

Врублевський Олександр Миколайович, д.т.н. професор,
Університет Вармінсько-Мазурський в Ольштині, Польща
Левченко Денис Вадимович, студент,
Харківський національний автомобільно-дорожній університет

АНАЛІЗ ГІДРОДИНАМІЧНИХ ПРОЦЕСІВ В РОЗПИЛЮВАЧІ ФОРСУНКИ ВИСОКООБЕРТОВОГО ДИЗЕЛЯ

Середній ресурс роботи найбільш досконалих конструкцій форсунок дизельних двигунів складає 150–180 тис. км. пробігу автомобіля. Враховуючи тенденції розвитку автомобільної галузі, сьогодні необхідно мати ресурс біля 500 тис. км.

Розпилювач дизельної форсунки представляє собою кінцевий елемент лінії паливоподачі дизельного двигуна і значною мірою впливає на процес розпилювання, характеру і якості впорскування, опір гідравлічному потоку. Дослідження гідродинамічних процесів в каналах розпилювача дуже складне завдання через дрібномасштабність отворів проточної частини (0,1–3 мм) та короткочасність протікання процесу впорскування (0,1–3 мс).

Перспективною і актуальною є задача розробки математичної моделі Гідродинамічних процесів в порожнині розпилювача, що дозволяє дослідити процеси потоку палива в розпилювачі. Розрахунки з високим ступенем точності дозволяють оцінити фізичні параметри потоку палива, дають можливість проведення відносно швидкого і зручного випробування в широких діапазонах змінних початкових параметрів, що є необхідним етапом в процесі проектування та доводки конструкції розпилювача.

Для реалізації задачі обрано програмний комплекс AVL FIRE 2013, що повністю відповідає сучасному рівню моделювання гідродинамічних процесів.

Моделювання проводилося на геометричній моделі проточних частин крайньої нижньої частини розпилювача, яка покриває кінчик голки, області сідла, передсопловий колодязь і соплових отворів для впорскування палива. Для прискорення розрахунку розглядалась осьова симетричність проточної частини розпилювача а також його соплових отворів. Раховувалась неперервність потоку та симетричність результатів на поверхнях умовного перетину моделі, для розрахунку використовувався сегмент 60° , що повністю охоплює один сопловий отвір та його приграничні зони.

Для цілей чисельного моделювання, внутрішніми засобами AVL FIRE було створено просторові розрахункові сітки. Початкові дані для розрахунку були отримані під час опрацювання результатів дослідження паливної апаратури дизеля 4ДТНА1. Дані про тиск в паливопроводі високого тиску, характеристика підйому голки були зібрані і використовувалися в якості граничних умов при моделюванні процесу паливоподачі.

Наближуючи задачу до реальних умов протікання процесу впорскування, було проведено ряд послідовних розрахунків із змінною геометрією моделі, що імітує рух голки розпилювача за певною характеристикою. Нестационарність

процесу значною мірою збільшує об'єм розрахунків, проте дає повну завершену картину умови руху палива в розпилювачі.

Метою даного дослідження є дослідження гідродинамічних процесів в проточних частинах розпилювача форсунки і спроба покращення характеристики впорскування, зменшення ризиків закоксування, ерозійного зношування соплових отворів внаслідок ефекту кавітації, за рахунок використання більш досконалої геометрії. Найпростіше технологічно виправдане досягнення одразу декількох заходів покращення характеристики впорскування – свердлення соплових отворів безпосередньо на запираючий конус та зменшення об'єму передсоплового колодязя.

За результатами розрахунку отримано набір миттєвих локальних параметрів потоку палива в розпилювачі на певних етапах впорскування. Для загальної характеристики потоку були використані наступні параметри: швидкість [м/с], напрямок (лінії потоку), тиск [МПа], кінетична енергія турбулентного потоку, [м²/с²] об'ємна доля газової фази [%], швидкість кавітаційної ерозії [мкм/год].

Локальні швидкості руху палива з передсоплового об'єму в розпилюючий отвір в районі вхідної кромки отвору в верхній його частині виникає гідравлічний опір. Внаслідок цього швидкість потоку зменшується в 4 рази від максимальної у сопловому отворі. На протязі всього процесу паливоподачі зберігається зона знижених швидкостей.

Найбільших втрати тиску в потоці спостерігаються в пристінній зоні сопла за вхідною кромкою і має перемінне значення довжини від 0,01 до 0,03 мм. Для усунення цього явища необхідно зробити скруглення вхідної кромки сопла радіусом не менше 0,03 мм. Також через різку зміну напрямку потоку верхні шари палива в соплі зазнають більшого розрідження. Для зменшення різниці тисків в перерізі сопла можна регулювати кут його нахилу відносно осі руху голки.

В об'ємах під торцем голки та на дні передсоплового колодязя відбувається завихрення потоку, що також негативно впливає на параметри швидкості потоку внаслідок наявності гальмування через внутрішні тертя в рідині.

Турбулізації потоку, що виникають в місцях значних градієнтів швидкостей, і, більшою мірою, відбуваються в граничних шарах соплового отвору впливають на час установаження нормального режиму впорскування.

Розглядаючи конструкцію із свердленням соплових отворів на запираючий конус можна виділити переваги протікання процесу впорскування. Рух палива в сопловому отворі більш рівномірний і відрив потоку від стінки соплового отвору за рахунок гідравлічного опору встигає нормалізуватися до моменту виходу з сопла, що дає передумови для більш повного та рівномірного розпилювання. Помітне покращення тиску впорскування, через менший опір потоку на вхідній границі соплового отвору в момент опускання голки розпилювача. У відкритому стані тиск в соплових отворах відрізняється мало. Проте розрахунки показали, що остання модель знаходиться під більшим впливом руйнівного для поверхні соплового отвору фактору – кавітаційної ерозії.