

НОВИЙ ПІДХІД ДО КОНСТРУЮВАННЯ ЕЛЕМЕНТІВ СИСТЕМ ВПУСКУ ДВИГУНА ПРИ РОБОТІ НА АЛЬТЕРНАТИВНИХ ПАЛИВНИХ ГАЗАХ

Швець І.А., Литвин С.М.,

Первомайський політехнічний інститут Національного університету кораблебудування

Розглянуто питання підвищення ефективності сумішоутворення в газових двигунах шляхом застосування пристрою типу циклон. Одночасно з підвищенням якості сумішоутворення забезпечується очищення робочої суміші від пилу та механічних домішок. Виконано математичний опис даних процесів.

Ключові слова: сумішоутворення, газовий двигун, змішувач, надлишок повітря, перетворення енергії.

Вступ. Застосування паливних газів альтернативного походження в ДВЗ сьогодні обмежено внаслідок їх специфічних особливостей – перемінного складу, наявності домішок та баласту. Використання таких газів як шахтний метан, попутний нафтовий газ, звалищний, біогаз в «чистому» вигляді без попередньої їх обробки, підготовки та очищення, а також без виконання заходів з удосконалення та налаштування системи впуску двигунів не можливе.

Стійкість та надійність роботи двигуна при роботі на вищезазначених паливних газах залежить від багатьох чинників. На першому плані – фізико-хімічні властивості, відсоткове співвідношення паливо/повітря та рівномірність розподілу сумішей, що вони утворюють в замкненому просторі в циліндрі. Так, для газових двигунів правильна організація процесів сумішоутворення буде безпосередньо впливати на характер протікання процесів згоряння та тепловиділення, а, відповідно, визначати ефективність протікання робочого циклу в цілому, що дасть можливість отримати необхідні вихідні параметри.

Актуальність дослідження. Для забезпечення потрібної ефективності перемішування газоповітряної суміші в циліндрі необхідно забезпечити рівномірність концентраційного співвідношення газ/повітря та стабільність середнього коефіцієнту надлишку повітря в циліндрі. Саме вони, в першу чергу, будуть впливати на протікання процесів згоряння та теплообміну. Тому вирішення проблем сумішоутворення в газових двигунах є на сьогодні одним з пріоритетних завдань.

Мета дослідження. Визначити потенційні можливості апаратів типу циклон щодо покращення ефективності процесів сумішоутворення та покращення якості їх фільтруючих властивостей при їх встановленні в системах впуску газових двигунів.

Викладення основного матеріалу. Одним з перспективних шляхів вирішення даної проблеми є використання кінетичної енергії руху потоку газу та повітря. Після їх змішування потік робить різку зміну напрямку руху з високою швидкістю, що стимулює процеси турбулізації в ньому. Таким

чином з'являється можливість підвищити ефективність процесів сумішоутворення, та відповідно покращити параметри робочого циклу двигуна.

В джерелі [1] для вирішення питань з ефективності процесів сумішоутворення в системі впуску газового двигуна було запропоновано до використання дотичний принцип подачі газового палива в камеру змішувального пристрою. Згідно даних результатів, представлених в даній роботі, використання зазначеного принципу подачі значно підвищує ефективність процесів сумішоутворення за рахунок значного покращення концентраційного розподілу по перетину змішувальної камери на виході. Але внаслідок застосування такого принципу подачі газу є необхідність зміни кута нахилу газового каналу, що завжди супроводжується незначним збільшенням величини гідравлічного опору змішувального пристрою.

Вищезазначений принцип вже частково реалізований на двигунах великої потужності, на яких застосовується наддув. Зокрема, на газовій машині модифікації 6ГЧН 25/34, яка випускається на підприємстві «Первомайськдизельмаш». Особливістю реалізації даного принципу є те що, змішувальний пристрій з щільним підводом газу встановлюють на вхідний патрубок проточної частини компресора. Під час обертання колеса компресора отримана суміш потрапляє на його лопатки, і під час процесів компримірування суміш здійснює її якісне перемішування. Застосування такої схеми забезпечує достатнє розрідження в змішувальній камері та дає можливість забезпечити стабільність коефіцієнту надлишку повітря на номінальному режимі роботи.

На даний момент планується проведення експериментальних робіт з заміни змішувача з щільною подачею на змішувач з дотичним напрямом розташування каналів підводу газу. В цьому випадку планується поєднати ефективну роботу змішувача з дотичним розташуванням каналів та принцип домішування суміші в компресорі. Очікується отримання ефективного заповнення живого перетину впускного колектору сумішшю і, як наслідок, покращення сумішоутворення в цілому.

Але для двигунів, які не застосовують наддув, проблема залишкового домішування суміші залишається. В цьому випадку для забезпечення якісного домішування отриманої газоповітряної суміші необхідне застосування кінетичного перетворення потоку. Для вирішення цієї проблеми пропонується на вході в системі впуску встановити циклон.

Конструктивне виконання циклонного апарату передбачає наявність великої камери з дотичним розташуванням трубопроводу для підводу газоповітряної суміші. При входженні в камеру циклона газоповітряний потік змінює напрям руху з осьового на обертальний, і, завдяки цьому, відбувається зміна кінетичної енергії руху потоку, що призводить до ефективного перемішування газу та повітря. Як свідчить досвід, при конструюванні апаратів даного типу правильний вибір геометричних параметрів циклону забезпечує високу швидкість руху газоповітряного

потоків в циклоні, що призводить до появи турбулентності, інтенсифікації процесів перемішування та при цьому дає можливість здійснювати ефективне очищення потоку від механічних домішок та конденсату.

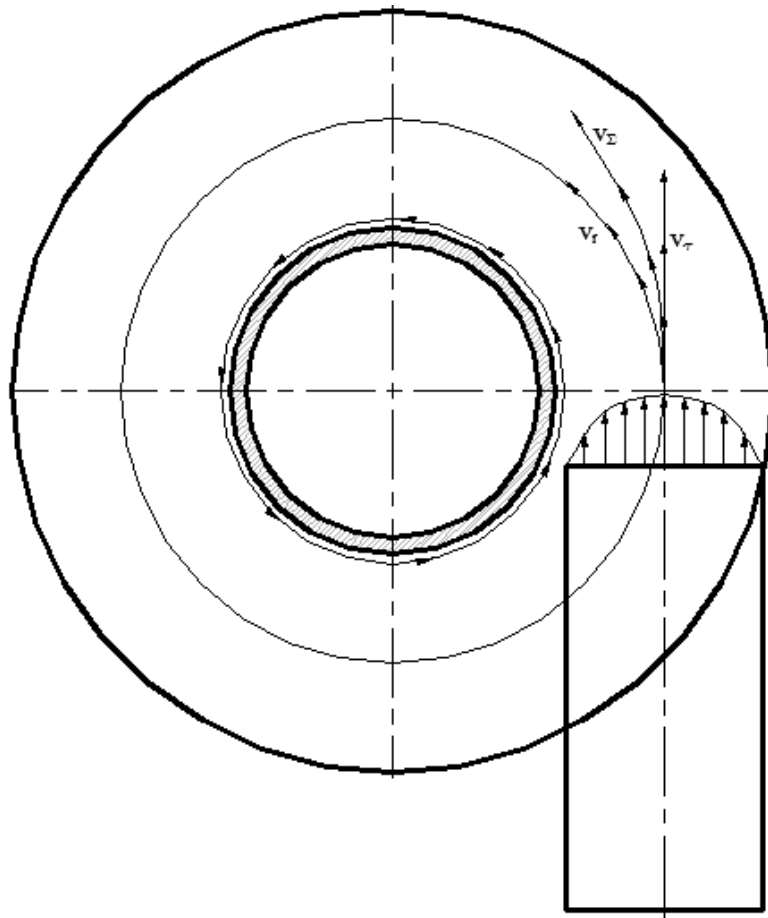


Рисунок 1 – Розподіл швидкостей в робочому перетині циклону

Так, згідно даних, наведених для шахтного метану, їх характерною особливістю можна вважати наявність часток високої дисперсності пилу та вологи пов'язаних з умовами його видобутку.

У попутного нафтового газу його основна структура складається з елементів, отриманих внаслідок характеру розташування родовища. Серед основних компонентів даного газу присутній також конденсат.

В найгіршому становищі, з точки зору вмісту домішок, можна вважати звалищний та біогаз. Крім присутності в них конденсату, також необхідно звернути увагу на наявність мікроорганізмів – метанотворних бактерій.

Саме тому є необхідність використання принципу відцентрового очищення газоповітряного потоку в циклоні.

В роботі [2] представлені рекомендації щодо проектування та вибору геометричних розмірів циклонів та основні математичні залежності для їх розрахунку. Так для газоповітряного потоку при зміні напрямку його руху, (як наприклад в нашому випадку рух потоку в циклоні) можна виділити дотичну складову швидкості v_τ , а також радіальну складову швидкості потоку v_r . Саме вони в сумі визначають величину та напрямок вектору v_Σ . При цьому для визначення v_Σ коректним можна рівняння:

$$v_{\Sigma}^2 = v_{\tau}^2 + v_r^2, \quad (1)$$

де v_{Σ} – сумарний вектор швидкості потоку;

v_{τ} – дотична складова швидкості потоку;

v_r – радіальна складова швидкості потоку.

При цьому на виході з вхідного патрубку циклону основна роль лягає на дотичну складову швидкості потоку. Можна вважати, що в перетині на виході з патрубка $v_{\tau} = \max$ і відповідно $v_r = 0$. При цьому газоповітряний потік має енергію, яка дорівнює:

$$E_{n.p.} = \frac{m_n \times v_{\tau}^2}{2}, \quad (2)$$

де m_n – маса газоповітряного потоку;

$E_{n.p.}$ – кінетична енергія осьового руху потоку.

Так як поступово змінюється напрям руху, що призводить до зміни в співвідношенні між складовими вектору швидкості. Тоді в довільному перетині робочого об'єму циклону ми маємо: $v_{\tau} = 0$ і відповідно $v_r = \max$. В цьому випадку енергія потоку дорівнює:

$$E_{o.p.} = \frac{\omega}{2} \times \sum_{i=1}^n m_{n,i} r_i^2, \quad (3)$$

де ω – кутова швидкість потоку; $\omega = \frac{v_r}{r_i}$;

$m_{n,i}$ – маса газоповітряного потоку в i -му перерізі;

$E_{o.p.}$ – кінетична енергія обертального руху потоку;

r_i – радіус до центру ваги i -го перетину.

Таким чином, повна кінетична енергія газоповітряного потоку в циклоні представляє собою суму кінетичних енергій осьового руху та обертання, між якими під час руху потоку змінюється співвідношення. Вона буде дорівнювати:

$$E_{n.p.} = E_{n.p.} + E_{o.p.}, \quad (4)$$

Висновки:

1) Високоєфективне перемішування газоповітряної суміші в ДВЗ забезпечується в два етапи: початкове змішування в високоєфективному змішувальному пристрої та домішуванням за рахунок використання перетворення кінетичної енергії потоку із застосуванням в системі впуску компресору або циклону;

2) Застосування циклону в системі впуску газового двигуна забезпечить як очищення газоповітряного потоку від пилу, механічних домішок та конденсату, так і підвищить гомогенність самої суміші.

Перспективи подальшого використання результатів досліджень.

В ході проведеної роботи стало очевидним, що застосування апаратів типу циклон може бути невід'ємною складовою системи впуску газових двигунів без наддуву та зовнішнім сумішоутворенням. В процесі подальших досліджень необхідно буде уточнити кут нахилу отворів подачі газу на вході та виході з циклону.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Швець І. А. Підвищення ефективності утворення газоповітряної суміші за рахунок дотичної подачі газового палива / І. А. Швець // Матеріали V-ої Міжнародної науково-технічної конференції «Суднова енергетика: стан та проблеми». – НУК, 2010. – С. 44-46.
2. Ватин Н. И. Очистка воздуха при помощи аппарата типа циклон : Методическое пособие к расчету аппаратов типа циклон / Н. И. Ватин, К. И. Стрелец. – СПбПУ, 2003.
3. Швець І. А. Дослідження взаємодії повітряного та газового потоків в газоповітряних змішувачах з різною геометрією за допомогою програмного комплексу Flow Vision / І. А. Швець // Матеріали IV-ої Міжнародної науково-технічної конференції «Суднова енергетика: стан та проблеми». – НУК, 2009. – С. 124-126.
4. Швець І. А. Вплив вихроутворення в пристроях змішування на процеси сумішоутворення / І. А. Швець, С. М. Литвин // Матеріали IV-ої Всеукраїнської науково-технічної конференції «Сучасні проблеми двигунобудування: стан, ідеї, рішення». – ПП НУК, 2011. – С. 93-94.

Швец И.А., Литвин С.Н. НОВЫЙ ПОХОД К КОНСТРУИРОВАНИЮ ЭЛЕМЕНТОВ СИСТЕМ ВПУСКА ДВИГАТЕЛЯ ПРИ РАБОТЕ НА АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ТОПЛИВНЫХ ГАЗАХ

Рассмотрены вопросы повышения эффективности смесеобразования в газовых двигателях путем применения устройства типа циклон. Одновременно с повышением качества смесеобразования обеспечивается очистка рабочей смеси от пыли и механических примесей. Выполнено математическое описание данных процессов.

Ключевые слова: смесеобразование, газовый двигатель, смеситель, избыток воздуха, преобразование энергии.

Shvets I.A., Litvin S.N. NEW APPROACH TO CONSTRUCTING OF SYSTEM ELEMENTS FOR ENGINE START WHEN RUNNING ON ALTERNATIVE FUEL GASES

Issues of improving the efficiency of mixture formation in gas engines by using cyclone type devices are considered. Alongside with the increase of mixture forming quality, dusting and mechanical impurities cleaning of gas mixture are ensured. Mathematical description of these processes is presented.

Keywords: mixture formation, gas engine, mixer, excess air, energy conversion.