

ТЕХНОЛОГІЯ ОРГАНІЗАЦІЇ РОБОЧОГО ПРОЦЕСУ ДВЗ: HOMOGENOUS CHARGE PROGRESSIVE COMBUSTION (HCPC)

Організація однорідної паливо-повітряної суміші є ключовим у зниженні викидів твердих частинок та сумарних викидів азоту. Завдяки дуже короткому проміжку часу, доступному для формування суміші, стає складно сформувати однорідну паливо-повітряну суміш при зміні швидкості та навантаження від циклу до циклу. Ефективна підготовка суміші для займання від стиску гомогенного заряду Homogenous Charge Compression Ignition (HCCI) відноситься як до однорідності паливо-повітря, так і до контролю температури під час горіння. Розглянуто різні стратегії для спалювання дизельного палива при використанні робочого процесу HCCI. Зовнішнє сумішоутворення має недолік – низький коефіцієнт наповнення, тоді як внутрішнє сумішоутворення в циліндрах схильне до розрідження моторного масла.

Ефективне спалювання дизельного палива з використанням процесу HCCI можна досягти за допомогою різних методів, таких як багаторазове впорскування, висока щільність або високий наддув, контрольована рециркуляція відпрацьованих газів Exhaust Gas Recirculation (EGR), змінний ступінь стиснення, гнучка подача палива, зміна фаз газорозподілу і технологія реформування палива [1].

Прогресивне згоряння однорідного паливо-повітряного заряду Homogenous Charge Progressive Combustion (HCPC) – це інноваційний спосіб керування запалюванням від стиснення однорідного заряду (HCCI) у дизельних двигунах. HCCI є базовим для виробників ді використовується, якщо всі фактори для згоряння ідеальні. Коли двигун працює в цьому режимі, викиди шкідливих речовин з відпрацьованими газами практично знижуються до мінімуму. У нинішніх дизельних двигунах такий тип згоряння теоретично можливий. Цей двигун використовує принцип розділеного циклу та один клапан, який контролює стиснення та згоряння в циліндрі. При цьому попередньо стиснуту однорідну паливо-повітряну суміш необхідно формувати поза циліндром двигуна, та слід поступово вводити в циліндр під час процесу згоряння. Таким чином, горіння палива можна регулювати швидкістю потоку і високою інтенсивністю зростання тиску в циліндрі, які є характерними ознаками звичайного спалювання у процесі HCCI. Незначний викид сажі (твердих часток) до коефіцієнтів еквівалентності, близьких до 0,85, із зазначеною ефективністю становить близько 46%.

Сам спосіб організації робочого процесу полягає у формуванні попередньо стиснутого однорідного заряду поза циліндром і поступовому поданні його в циліндр під час процесу згоряння. Таким чином, горіння можна керувати швидкістю потоку подачі паливо-повітряної суміші, і можна уникнути високої інтенсивності зростання тиску в циліндрі, характерних для стандартного

спалювання з використанням процесу НСРС. Цей новий метод згоряння назвали прогресивним згорянням з однорідним зарядом (НСРС).

НСРС заснований на принципі розділеного циклу (рис. 1) [2]. Фази впорскування та стиснення здійснюються у зовнішньому поршневому компресорі, який під час процесу згоряння подає повітря в циліндр камери згоряння через перехідний канал. Перепускний клапан розташований між циліндром компресора та передавальним каналом. Поршень компресора має фіксовану затримку, виражену в градусах кута повороту кривошипа, відносно положення поршня в камері згоряння. Згоряння відбувається після ВМТ в камері згоряння, таким чином, під час процесу згоряння поршень камери згоряння рухається вниз, а поршень компресора рухається вгору. Як наслідок, повітря переміщується з циліндра компресора в циліндр камери згоряння. Одночасно з повітряним транспортуванням паливо впорскується в транспортний канал, випаровується та змішується з повітрям, створюючи умови, необхідні для однорідного горіння.

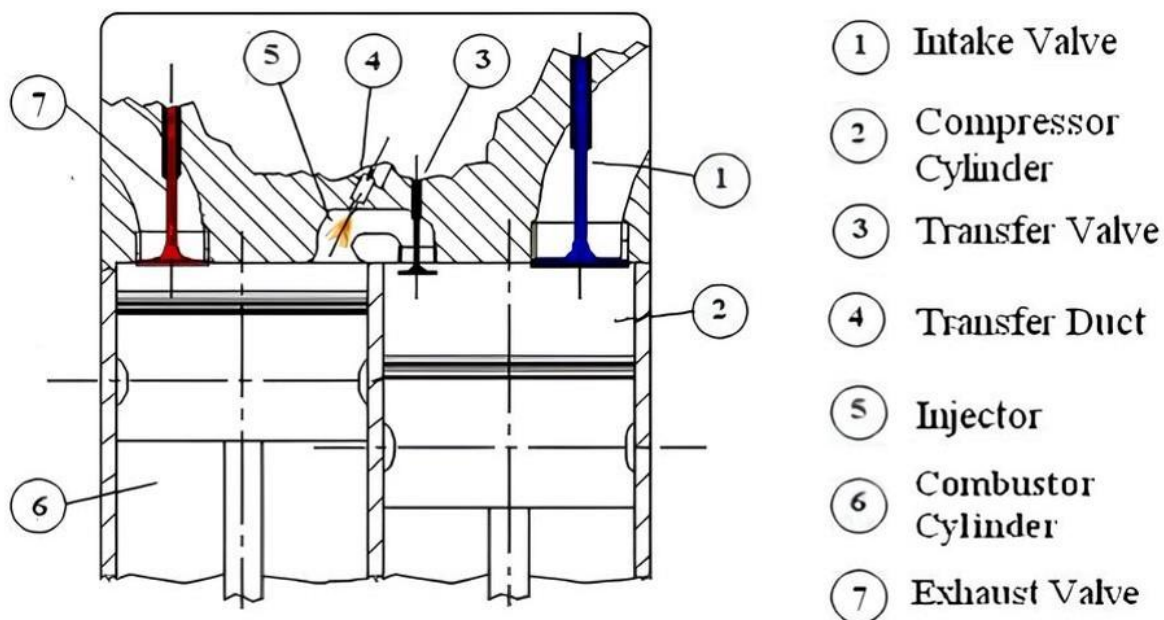


Рисунок 1 – Схема двигуна НСРС

1 – впускний клапан; 2 – компресорний циліндр; 3 – перепускний клапан; 4 – перепускний канал; 5 – інжектор; 6 – циліндр камери згоряння; 7 – випускний клапан.

У концепції організації робочого процесу НСРС стиснення виконується в поршневому зовнішньому компресорі, який виконує таку ж роботу стиснення, що і в чотиритактному поршневому двигуні. Високотемпературне стиснене повітря передається в циліндр камери згоряння під час фази згоряння двигуна. В сучасній передачі повітря, паливо впорскується в передавальний канал, випаровується і змішується з повітрям, створюючи необхідні умови для однорідного горіння. Відновлення роботи компресора відбувається під час

такту розширення поршня за рахунок робота двигуна, вироблена перенесеним повітрям.

В цій роботі представлено аналіз зосереджений на підвищенні ефективності та зменшення викидів забруднюючих речовин двигуна з процесом НСРС при забезпеченні середнього та максимального навантаження. Результати емісії показали, що зменшення об'єму транспортного каналу призводить до помітного зниження вуглекислого газу та викиду сажі. Температурні характеристики показали, що зменшення об'єму транспортного каналу спалювання має тенденцію поширюватися по всій камері. Датчики показали, що значна частина кисню не використовується із-за геометрії транспортного каналу та паливо-повітряний заряд є більш розшарованим. Натомість у геометрії концентрація кисню набагато більш рівномірна, що призводить до кращого окиснення сажі та вуглекислого газу.

Якість горіння при організації НСРС не погіршується при підвищенні частоти обертання колінчастого валу двигуна, на відміну від звичайних дизельних двигунів. При максимальному навантаженні (значення коефіцієнту надлишку повітря близько 0,85) для різних обертів колінчастого валу двигуна швидкість впорскування та час були використані при збільшенні тиску впорскування до 190 Мпа при $n = 4000 \text{ хв}^{-1}$. Результати показали, що змінюючи швидкість обертання колінчастого валу двигуна, викиди залишаються такого ж порядку, але питома витрата палива збільшується від 184 г/(кВт·год) при $n = 2000 \text{ хв}^{-1}$ до 205 г/(кВт·год) при $n = 4000 \text{ хв}^{-1}$. Датчики показали помітне збільшення тиску в компресорі під час горіння. Цей ефект обумовлений значно більшими втратами тиску під час переміщення повітря від компресора до камери згорання при збільшенні роботи подачі. При цьому потік майже не змінився, але величина швидкості досягла 500 м/с у горловині транспортного каналу. Ці результати свідчать про те, що геометрія транспортного каналу покращена, вона зменшує втрати тиску, що є необхідним для типових дизельних двигунів. Як і повітропостачання, роботу можна зменшити, зменшивши робочий об'єм компресору і використанням турбокомпресору для збільшення повітря і відновити масовий потік вхідного повітря.

На рис. 2 показані змодельовані геометрії транспортного каналу. В першому каналі об'єм було зменшено від $9,1 \text{ см}^3$ до $6,6 \text{ см}^3$, для другої геометрії зменшено до $4,8 \text{ см}^3$, так само для третьої геометрії. В третій геометрії передавальний клапан був нахилений на 25° і мертвий об'єм в компресорі був знижений завдяки спеціальному поршню.

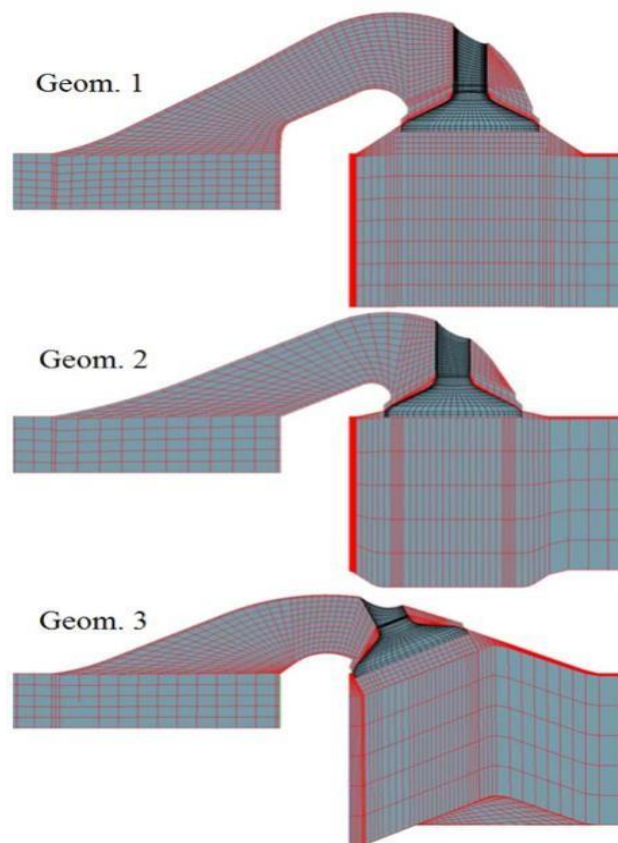


Рисунок 2 – Геометрії транспортного каналу

Зменшення мертвого об'єму в компресорі при розширенні виконується в коротшій фазі кута кривошипа, тому вхідний отвір клапанів може бути відкрито раніше, збільшуючи захоплену масу повітря і, отже, підвищується питома потужність. Моделювання проводилося при частоті обертання – 2000 хв^{-1} , починаючи з відкриття передавального клапана до закриття передавального клапана і, отже, розрахункові області не включають впускні та випускні отвори.

Два корпуси з різною кількістю палива (16 і 22 мг), розглядалися з використанням розпилювача з одним отвором. Це повний цикл камери згоряння і компресора. Два повні цикли були розраховані, щоб зменшити залежність від результатів на початкових умовах. Отримано шість коефіцієнтів надлишку повітря від 0,4 до 0,96, де розглянуто впорскування від 16 до 27 мг палива за кожен цикл.

Нинішнє дослідження показує, що обмеження дизеля з горінням НССІ (компресійне займання гомогенного заряду) можна подолати за допомогою інноваційного НСРС (прогресивного спалювання однорідного заряду), яке полягає у формуванні попередньо стисненої однорідної паливо-повітряної суміші поза циліндром і поступового надходження робочого заряду в циліндр під час роботи двигуна.

Якість горіння з процесом НСРС не погіршується при підвищенні частоти обертання колінчастого валу двигуна, але геометрія транспортного каналу все

ще повинна бути покращена для зменшення втрат тиску, щоб підтримувати питому індикаторну витрату палива дизельних двигунів при таких обертах колінчастого валу.

Висновок

Якісне згоряння дизельного палива можна досягти за допомогою помірною рівня зовнішнього охолодження EGR, що дозволяє зменшити викиди азоту.

Шляхом ізоляції стінок двигуна можна збільшити зазначену термічну ефективність до ідеальних 56 % (витрата палива при цьому становить 151 г/(кВт·год)), коли всі стінки камери згоряння та компресора (окрім гільзи циліндрів) вважаються адіабатичними.

Література

1. <https://p300.zlibcdn.com/dtoken/a158fadfbcb7d395ec2e16fd98152b3/2010-01-1256.pdf>

2. <https://www.iosrjournals.org/iosr-jmce/papers/vol11issue6/Version2/H011624767.pdf>

Науковий консультант Корогодський В.А., професор кафедри двигунів внутрішнього згоряння, д-р техн. Наук.

Орлов Микита Анатолійович, ст. гр. АД-36т1-21

nikita_orlov@ukr.net

Харківський національний автомобільно-дорожній університет

ОСОБЛИВОСТІ ОРГАНІЗАЦІЇ РОБОЧОГО ПРОЦЕСУ ДВЗ: PARTIALLY PREMIXED CHARGE COMPRESSION IGNITION (PPCCI)

У всьому світі докладається багато зусиль для підвищення теплової ефективності двигунів внутрішнього згоряння (ДВЗ).

Одним із відносно нових підходів організації робочого процесу в ДВЗ є запалювання від стиснення з частковим попереднім сумішоутворенням, це стратегія у якій використовується раннє впорскування палива [1].

Високооктанове паливо впорскується на початку такту стиснення у форсованому дизельному двигуні, який працює з високим рівнем рециркуляції відпрацьованих газів.

Процес впорскування завершується до початку горіння, що дозволяє частково змішати паливо і повітря перед виділенням теплоти. Було зафіксовано дуже низьке споживання палива та викидів шкідливих речовин з відпрацьованими газами.

ПЕРЕВАГИ

Робочий процес Partially Premixed Charge Compression Ignition (PPCCI) (рис. 1) продемонстрував високий потенціал для отримання високої паливної ефективності з низькими викидами NO_x та твердих часток при використанні