

## МОДЕЛЮВАННЯ ТЕПЛОВОГО БАЛАНСУ НАГРІВАЧА ТЕРМОАНЕМОМЕТРИЧНОГО ВИТРАТОМІРА

Сьогодні до витратомірів пред'являється багато вимог, задовольнити які достатньо важко і не завжди можливо. Є дві групи вимог. До першої групи відносяться індивідуальні вимоги, що пред'являються до приладів для вимірювання витрати палива: висока точність, надійність, незалежність результатів вимірювання від зміни щільності речовини, швидкодія і значний діапазон вимірювання. До другої групи відносяться вимоги, які характеризують всю групу витратомірів палива: необхідність вимірювання витрати дуже різноманітної номенклатури речовини при властивостях, що відрізняються, різних значеннях витрат від дуже малих до дуже великих і при різному тиску і температурах.

Теплові витратоміри можуть виконуватися по трьох основних принципових схемах: калориметричні – нагрів або охолодження потоку стороннім джерелом енергії; теплового шару, засновані на створенні різниці температур з двох сторін; прикордонного шару; термоанемометричні (ТАВ).

Принцип дії ТАВ полягає у нагріві потоку моторного палива та вимірюванні розподілу температурного поля, створеного нагрівачем, у цьому потоці. Зміни температурного поля уздовж потоку моторного палива пов'язані певною функціональною залежністю з величиною витрати цього палива. Виконано моделювання на ЕОМ теплового балансу нагрівача у рухомому потоці палива через ТАВ (рис. 1).

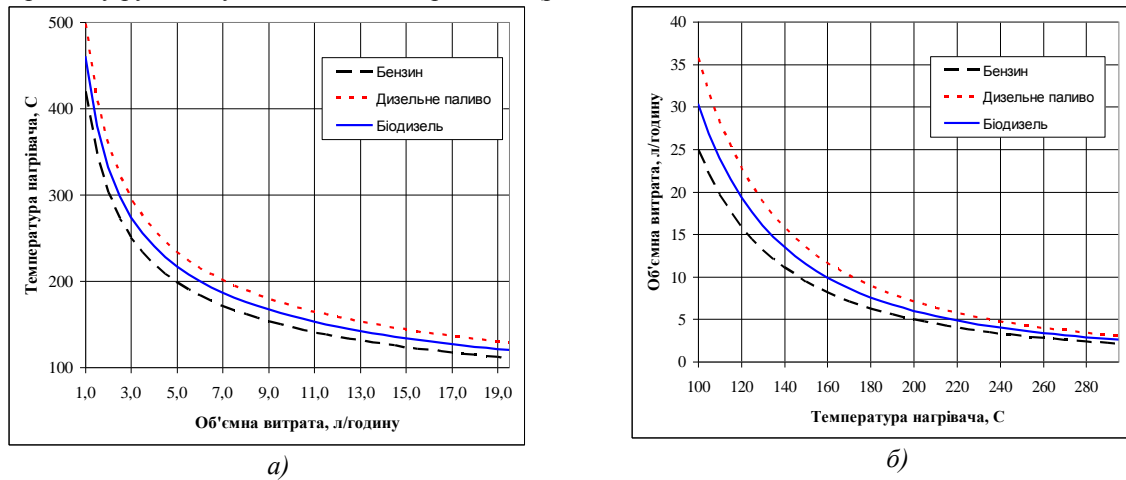


Рис. 1. Залежності: а) температури нагрівача від витрати; б) витрати від температури нагрівача

Для підвищення точності ТАВ запропоновано одночасно вимірювати температуру моторного палива у відповідних точках потоку. Отриманий результат оброблено алгоритмічними процедурами в ЕОМ та отримано уточнене значення витрати біопалива. Для цього отримано математичну модель розподілу температурного поля уздовж трубки. При русі палива та ламінарній течії моторного палива у трубці ТАВ отримано нову формулу визначення температури палива уздовж осі трубки ТАВ:

$$T(x) = T_H - \left[ \frac{\pi x \cdot \alpha_{МП}}{W_{МП}} - \frac{7}{48} \right] \cdot \frac{4P_{дж}}{\pi d_{тр} \cdot \lambda_{МП}}, \quad (1)$$

де  $\alpha_{МП}$  – коефіцієнт конвективної тепловіддачі моторного палива;  $T_H$  – температура на поверхні нагрівача,  $T_{МП0}$  – початкова температура моторного палива (біопалива);  $P_{дж}$  – потужність нагрівача;  $\mu_{МП}$  – коефіцієнт динамічної в'язкості біопалива;  $C_{МП}$  – теплоємність біопалива;  $\lambda_{МП}$  – в'язкість біопалива;  $d_{тр}$  – діаметр трубки ТАВ;  $W_{МП}$  – об'ємна витрата біопалива;  $K_1 = K_2 = 0,5$ ;  $\ell_H$  – довжина дроту.

Вимірюючи за допомогою термоперетворювачів температуру поверхні нагрівача та температуру біопалива на відстані  $x$  від нагрівача визначено об'ємну витрату біопалива

$$W = \frac{\pi x \alpha_{МП}}{\frac{\pi d_{тр} \cdot \lambda_{МП} \cdot (T_H - T(x))}{4P_{дж}} + \frac{7}{48}}. \quad (2)$$

При турбулентній течії біопалива отримано остаточний вираз для розрахунку температури нагрівача:

$$T(x) = T_H - T_{om} \cdot \exp \left\{ -0,11 \cdot \left( \frac{\pi}{4} \right)^{0,2} \frac{x \cdot (v_{МП})^{0,2}}{(d_{mp})^{0,8} \cdot (W_{МП})^{0,2}} \right\} + T_{om}. \quad (3)$$

Вимірюючи за допомогою термоперетворювачів температуру поверхні нагрівача, температуру оточуючого середовища та температуру біопалива на відстані  $x$  від нагрівача, визначено об'ємну витрату біопалива:

$$W_{МП} = \left( \frac{K_8 \cdot K_9 \cdot x}{\ln[T(x) - T_{om}] - \ln[T_H - T_{om}]} \right)^5, \quad (4)$$

де  $K_8 = -0,11 \cdot \left( \frac{\pi}{4} \right)^{0,2}$ ,  $K_9 = \frac{(v_{МП})^{0,2}}{(d_{mp})^{0,8}}$ .

Для підвищення точності вимірювань при ламінарному та при турбулентному режимах запропоновано виміри  $T(x)$  проводити у декількох точках потоку біопалива та використовувати процедуру лінійної апроксимації. Моделювання на ЕОМ виконано для постійної об'ємної витрати 5 л/год. для видів моторного палива: бензин, дизельне пальне і біопаливо, а також різних відстаней від нагрівача ТАВ. Отримано графіки на рисунку 2.

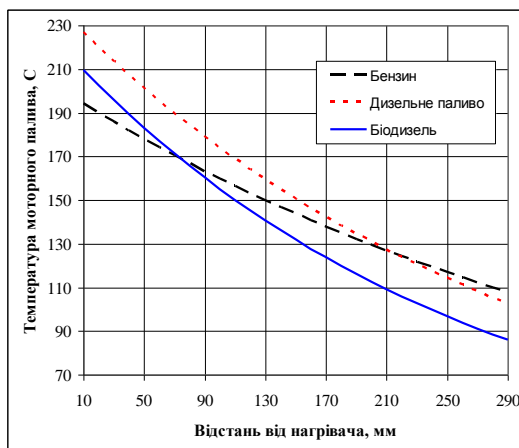


Рис. 2. Залежності температури палива  $T_n$  від відстані до нагрівача  $l_n$  (діаметр трубки 15 мм; діаметр нагрівача 3 мм)

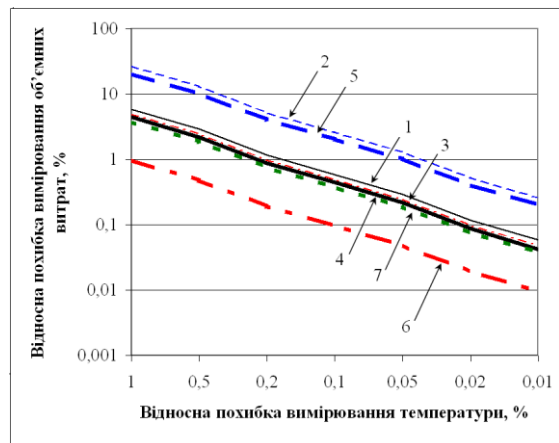


Рис. 3. Моделювання на ЕОМ похибок ТАВ для біопалива

Для підвищення швидкодії ТАВ пропонується включити до складу ЕОМ спеціалізований нейропроцесор для компенсації випадкових і динамічних похибок вимірювань на основі теорії штучних нейронних мереж. Це забезпечить точність вимірювання витрати палива 1,0...3 % при точності вимірювання температури нагрівача 1%, що значно більше, ніж у відомих витратомірів.