

---

## СИНТЕЗ УЗАГАЛЬНЕНОЇ НЕЙРОННОЇ МЕРЕЖІ ДЛЯ КОНТРОЛЮ І ДІАГНОСТИКИ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ АВІАЦІЙНОГО ДВИГУНА ТВ3-117

*Владов С.І., Телешун В.Я., Яковенко І.П.*

Кременчуцький льотний коледж  
Харківського національного університету внутрішніх справ

*ser26101968@gmail.com*

**Вступ.** Відомо, що на етапі експлуатації авіаційного двигуна ТВ3-117 у польотних режимах контролюються технологічні його параметри в різних режимах, прямо або опосередковано. Оскільки процеси, що протікають в авіаційному двигуні ТВ3-117, носять нестационарний характер, його параметри залежать від зовнішніх умов, причому вид такої залежності часто не визначений, склад вимірних параметрів може відрізнятися в окремому випадку, може бути неповним тощо, то задачу контролю і діагностики технічного стану авіаційного двигуна ТВ3-117 можна віднести до задач в умовах неповної і нечіткої інформації. Подібні задачі в даний час успішно розв'язуються за допомогою інтелектуальних нейромережових систем і моделей [1].

**Матеріали і методи.** Виходячи з того, що параметри технічного стану авіаційного двигуна ТВ3-117 наступні: тиск повітря на вході в двигун ( $x_1$ ), температура повітря на вході в двигун ( $x_2$ ), частота обертання вентилятора ( $x_3$ ), тиск повітря за компресором ( $x_4$ ), частота обертання компресора ( $x_5$ ), температура газу за турбіною ( $x_6$ ), тиск газу за турбіною ( $x_7$ ), рівень масла в масляній системі ( $x_8$ ), наявність стружки в маслі ( $x_9$ ), займання палива в камері згоряння ( $x_{10}$ ), температура палива на вході в двигун ( $x_{11}$ ), тиск палива на вході в двигун ( $x_{12}$ ), температура масла на вході в двигун ( $x_{13}$ ), тиск масла на вході в двигун ( $x_{14}$ ), діаметр критичного перерізу вихідного пристрою ( $x_{15}$ ), вібрація корпусу двигуна ( $x_{16}$ ), помпаж двигуна ( $x_{17}$ ), вважається, що дані параметри утворюють багат шарову нейронну мережу з  $n = 17$  входами й одним виходом. Кожен  $i$ -й нейрон першого шару ( $i = 1, 2, \dots, m = 17$ ) має  $n = 17$  входів, які прописані вагами  $w_{1i}, w_{2i}, \dots, w_{ni}$  [1, 2].

Подаючи на входи будь-які числа  $x_1, x_2, \dots, x_{17}$ , отримаємо на виході значення деякої функції  $Y = F(x_1, x_2, \dots, x_{17})$ , яке є відповіддю (реакцією) мережі. Відомо, що відповідь мережі залежить як від вхідного сигналу, так і від значень її внутрішніх параметрів – ваг нейронів, тобто:

$$F(x_1, x_2, \dots, x_{17}) = \sum_{i=1}^{m=17} v_i \sigma \left( \sum_{j=0}^{n=17} x_j w_{ji} \right); \quad (1)$$

де  $F(x_1, x_2, \dots, x_{17})$  – будь-яка безперервна функція, певна на обмеженій множині;  $\sigma(s) = \frac{1}{1 + e^{-\alpha s}}$  – сигмоїдальна функція.

Застосувавши теорему Колмогорова  $F(x_1, x_2, \dots, x_n) = \sum_{i=1}^{2n+1} g_i \left( \sum_{j=1}^n h_{ij}(x_j) \right)$ , де  $g_i$

і  $h_{ij}$  – безперервні функції, причому  $h_{ij}$  не залежить від функції  $F$ , для  $m = 1 \dots 17$  змінних, з'ясовано, що для реалізації функції  $m = 1 \dots 17$  змінних досить операцій підсумовування і композиції функції однієї змінної.

**Результати.** Синтез нейромережевої системи проводився за допомогою пакета прикладних програм Neural Network Toolbox системи MATLAB, в якій реалізовано три нейрорегулятора: регулятор прогнозу NN Predictive Controller; регулятор на основі моделі авторегресії з ковзним середнім NARMA-L2 Controller; регулятор на основі еталонної моделі Model Reference Controller.

На рис. 1 наведена структурна схема пропонованої нейромережевої системи контролю і діагностики технічного стану авіаційного двигуна ТВ3-117, розроблена в Simulink. Ця структура включає блок керованого об'єкта (Subsystem) і блок регулятора NN Predictive Controller, а також блоки генерації еталонного ступеневого сигналу з випадковою амплітудою Random Reference, блок побудови графіків.

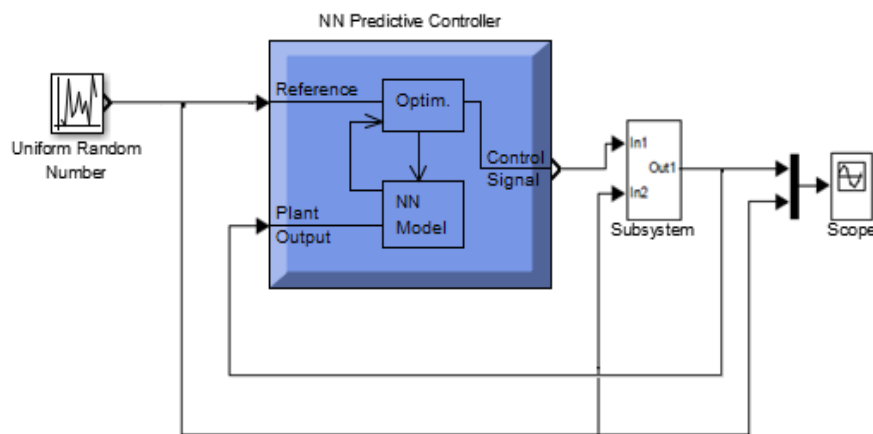


Рис. 1 – Схема системи управління на базі нейрорегулятора NN Predictive Controller [3]  
 При ідентифікації двигуна найбільш важливим питанням є вибір кількості нейронів прихованого шару  $S$ . За малої кількості нейронів мережа не може виконувати поставлену задачу, а за великої – спостерігається явище перенавчання і зростає обсяг обчислень.

**Висновки.** Отже, використання нейромережевої моделі авіаційного двигуна ТВ3-117, що забезпечує високу якість ідентифікації і оптимальних значень параметрів дозволило синтезувати нейрорегулятор [3], що забезпечують високі динамічні характеристики системи .

**Література:**

1. Метод підвищення робастності нейромережевої моделі контролю і діагностики технічного стану авіаційного двигуна ТВ3-117 в польотних режимах / С. І. Владов, Ю. М. Шмельов, С. А. Грибанова, О. В. Гусарова, Н. В. Подгорних. *Вісник Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського*. 2020. Вип. 1/2020 (120). С. 113–119.

2. Диагностика состояния двигателя вертолета Ми-8МТВ с применением нейронных сетей / Ю. Н. Шмелев, С. И. Владов, С. Н. Бойко, Я. Р. Климова, С. Я. Вишнеvский. *Вісник Хмельницького національного університету : науковий журнал*. 2018. № 3.2018. С. 165–170.

3. Синтез нейрорегулятора NN Predictive Controller для управління трьохмасовою електромеханічною системою / Т. Ю. Василець, О. О. Варфоломієв, Р. В. Тютюн, Ю. О. Алфьоров, А. О. Власов. *Системи обробки інформації*. 2017. Випуск 3 (149). С. 88–95.

---