ПРО МОЖЛИВОСТІ МОНОТОННОЇ ПОЛІНОМІАЛЬНОЇ АПРОКСИМАЦІЇ ЗАЛЕЖНОСТЕЙ ВТРАТ НАПОРУ В ТРУБОПРОВОДІ

[1]Курносенко Д.В., [1]Савчук В.П., [2]Тулученко Г.Я., [3]Білоусова Т.П.
[1]Херсонська державна морська академія, Україна,
[2]НТУ «Харківський політехнічний інститут», Україна,
[3]Херсонський державний аграрно-економічний університет, Україна

Втрати напору на ділянках або елементах трубопроводу описуються залежністю:

$$h(Q) \approx K \cdot Q^m, \tag{1}$$

де K – коефіцієнт локального гідравлічного опору трубопроводу; m – показник степеня, який залежить від характеру течії; Q – витрата рідини на досліджуваній ділянці.

Експериментальні дослідження втрат напору на масляних фільтрах високообертового дизельного двигуна Д-246.4 показали, що використання сталого значення коефіцієнта локального гідравлічного опору фільтрів недостатньо для апроксимації отриманих залежностей з задовільною точністю. Експериментальні залежності отримано для масляних фільтрів марок ФМ 009-1012005, WL7133, SM 108 та М-019.

Будемо вважати, що поліном третього степеня задовільно описує зміну значень коефіцієнта локального опору K на досліджуваній ділянці:

$$h(Q) \approx K(Q) \cdot Q^m, \tag{2}$$

де $K(Q) = \sum_{n=0}^{3} k_n Q^n$ – апроксимуючий поліном; $k_n,\ (n = 0..3)$ – шукані коефіцієнти полінома.

Апроксимація експериментальних даних залежністю (2) виявляє традиційні недоліки поліноміальної апроксимації – нефізичні осциляції та порушення монотонного зростання втрат напору з ростом витрат. Таким чином, задача мінімізації середньої квадратичної похибки наближення експериментальних залежностей аналітичною залежністю (2) повинна бути доповнена умовами збереження монотонності функції (2) на всьому проміжку спостереження.

Похідна функції (2) може бути представлена у вигляді:

$$\frac{d}{dQ} h(Q) \approx Q^{m-1} \cdot G(Q), \tag{3}$$

де

$$G(Q) = \sum_{n=0}^{3} (m+n) k_n Q^n. \tag{4}$$

За теоремою Штурма [1] для полінома (4) може бути побудована система спеціальних поліномів:

$$G_0(Q)=\sum_{n=0}^{3}(m+n)k_nQ^n; \tag{5}$$

$$G_1(Q)=\frac{d}{dQ}G_0(Q)=\sum_{n=1}^{3}(m+n)nk_nQ^{n-1};$$

$$G_2(Q)=\frac{2}{9}\left(\frac{(m+2)^2}{m+3}\cdot\frac{k_2^2}{k_3}-3\cdot(m+1)\cdot k_1\right)\cdot Q+\frac{1}{9}\cdot\frac{(m+1)(m+2)}{m+3}\cdot\frac{k_1\cdot k_2}{k_3}-mk_0;$$

$$G_3(Q)=-\frac{9}{4}\cdot(m+3)\cdot k_3\cdot\frac{a_1}{a_2^2};$$

$$\begin{gathered}a_1=4\cdot(m+1)^3\cdot(m+3)\cdot k_1^3\cdot k_3-(m+1)^2\cdot(m+2)^2\cdot k_1^2\cdot k_2^2-\\ -18\cdot m(m+1)(m+2)(m+3)\cdot k_0\cdot k_1\cdot k_2\cdot k_3+\\ +mk_0\cdot\left(27m\cdot(m+3)^2k_0\cdot k_3^2+4\cdot(m+2)^3\cdot k_2^3\right);\\ a_2=3\cdot(m+1)\cdot(m+3)\cdot k_1\cdot k_3-(m+2)^2\cdot k_2^2.\end{gathered}$$

Для збереження монотонності функції (2) на проміжку $[0;\ +\infty)$ її похідна на цьому проміжку повинна набувати невід'ємних значень, тобто поліном (4) на проміжку $[0;\ +\infty)$ не повинен мати коренів.

Відповідно до змісту теореми Штурма були розглянуті всі можливі випадки зміни знаків спеціальних поліномів (5).

Найкращі результати апроксимації отримані при апроксимації експериментальних залежностей функцією:

$$h(Q)\approx\left(k_0+k_1Q+k_3Q^2\right)\cdot Q^m, \tag{6}$$

з умовами:

$$\begin{cases}m\ge 0; k_0>0;\ k_3>0;\\ \dfrac{1}{9}\cdot\dfrac{(m+1)(m+2)}{m+3}\cdot\dfrac{k_1\cdot k_2}{k_3}-mk_0<0;\\ \dfrac{(m+2)^2}{m+3}\cdot\dfrac{k_2^2}{k_3}-3\cdot(m+1)\cdot k_1\ge 0;\\ a_1>0.\end{cases} \tag{7}$$

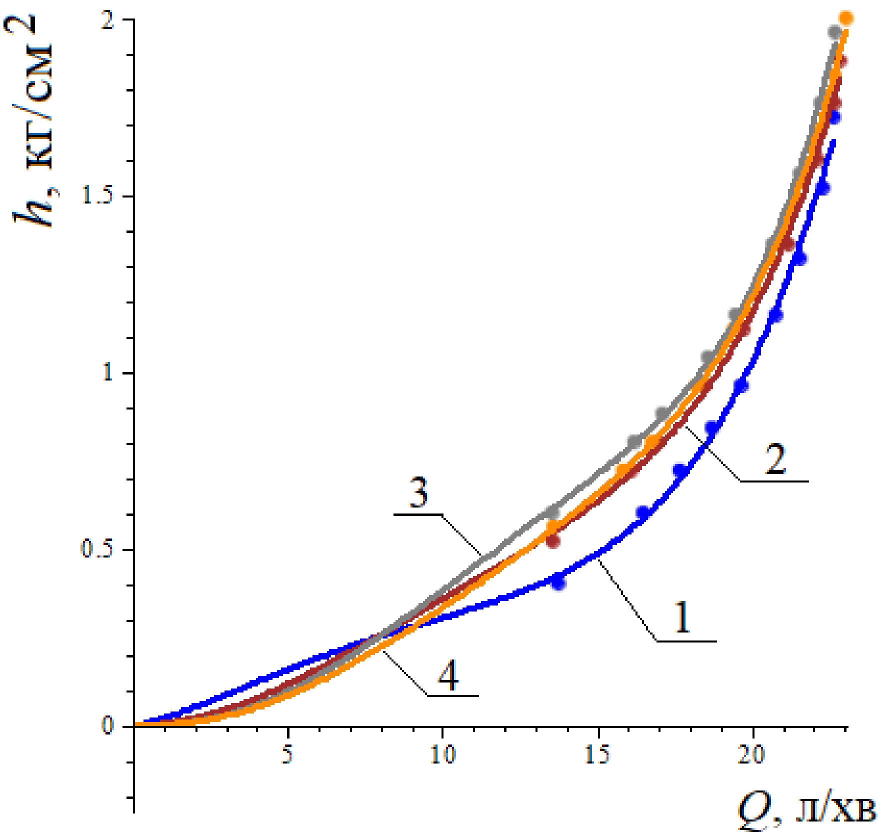

Рисунок 1 – Апроксимація функціями виду (6) з умовами (7) експериментальних залежностей втрати напору на фільтрах: 1 – SM 108, 2 – ФМ 009-1012005, 3 – WL7133, 4 – М-019

Отримані залежності характеризують експлуатаційні властивості досліджених фільтрів та є (в певному розумінні) інваріантними до умов експлуатації. Вони використовуються при моделюванні системи мащення високообертового дизельного двигуна Д-246.4. Розроблена методика поліноміальної апроксимації може застосовуватися для наближення інших монотонно зростаючих експериментальних залежностей. Перспективи подальших досліджень пов'язані з вивченням можливостей наближення даних залежностей кривими Рамсея та їх узагальненнями.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Прасолов В.В. Многочлены. М.: МЦНМО, 2001. 336 с.