

УДК 697+519

**Басок Б.І.** чл.-кор. НАН України, д-р. техн. наук,  
**Новіцька М.П.** канд. техн. наук.  
Інститут технічної теплофізики НАН України, Україна

## МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ У ВІДНОВЛЮВАЛЬНІЙ ЕНЕРГЕТИЦІ НА ОСНОВІ НЕЙРОННОЇ МЕРЕЖІ

Штучні нейронні мережі (ШНМ) - це інструмент моделювання та прогнозування, широко прийнятий як альтернативний спосіб вирішення складних та невизначених задач. Техніка моделювання з використанням штучної нейронної мережі пропонує рішення для розробки більш узагальненої моделі для прогнозування даних з використанням кліматичних та метеорологічних параметрів.

В науковій літературі можна зустріти статті, які використовують штучні нейронні мережі як інструмент для прогнозування в багатьох галузях науки в тому числі у відновлювальній енергетиці, наприклад, для прогнозування сонячного випромінювання [1, 2], вітру [3] та інш. Огляд робіт використання штучних нейронних мереж у відновлювальній енергетиці наведено в [4]. З наведених вище робіт слідує, що ШНМ можуть бути застосовані в широкому спектрі галузей для моделювання та прогнозування в енергетичних інженерних системах.

ШНМ представляють собою метод прогнозування, що працює як «чорна скринька» та не вимагає детальної інформації про систему. Це обчислювальні системи, натхнені біологічними нейронними мережами, що складають мозок тварин. Такі системи навчаються в процесі аналізу даних (поступально покращують свою продуктивність на них), розглядаючи приклади, загалом без спеціального програмування під задачу.

Моделювання реальних об'єктів навколишнього світу, як правило, супроводжується значними труднощами, які виникають ще на етапі постановки задачі [6]. Методологія, що застосовується, складається з чотирьох основних кроків: моніторинг, моделювання, валідація та оцінка.

В якості прикладу, можна навести використання техніки штучної нейронної мережі для прогнозування теплового потенціалу природного ґрунту для потреб опалення та охолодження будинків із застосуванням простої нейронної мережі.

Моніторинг було проведено на повномасштабному експериментальному стенді для дослідження теплофізичних процесів Інституту технічної теплофізики НАН України [5]. Одним із частин якого є вентиляція за допомогою повітряно-ґрунтового теплообмінника.

Моделювання, валідація та тестування експериментальних даних виконувались за допомогою програмного пакету MATLAB. А саме Neural Network Toolbox, що містить інструменти MATLAB для проектування, впровадження, візуалізації та імітації нейронних мереж. У цій роботі в рамках MATLAB (R2016a) використовувалась в розрахунках модель Левенберга-Маркватта. В моделі був присутній один прихований шар та 10 нейронів. Масив даних, що аналізувався розбивався у пропорції 70%, 15%, 15% для навчання нейронної мережі, її валідації та тестування відповідно.

Порівняння фактичних та прогнозованих ШНМ результатів для температури на виході із повітряно-ґрунтового теплообмінника показано на рис. 1. Прогнозування за допомогою ШНМ відбувається із прийнятною точністю. Коефіцієнти кореляції, варіюються від 0,881 до 0,889.

Ці результати доводять, що штучні нейронні мережі можна використовувати для цього типу прогнозування.

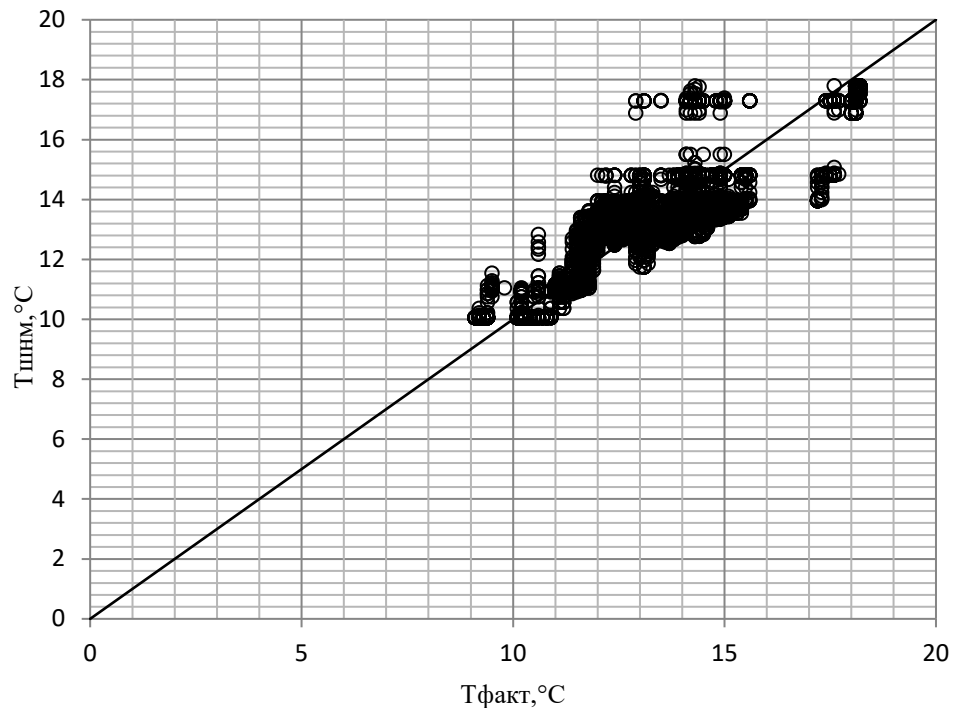


Рисунок 1 – Порівняння фактичних та прогнозованих ШНМ температур на виході із повітряно-грунтового теплообмінника.

### Висновки

- Штучні нейронні мережі можна використовувати для прогнозування в задачах відновлювальної енергетики.
- Для налаштування таких системи ШНМ потрібні дані, що представляють опис реальної системи.
- Навчання та тестування розглянутого прикладу є достатньо задовільними, щоб передбачити температуру із врахуванням впливу погодних умов.
- Штучні нейронні мережі, як і всі інші методи наближення, мають відносні переваги та недоліки.

### Список використаних джерел

1. W. I. Hameed, B. A. Sawadi, S. J. Al-Kamil, M. S. Al-Radhi, Y. I. A. Al-Yasir, A. L. Saleh, and R. A. Abd-Alhameed, "Prediction of Solar Irradiance Based on Artificial Neural Networks," *Inventions*, vol. 4, no. 3, p. 45, Aug. 2019. <https://doi.org/10.3390/inventions4030045>.
2. F. Rodríguez, A. Fleetwood, A. Galarza, L. Fontán, "Predicting solar energy generation through artificial neural networks using weather forecasts for microgrid control", *Renewable Energy*, vol. 126, p. 855-864, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2018.03.070>.
3. Ümmühan Başaran Filik, Tansu Filik, "Wind Speed Prediction Using Artificial Neural Networks Based on Multiple Local Measurements in Eskisehir", *Energy Procedia*, vol. 107, p. 264-269, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2016.12.147>.
4. Soteris A. Kalogirou, "Artificial neural networks in renewable energy systems applications: a review", *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 5, Issue 4, p. 373-401, 2001. [https://doi.org/10.1016/S1364-0321\(01\)00006-5](https://doi.org/10.1016/S1364-0321(01)00006-5).
5. В. Basok, М. Novitska, S. Goncharuk, М. Moroz and А. Tymoshchenko, "Experimental Passive House of the Institute of Engineering Thermophysics NAS of Ukraine," 2019 IEEE 6th International Conference on Energy Smart Systems (ESS), Kyiv, Ukraine, 2019, pp. 108-111. <https://doi.org/10.1109/ESS.2019.8764182>.
6. М.А. Новотарський, Б.Б. Нестеренко. Штучні нейронні мережі: обчислення // Праці Інституту математики НАН України. – Т50. – Київ: Ін-т математики НАН України, 2004. – 408 с.