні в ДВЗ визначається необхідністю досягнення максимальної індикаторної потужності та коефіцієнта корисної дії (ККД), а також мінімізації індикаторної витрати палива та викидів шкідливих речовин.

Література

1. Duraid F. Maki, Prabhakaran P. An experimental investigation on performance and emissions of a multi cylinder diesel engine fueled with hydrogen-diesel blends // Sustainable Transport. 2011. 8–13 May. P. 3557–3564.

2. Aritra Chatterjee, Suhail Dutta, Bijan Kumar Mandal Combustion performance and emission characteristics of hydrogen as an internal combustion engine fuel // Journal of Aeronautical and Automotive Engineering. Vol. 1. Number 1. 2014. September. P. 1–6.

3. Особливості математичного моделювання процесу згоряння поршневих двигунів працюючих з добавками синтез-газу / М. Р. Ткач, Б. Г. Тимошевський, О. С. Митрофанов, А. С. Познанський, А. Ю. Проскурін // Авіаційно-космічна техніка та технологія. – 2017. – № 9 (144). – С. 14–18.