

Колодницька Р.В., доцент кафедри автомобілів
та транспортних технологій, к.т.н., доцент,
Кравченко О.П., професор кафедри автомобілів
та транспортних технологій, д.т.н., професор
Державний університет «Житомирська політехніка»

КОНЦЕПЦІЯ ІДЕАЛЬНОГО ЗАМІННИКА ДИЗЕЛЬНОГО ПАЛИВА У ДВЗ

Заборона дизельних двигунів, які мають великі викиди оксидів азоту, а також викиди вуглекислого газу в деяких країнах Європи приводять до того, що автомобілі з цими двигунами все більше і більше продаються в Україні. Отже концепція «ідеального» замітника дизельного біопалива в Україні достатньо актуальна.

Яким же повинно бути альтернативне паливо для того, щоб замінити нафтове дизельне паливо у ДВЗ? Можна відмітити основні характеристики альтернативного палива, які повинні бути близькими до дизельного палива: властивості, характеристики розпилювання, характеристики випаровування і згоряння, шкідливі викиди, витрата палива. Мета дослідження – визначення характеристик розпилювання, випаровування та самозаймання палива

Розпилювання палива. Розпилювання дизельного палива і відмінності цього процесу для дизельного біопалива детально описані в роботі [1]. Результати моделювання порівняння розподілення діаметрів крапель дизельного та біодизельного палив методом максимальної ентропії з експериментальними даними наведені на рисунку 1 і показують більшу кількість крапель меншого діаметру для дизельного палива, ніж для біодизельного палива RME (метиловий ефір ріпакової олії). Причина цьому підвищена в'язкість біопалива у порівнянні з дизельним. Для максимального наближення кривої розподілення крапель дизельного біопалива до кривої розподілення дизельного палива потрібно вибрати біопаливо з найменшою в'язкістю, що залежить від складу біопалива.

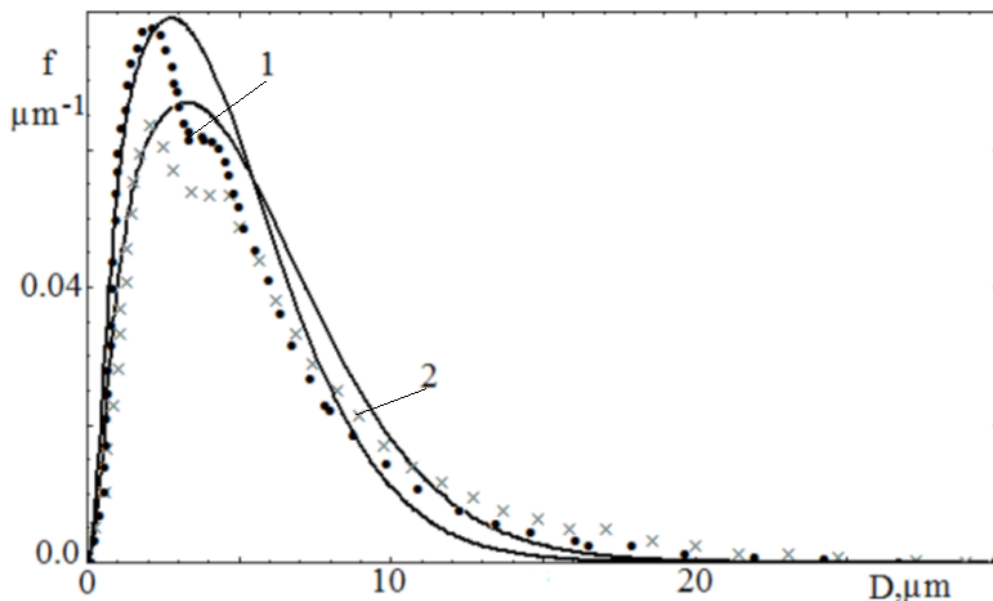


Рис. 1. Щільність ймовірності для діаметра крапель на відстані 15 мм від виходу від форсунки:
1 - для дизельного палива; 2 - для біодизельного палива

Випаровування палива. Для аналізу випаровування дизельного палива та біопалива використовувались моделі випаровування крапель, описання яких можна знайти в роботі [2]. На рис. 2 показана еволюція з часом масових часток на поверхні краплі дизельного біопалива для шести його компонентів (C16:0, C18:1, C22:1, C24:1, C18:2, C18:3). Початковий радіус краплі та температура приймалися рівними 12.66 мкм та 375 К, відповідно. Тиск та температура оточуючого газу дорівнює 30 бар та 880 К, відповідно. Крапля рухалася з постійною швидкістю 10 м/с [2].

Випаровування дизельного біопалива різних видів може значно відрізнятися в залежності від наявності компонентів, які випаровуються неоднаково. Наприклад, паливо СМЕ має у своїй структурі

молекули з маленькою кількістю атомів вуглецю на відміну від RME. На рис. 3 та 4 показані температури поверхні крапель та їх радіуси для дизельних біопалив RME та CME, відповідно, у порівнянні з сумішами цих палив з дизельним паливом у пропорціях: B5- 5% дизельного палива, B20- 20% та B50 - 50% [3].

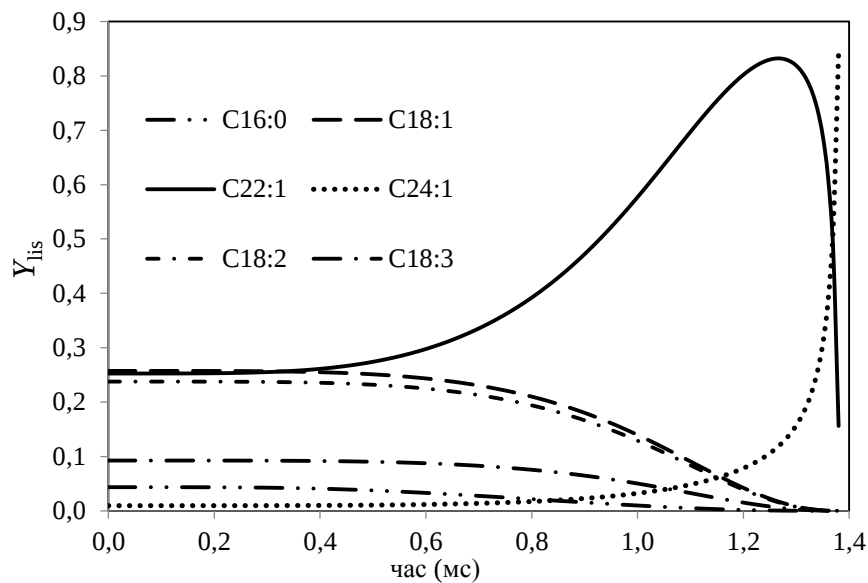


Рис. 2. Масові долі рідких складових на поверхні краплі Y_{lis} для шести головних компонентів дизельного біопалива RME в залежності від часу

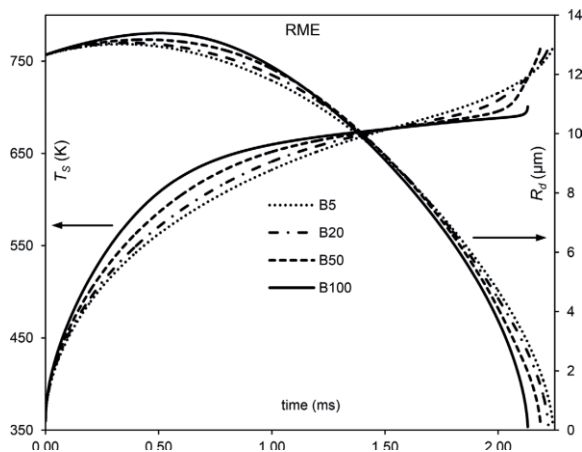


Рис. 3. Температури поверхні крапель T_s і радіуси R_d в залежності від часу для сумішей дизельного палива з біодизельним паливом RME

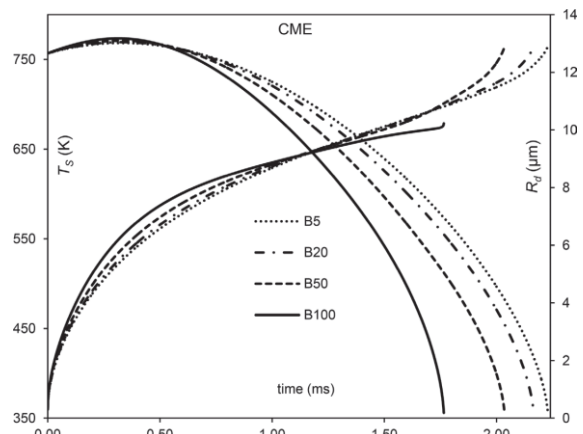


Рис. 4. Температури поверхні крапель T_s і радіуси R_d в залежності від часу для сумішей дизельного палива з біодизельним паливом CME

Самозаймання палива. Найпростіший спосіб моделювання самозаймання палива - це розгляд самозаймання як хімічної реакції типу Ареніуса [4]:

$$P_{ch} = M_f Q_f C_f A \exp \left(-\frac{E}{R_u T_g} \right), \text{ (Дж/м}^3\text{)} \quad (1)$$

де M_f – молярна маса палива (кг/моль); Q_f – питома теплота згоряння (Дж/кг); C_f – молярна концентрація парів палива (моль м⁻³); A – преекспоненціальний фактор (1/с); E – активаційна енергія (Дж/кмоль).

Самозаймання палива характеризується двома основними параметрами: початкова температура (мінімальна температура, за якої може відбуватися процес самозаймання палива) і затримка займання (час між впорскуванням палива і його займанням). Ці параметри залежать від тиску в камері згоряння, типу і хімічного складу палива та інш. Хімічна кінетика самозаймання включає в себе біля 1000 хімічних реакцій і біля сотні компонентів палива [4]. Додаткові труднощі полягають в тому, що ми не знаємо коефіцієнтів швидкості всіх реакцій, і вирішення цієї задачі потребує багато часу і коштів, оскільки часто

пов'язано з використанням суперкомп'ютера. Дослідники працюють над тим, щоб зменшити кількість рівнянь, які описують згоряння дизельного палива у двигунах внутрішнього згоряння. Так, в роботі [4] відмічено, що кількість рівнянь була зменшена до 30, а кількість компонентів палива - до 21.

В роботі [5] запропоновано визначати затримку займання дизельного біопалива за допомогою двох рівнянь з різними коефіцієнтами в залежності від діапазону температур. Для низьких та середніх температур затримка займання підраховується наступним чином:

$$ID = A_{act} \frac{50}{CN}^{1.5} \frac{1[atm]}{p} \exp \frac{T_{act}}{T}, \quad (2)$$

де A_{act} – активаційний коефіцієнт (мс); CN - цетанове число палива; p - тиск в циліндрі (атм); T_{act} – активаційна температура, К; T – температура, К.

Для високих температур, як правило, затримка займання не залежить від виду палива:

$$ID = A_{act} \frac{1[atm]}{p^{0.8}} \exp \frac{T_{act}}{T}. \quad (3)$$

Результати моделювання затримки займання для компоненту (C10:0M) за тиску 20 атм з часом, використовуючи рівняння (2-3) у порівнянні з експериментальними даними показано на рис. 5 [5].

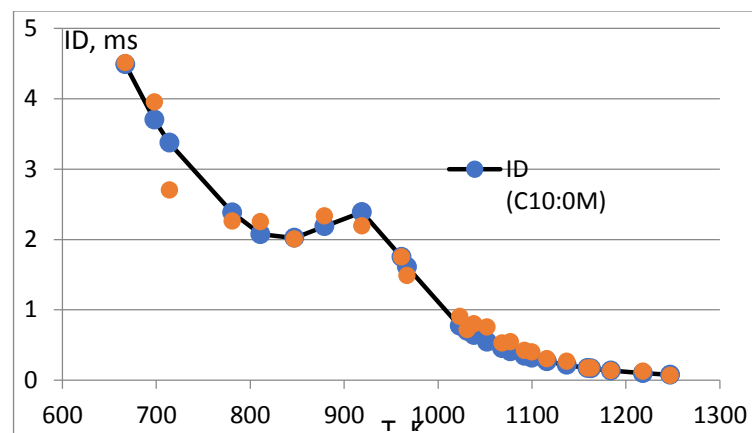


Рисунок 5 - Затримка займання (мс) метилового ефіру (C10:0M)

Дослідники з компанії Shell Research Ltd. замість того, щоб будувати складні хімічні моделі намагалися дослідити основні особливості процесу займання. Було виділено такі основні чотири процеси: початковий (initiation), поширення (propagation), розгалуження (branching), припинення (termination), які включали вісім реакцій [4]. Ця модель відома, як модель Shell. Застосування моделі Shell для описання процесу самозаймання дизельного біопалива може бути темою наступних досліджень.

Таким чином, для одержання ідеального заміниacza дизельного палива у ДВЗ автомобільного транспорту потрібне глибоке розуміння процесів розпилювання, випаровування та займання палива. Моделювання та експериментальне вивчення цих процесів дозволить визначити процес управління ними і знайти оптимальний варіант щодо параметрів управління.

Література

1. Колодницька Р.В. Розпилювання дизельного палива та біопалива у двигунах внутрішнього згоряння: монографія. – Житомир: ЖДТУ, 2017. – 210 с.
2. Колодницька Р.В. Процеси випаровування та згоряння дизельного біопалива у двигунах внутрішнього згоряння: монографія. – Житомир: ЖДТУ, 2018. – 192 с.
3. Al Qubeissi M., Al-Esawi N., Kolodnytska R., 2018. Atomization of bio-fossil fuel blends. In: *Advances in Biofuels and Bioenergy*. Ch 4, p.p. 59-81.
4. Sazhin S. *Droplets and Sprays*. Springer. London. P. 345.
5. Колодницька Р.В. Моделювання затримки займання дизельного біопалива в ДВЗ автомобільного транспорту / Р.В. Колодницька, О.П. Кравченко // Наукові праці Міжнародної науково-практичної конференції присвяченої 90-річчю Харківського автомобільно-дорожнього університету та 90-річчю автомобільного факультету "Сучасні тенденції розвитку автомобільного транспорту та галузевого машинобудування" (16-18 вересня 2020 р.). – Х.: ХНАДУ, 2020. - С. 239-241.