

УДК 621.436.12

МОДЕЛЬ ПРОЦЕСУ СУМІШЕУТВОРЕННЯ ТА ЗГОРАННЯ БІОПАЛИВА В ДИЗЕЛЬНОМУ ДВИГУНІ

Семенов В.Г
Яцковський В.І
Яцковська Р.О

Вінницький національний аграрний університет

Розглянуто принципи чисельного моделювання процесів сумішеутворення та згорання біопалива в дизельному двигуні.

Principles of numeral design of processiv are considered sumisheutvorennya and combustion of biopropellant in a diesel engine.

Ефективність, економічність та надійність роботи дизельного двигуна залежить від протікання його робочого циклу. При цьому середній індикаторний тиск, індикаторний к.к.д. характеризують досконалість організації робочого процесу та визначають основні показники роботи двигунів (потужність, витрата палива і т.п.).

Як відмічено в роботі [1] в умовах рядової експлуатації тракторів встановлено істотне відхилення показників робочого циклу від нормальних значень. Приблизно 50% досліджених циліндрів (загальна вибірка складала більше ніж 100 циліндрів) мали середню швидкість зростання тиску в циліндрі в 1,5 – 2 рази вищу ніж нормальне значення. При цьому в більшості циліндрів робочий процес характеризувався низькими значеннями максимального тиску згорання та зростання тривалості процесу згорання. Крім того в циліндрах одного і того ж двигуна спостерігалася велика нерівномірність по показникам робочого циклу. Для 60% досліджених двигунів ступінь нерівномірності середнього індикаторного циклу складала 15-25%, максимального тиску згорання – 15-30%, середньої температури за такт розширення – 17-30%. Основними причинами порушення характеру протікання та відхилення від норми показників робочого циклу в циліндрах двигунів є зміна вихідних параметрів паливоподачі в умовах рядової експлуатації. З 114 досліджених двигунів майже у 80% потужність була нижче номінальної (спостерігалася падіння потужності на 10-38%) а у 20% двигунів вище номінальної.

Зниження потужності та паливної економічності двигунів в умовах експлуатації є наслідком насамперед несправностей та порушенням регулювань паливної апаратури. Перевіркою стану регулювань паливної апаратури дизельних двигунів встановлено, що кут випередження початку подачі палива, циклова подача палива, тиск початку підйому голки форсунки коливаються в досить широких межах, які істотно перевищують допустимі значення. Близько 30% двигунів мали занижене значення кута подачі палива (до 4⁰ п.к.в.), та 24% - завищене (до 3⁰ п.к.в.) в порівнянні з нормальними регулюваннями. Спостерігалася значна зміна значення циклової подачі палива ($\pm 20\%$). Перевірка форсунок показала що приблизно 55% з них мали занижений та 12% завищений тиск початку підйому голки на 1-5 МПа.

Таким чином збереження нормальних значень показників потужності та економічності залежить від технічного стану всього двигуна та від показників роботи паливної апаратури.

На протікання робочого процесу в дизельному двигуні великий вплив має процес сумішоутворення. Тому розглянемо вплив несправностей паливної апаратури на процес сумішоутворення в дизельних двигунах які працюють на біопаливі.

На рис.1 зображено індикаторні діаграми на ділянці згоряння при горінні дизельного палива та біодизельного.

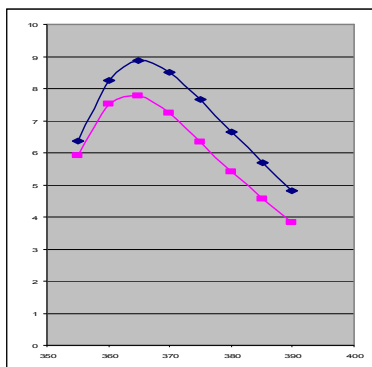


Рис. 1 Індикаторні діаграми на ділянці горіння (1-ряд при роботі на дизельному пальному, 2- при роботі на біопаливі)

Для дослідження динаміки факелу використовуються інтегральні рівняння газової динаміки в змінних Ейлера, записані для багатокомпонентної газової суміші з урахуванням перенесення субстанцій мають наступний вид:

$$\int_{\Delta V} (\rho_{i2} - \rho_{i1}) dv = \int_{\tau-\Delta\tau}^{\tau+\Delta\tau} d\tau \left[\int_{\Delta V} \rho_i dV - \oint_{\Delta S} (\vec{G}_i + \rho_i \vec{V}_i) \cdot \vec{n} dS \right];$$

$$\int_{\Delta V} \sum_i \left(\rho_{i2} \vec{V}_{i2} - \rho_{i1} \vec{V}_{i1} \right) dV = \int_{\tau-\Delta\tau}^{\tau+\Delta\tau} d\tau \left\{ \int_{\Delta V} \Delta \vec{P}_K dV - \oint_{\Delta S} \left[P \vec{n} + \sum_i \vec{P}_i + \sum_i \rho_i (\vec{V}_i \cdot \vec{n}) \vec{V}_i \right] dS \right\};$$

$$\int_{\Delta V} \sum_i \left[\rho_{i2} \left(\varepsilon_{i2} + \frac{1}{2} V_{i2}^2 \right) - \rho_{i1} \left(\varepsilon_{i1} + \frac{1}{2} V_{i1}^2 \right) \right] dV;$$

Де $\rho_{i2}, \rho_{i1}, V_{i2}, V_{i1}, \varepsilon_{i2}, \varepsilon_{i1}$ - щільність, швидкість та питома теплова внутрішня енергія i -тої компоненти в елементі dV об'єму ΔV в моменти часу $\tau + \Delta\tau$ та $\tau - \Delta\tau$ відповідно; $\Delta\rho_i$ - об'ємна потужність джерела або стоку маси i -тої компоненти при хімічних реакціях та випаровуванні; \vec{n} - одиничний нормальний зовнішній вектор до елементу dS поверхні ΔS , яка обмежує об'єм ΔV ; $\vec{G}_i, \vec{P}_i, \vec{Q}_i$ - вектори потоків маси, імпульсу та енергії, які переносяться i -тим компонентом на елементі dS за рахунок молекулярної та турбулентної дифузії; $\rho_i, \vec{V}_i, \varepsilon_i, P_i$ - щільність, швидкість, питома теплова внутрішня енергія та парціальний тиск i -того компоненту на елементі dS поверхні ΔS [3].

При розрахунках використовується стандартна $k - \varepsilon$ модель турбулентності.

Для моделювання процесів випаровування та згоряння палива в дизельному двигуні використовується багато програм але найбільшу цікавість являє програма OpenFOAM яка

вільно розповсюджується. Використовуючи цю програму ми ставимо задачу дослідити робочий процес дизельного двигуна при роботі на біопаливі з урахуванням несправностей які виникають при роботі двигуна.

Відкритий пакет OpenFOAM – це насамперед набір засобів мови програмування C++ для налаштування та розширення чисельних вирішувачів, які використовуються в задачах механіки суцільного середовища.

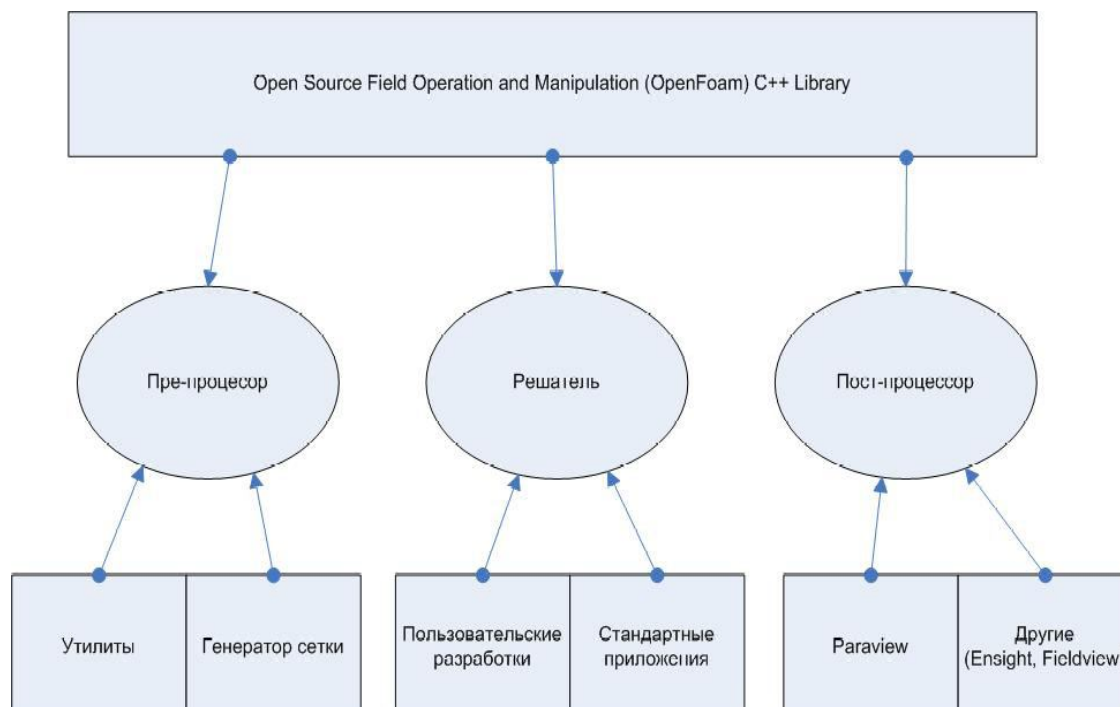


Рис. 2 Умовна структура пакету.

Рівняння кількості руху може бути представлено в пакеті OpenFOAM у наступному вигляді:

```
solve  
( fvm::ddt(rho, U)  
+ fvm::div(phi, U)  
- fvm::laplacian(mu, U)  
==  
- fvc::grad(p) );
```

Для зв'язку рівнянь швидкості та тиску може бути використаний метод PISO.

Література

1. Діагностика автотракторных двигателей. Изд. 2-е, перераб. И. доп. Под ред. Н.С. Ждановского, Л.; «Колос» (Ленингр. отд-ние), 1977. – С. 264.
2. Лыков А.В. Тепломассообмен. М.; «Энергия», 1978.-С. 480.
3. OpenFOAM User Guide Version 1.6. 2009.