

Э. С. Грайворонський

МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ ВПОРСКУВАННЯ ЗА ДОПОМОГОЮ CFD ТЕХНОЛОГІЙ

Описана технологія та приведені результати моделювання процесу безпосереднього впорскування палива у середовищі AVL FIRE. Аналіз результатів дозволяє визначити параметри паливної системи з електронним керуванням

Ключові слова: двотактний двигун, модель впорскування, метод дискретних крапель

1. Вступ

Дослідження, про які йдеться у доповіді відносяться до галузі машинобудування. У сучасному світі не зникає попит на надійні у експлуатації двотактні двигуни внутрішнього згорання з примусовим запаленням. Для цілих класів техніки дані двигуни в даний час є основною, часом безальтернативною, енергетичною установкою. Сучасна методологія дослідження двигунів вимагає використання цілого комплексу CAD/CAE програмного забезпечення. Тільки в такому випадку можливий віртуальний експеримент, а випуск конкурентоспроможної продукції - в найкоротші терміни і з мінімальними витратами. Найширшими можливостями моделювання процесів, що відбуваються в двигуні, володіє комплекс програмних продуктів, створений фірмою AVL [1]. При виконанні даної роботи використано інструментарій програми AVL Fire (3DCFDsimulation), яка базується на методі кінцевих елементів.

2. Постановка проблеми

Визначити можливості удосконалення процесу газообміну двотактного двигуна з примусовим займанням для ефективного впровадження безпосереднього впорскування.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні завдання:

- створити в середовищі AVL Fire розрахункову модель двигуна;
- провести розрахунок і порівняти його результати з експериментом;
- провести аналіз отриманих результатів.

3. Основна частина

3.1 Аналіз літературних джерел по темі дослідження

Зниження витрати палива, покращення екологічних показників двотактних двигунів можливе із

застосуванням стратегії розшарування заряду [2-4]. Успішне застосування даної стратегії пов'язано з багатьма заходами, одним з них є вдосконалення процесу впорскування. Можливі шляхи такого вдосконалення можна намітити лише в разі проведення відповідних досліджень.

Моделювання впорскування пов'язано з моделюванням багатофазних потоків і вимагає чисельного рішення рівнянь збереження для газу та рідкої фази одночасно. Практичні інженерні методи розрахунку впорскування рідкої фази в газоподібну середу в даний час засновані на статистичних методах, званих методами дискретних крапель (DDM). При цьому вирішуються звичайні диференціальні рівняння записані для траєкторії, імпульсу, тепло- й масообміну однієї краплі, що є представницею цілого конгломерату. Крапля вноситься в область течії з початковими умовами положення, розміру, швидкості, температури і кількості частинок. Процес упорскування розраховується за допомогою кількох підмоделей. Обміну імпульсом, турбулентної дисперсії, випаровування крапель, розпаду краплі, зіткнення краплі зі стінкою. Для парів крапель, що збільшують частку газоподібної фази, вирішуються рівняння переносу в ейлеровій постановці.

Модель розпилювача пропонує простий спосіб уточнення швидкості потоку на виході з соплового отвору, а також початкового діаметра крапель з урахуванням кавітації. Одновимірний аналіз потоку в сопловому отворі можливий, якщо відомі масова витрата, геометричний діаметр D , відносини R/D і L/D (рис. 1).

На першому етапі, коефіцієнт витрати μ розраховується за феноменологічним рівнянням. Для врахування реальних умов необхідно задати геометричні особливості розпилювача, наприклад, відношення довжини до діаметра соплового отвору впливає на μ .

Ефективні умови на виході із сопла у моделі розраховуються за формулами:

$$U_{eff} = U_c \cdot \frac{p_2 - p_{vapor}}{p_1 \cdot U_{geo}}$$

$$A_{eff} = A_{geo} \cdot \frac{U_{geo}}{U_{eff}}$$

де p_1, p_2 – тиск в характерних перетинах соплового отвору, p – тиск палива U_{geo}, U_{eff}, U_c – швидкість течії палива в отворі з геометричним і ефективним перерізами і потоку, що звужується внаслідок кавітації [2].

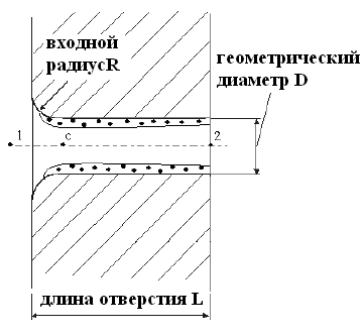


Рис. 1. Модель розпилювального отвору з урахуванням кавітації

3.2. Результати дослідження

Розрахунок газодинамічних процесів у циліндрі двигуна за допомогою AVL Fire показав відхилення від експериментальних даних не більше 2%. Аналіз результатів показав, що у момент 150 град. ПКВ відбувається уповільнення потоку відпрацьованих газів на виході з циліндра, що негативно впливає на очищення камери згоряння. При наповненні циліндру після НМТ повітря утворює два протилежно направлені завихрення, що рухаються у напрямку свічки запалювання. Таким чином, впорскування пального поодиноким факелом вздовж осі циліндра не є доцільним, внаслідок деформації потоку пального (рис. 2) і неефективного розподілення випаровувань по об'єму. Ряд повторних розрахунків з різним типом розпилювача показав, що більш ефективним у даному випадку є подвійний факел (рис. 3), зорієнтований протилежно випускному каналу (по одному факелу до кожного завихрення).

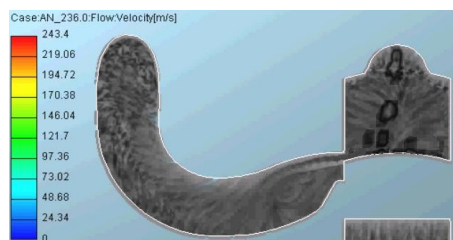


Рис. 2. Поширення палива у надпоршневому просторі при впорскуванні розпилювачем з одним отвором

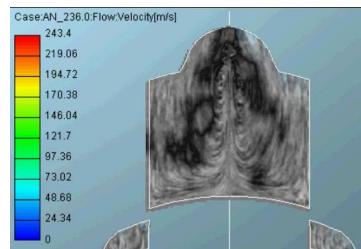


Рис. 3. Поширення палива у надпоршневому просторі при впорскуванні розпилювачем з двома отворами

Література

1. AVL FIRE [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.avl.com/web/ast/fire>. - Загол. з екрану.
2. Врублевский, А.Н. Научные основы создания аккумуляторной топливной системы для быстрого дизеля [Текст] : монография / А.Н.Врублевский. – Харьков : Изд-во ХНАДУ, 2009. – 216 с.
3. Fan, L., Li, G., Han, Z., and Reitz, R., «Modeling Fuel Preparation and Stratified Combustion in a Gasoline Direct Injection Engine», SAE Technical Paper 1999-01-0175, 1999, doi:10.4271/1999-01-0175.
4. Zhao, F.F. Automotive Gasoline Direct-Injection Engines [Text] / F.F. Zhao, D.L. Harrington, M.C. Lai. – SAE International, 2002. – 372 p. – R-315.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ВПРЫСКИВАНИЯ С ПОМОЩЬЮ CFD ТЕХНОЛОГИЙ

Е. С. Грайворонский

Описана технология и приведены результаты моделирования процесса непосредственного впрыскивания в среде AVL FIRE. Анализ результатов позволяет определить параметры топливной системы с электронным управлением

Ключевые слова: двухтактный двигатель, модель впрыскивания, метод дискретных капель

Евгений Сергеевич Грайворонский, аспирант кафедры Двигатели внутреннего сгорания Харьковского национального автомобильно-дорожного университета, тел. 097-94-37-968, e-mail: evhenious@gmail.com

FUEL INJECTION PROCESS MODELING USING CFD TECHNOLOGIES

The article describes technology and results of GDI process modeling using AVL FIRE software. Analyzing of results helps determine parameters of electronic controlled fuel system

Keywords: two-stroke engine, injection model, method of discrete droplets

Evgeniy Graivoronsky, graduate student of department of Internal combustion engines, Kharkiv national automobile-highway university, tel. 097-94-37-968, e-mail: evhenious@gmail.com