

---

**ВИКОРИСТАННЯ НЕЙРОМЕРЕЖЕВИХ ТЕХНОЛОГІЙ  
ДЛЯ КОНТРОЛЮ І ДІАГНОСТИКИ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ  
АВІАЦІЙНОГО ДВИГУНА ТВЗ-117**

*Владов С.І., Васильєв Д.О., Бражник О.О.*

Кременчуцький льотний коледж  
Харківського національного університету внутрішніх справ

*ser26101968@gmail.com*

**Вступ.** Відомо, що основою управління експлуатацією авіаційного двигуна ТВЗ-117 є підпорядкування цілей функціонування його бортових інформаційних технологій контролю, діагностики та управління експлуатацією цілям функціонування авіаційного двигуна, що визначає правила і порядок обробки комплексної інформації відповідно до умов його експлуатації. У даний час підвищення експлуатаційного навантаження на двигун призводить до скорочення часу на його обслуговування, тобто на контроль і діагностику технічного стану, що вимагає використання оперативних і ефективних методів, що базуються на комплексній автоматизації та інтелектуалізації цих процесів. Таким чином,

ефективність контролю і діагностики технічного стану авіаційного двигуна ТВЗ-117 істотно залежить від імовірності правильного розпізнавання його технічного стану,

**Матеріали і методи.** На даний час у низці робіт, пов'язаних з моніторингом технічного стану авіаційних двигунів [1, 2], починає використовуватися підхід, що ґрунтується на використанні нейромережових моделей двигунів. Загальна ідея даного підходу полягає у представленні моделі авіаційного двигуна, у тому числі і ТВЗ-117, у вигляді «сірого» ящика за допомогою нейронної мережі, що має відому структуру зі значним числом параметрів і коефіцієнтів – ваг синаптичних зв'язків. За необхідності, структура нейронної мережі може змінюватися, що дозволяє вести мову про можливість її самонавчання зі зміною структури і параметрів синаптичних зв'язків. На рис. 1 приведена узагальнена структурна схема процедури навчання нейромережової моделі авіаційного двигуна ТВЗ-117.

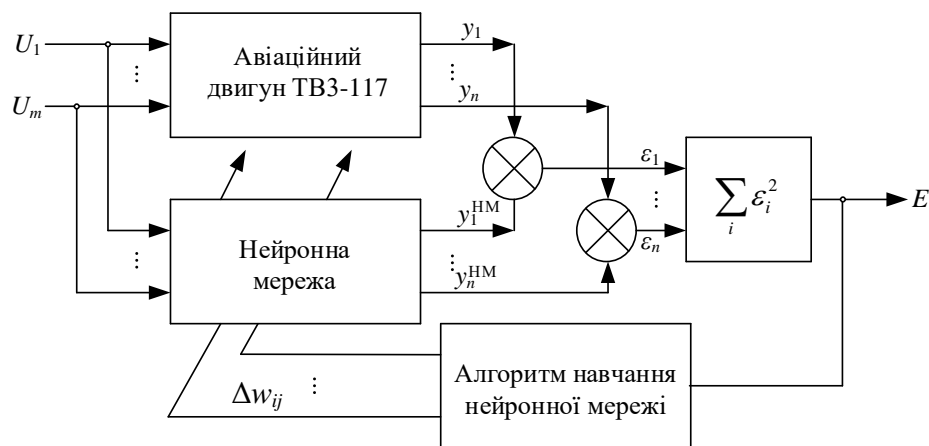


Рисунок 1 – Схема навчання нейромережової моделі авіаційного двигуна ТВЗ-117:  $\mathbf{U} = (u_1, u_2, \dots, u_m)^T$  – вектор вхідних (керуючих) впливів;  $\mathbf{Y} = (y_1, y_2, \dots, y_n)^T$  – вектор вихідних параметрів двигуна;  $\mathbf{Y}^{HM} = (y_1^{HM}, y_2^{HM}, \dots, y_n^{HM})^T$  – вектор виходів нейронної мережі;  $\Delta W_{ij}$  – приріст ваг синаптичних зв'язків нейронної мережі

**Результати.** Перетворення вектору управляючих впливів на вектор вихідних параметрів описується оператором  $\mathbf{F}$  (який в загальному випадку може описувати статичну або динамічну модель):

$$\mathbf{Y} = \mathbf{F}(\mathbf{U}). \quad (1)$$

Задача ідентифікації авіаційного двигуна ТВЗ-117 за допомогою нейронної мережі може бути сформульована наступним чином. За підсумками пропонованих нейронної мережі в процесі навчання множини векторів  $(\mathbf{U}_i; \mathbf{Y}_i)$ , що утворюють «навчальну вибірку» і отриманих експериментальним шляхом для індивідуального

екземпляра двигуна, необхідно відшукати оператор  $\mathbf{F}^{\text{HM}}$  в класі нейромережових архітектур, який найкращим чином представляв би (апроксимував) оператор  $\mathbf{F}$ .

Апроксимація оператора  $\mathbf{F}$  оператором  $\mathbf{F}^{\text{HM}}$  може вважатися найкращою, якщо деякий функціонал від різниці  $(\mathbf{Y} - \mathbf{Y}^{\text{HM}})$  не перевищує заданої досить малої величини  $\varepsilon_{\text{доп}}$ , що визначає точність апроксимації оператора  $F$ :

$$E = \|\mathbf{Y} - \mathbf{Y}^{\text{HM}}\| = \sum_i^n \varepsilon_i^2 \leq \varepsilon_{\text{доп}}; \quad (2)$$

Виконання умови (2) забезпечується шляхом навчання нейронної мережі, тобто настройки її параметрів на навчальній вибірці  $\{(\mathbf{U}, \mathbf{Y})\}$  і перевіряється на спеціальним чином організованій «тестовій вибірці».

Безпосередня побудова нейронної мережі передбачає виконання такої послідовності дій [4]:

**Крок 1.** Визначення цілей і завдань забезпечення відмовостійкості системи автоматичного управління авіаційним двигуном ТВЗ-117.

**Крок 2.** Вибір структури і місця включення нейронної мережі.

**Крок 3.** Вибір алгоритму навчання нейронної мережі.

**Крок 4.** Формування на основі експериментів (на цифровій моделі з використанням результатів польотних даних) навчальної вибірки.

**Крок 5.** Навчання нейронної мережі.

**Крок 6.** Контрастування нейронної мережі (тобто її редукція, спрощення).

**Крок 7.** Моделювання і налагодження (тестування) алгоритмів управління та контролю системи автоматичного управління з нейронною мережею.

**Крок 8.** Програмна або апаратна реалізація нейронної мережі.

**Висновки.** Отже, розв'язок задачі розробки сучасних інформаційних систем контролю і діагностики технічного стану авіаційного двигуна ТВЗ-117 із застосуванням методів штучного інтелекту, в тому числі, й нейромережових технологій, є актуальною та своєчасною.

#### Література:

1. Жернаков С. В. Применение технологии нейронных сетей для диагностики технического состояния авиационных двигателей. *Интеллектуальные системы в производстве*. 2006. № 2. С. 70–83.

2. Васильев В. И., Жернаков С. В., Муслухов И. И. Бортовые алгоритмы контроля параметров ГТД на основе технологии нейронных сетей. *Вестник УГАТУ*. 2009. Т. 12. № 1 (30). С. 61–74.

3. Васильев В. И., Валеев С. С. Оценка сложности нейросетевых моделей на основе энтропийного подхода. *Нейрокомпьютеры, разработка, применение*. 2004. № 9. С.10–16.