

which causes it to turn on. Upon receiving information from the traced signal point, the information switch, controlled according to the corresponding coding law performed by the microcontroller, bypasses the resonant circuit $L_p C_p$ with resistor R_b . With a sufficiently strong inductive coupling between locomotive antenna and track antenna, this causes informationally identical changes in the current flowing through the resistor R_i in the feed receiver, which are transmitted to the input of the information decoder receiver.

The inductive coupling between the locomotive and track antennas ensures the transmission of an electromagnetic signal in two directions, according to which the device implements the following functions: energy transfer for power supply microcontroller and transmission of information from the track transponder to the locomotive. This establishes a certain independence of the functioning of the point communication channel with the locomotive from the principles of implementing the circuits of the track signaling, centralization and blocking devices, since the power supply of microcontroller is carried out from the locomotive equipment.

Thus, the use of such radio blocking on stages will make it possible to almost completely eliminate the laying of expensive cables for signaling, centralization and blocking as well as communications (notification wires, direction change circuits, linear, etc.), installation of traffic lights and track circuit equipment. This will save significant amounts of money on investments in railway transport infrastructure.

1. Kostrzewski M., Melnik R. Condition monitoring of rail transport systems: a bibliometric performance analysis and systematic literature review. *Sensors*. 2021. Vol. 21, No. 14. 4710. DOI: 10.3390/s21144710.

2. Nerubatskyi V. P., Plakhtii O. A., Hordiienko D. A., Syniavskiy A. V., Philipjeva M. V. Use of modern technologies in the problems of automation of data collection in intellectual power supply systems. *Modern engineering and innovative technologies*. 2022. Issue 19. Part 1. P. 38–51. DOI: 10.30890/2567-5273.2022-19-01-058.

3. Kliuiev S., Medvediev I., Mikhailov E., Semenov S., Dubuk V. Geo-information technologies in the rail transport intellectualization. 2021 *IEEE 16th International Conference on Computer Sciences and Information Technologies (CSIT)*. 2021. P. 198–201. DOI: 10.1109/CSIT52700.2021.9648644.

УДК 620.18

*Нерубацький В. П., к.т.н., доцент,
Геворкян Е. С., д.т.н., професор
(УкрДУЗТ)*

ДОСЛІДЖЕННЯ ВИКОРИСТАННЯ СУЧАСНИХ ТЕНДЕНЦІЙ ПРИ СТВОРЕННІ ВИСОКОЕФЕКТИВНИХ КОМПОЗИЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ НА ОСНОВІ НАНОПОРОШКІВ ДІОКСИДУ ЦИРКОНІЮ ТА МОНОКАРБІДУ ВОЛЬФРАМУ

Новітній етап розвитку науки, техніки та технологій знаменується значними досягненнями у галузі створення композиційних матеріалів. У сучасних розробках високих технологій змішування компонентів на молекулярному рівні та створення композиційних матеріалів з дисперсними, нанорозмірними та волокнистими включеннями є основною тенденцією керамічного матеріалознавства [1, 2].

Застосування сучасних способів консолідації керамічних матеріалів та поєднання методів синтезу органічної та неорганічної хімії, золь-гель методу та механохімії, що дозволяють контролювати процеси синтезу заданих фаз на молекулярному рівні, дає можливість створювати високоефективні композиційні матеріали [3, 4].

У роботі представлено результати створення консолідованих наноматеріалів та композиційної кераміки з використанням сучасних способів консолідації керамічних матеріалів для синтезу прекурсорів порошків та заданих фаз, що самоармують керамічні матриці. Під час проведення дослідження використовувалися методи механосинтезу та електроконсолідації [5, 6]. Встановлено, що механохімічний синтез наночастинок β -SiC в нанореакторах зі створеного орґано-неорґанічного комплексу $(-\text{CH}_3)(\text{SiO}_2)_n$ при модифікуванні порошків тугоплавких наповнювачів і вуглецевих зв'язок алкоксидом кремнію та гелями на його основі дають змогу створювати композиційні матеріали на основі SiC, WC, ZrO_2 з міцністю при згині не менше 650 МПа і тріщиностійкістю $6,5 \dots 7,9 \text{ МПа} \cdot \text{м}^{0,5}$, а також високостійкі до окислення і шлакостійкі периклазовуглецеві матеріали.

Методом гарячого пресування (температура 1200...1400 °С, швидкість підйому температури 400 °С/хв) було отримано наноматеріал ZrO_2 -WC із суміші нанопорошків WC та ZrO_2 , які були синтезовані за рахунок розкладання цирконієвих солей [7]. Встановлено, що додавання нанопорошків монокарбіду вольфраму до частково стабілізованого діоксиду цирконію призводить до підвищення мікротвердості та міцності, що, очевидно, пояснюється підвищенням міцності на міжфазних межах та дрібнозернистою структурою отриманих зразків.

Зразки з розробленого матеріалу мали тріщиностійкість $10 \dots 15 \text{ МПа} \cdot \text{м}^{0,5}$, твердість

22...24 ГПа, теплопровідність 30...35 Вт/м. З проведених досліджень випливає, що добавки алкоксиду кремнію та нанопорошків монокарбиду вольфраму до тугоплавких оксидів і карбідів призводять до підвищення механічних властивостей, що, очевидно, пояснюється підвищенням міцності на міжфазних межах та дрібнозернистою структурою отриманих зразків. Ймовірно, що їхній спільний вплив може призвести до ще більшого збільшення механічних характеристик композиційних матеріалів.

Список використаних джерел

1. Bernardo E., Fiocco L., Parcianello G., Storti E., Colombo P. Advanced ceramics from preceramic polymers modified at the nano-scale: A review. *Materials*. 2014. Vol. 7, Iss. 3. P. 1927–1956. DOI: 10.3390/ma7031927.
2. Parveez B., Kittur M. I., Badruddin I. A., Kamangar S., Hussien M., Umarfarooq M. A. Scientific advancements in composite materials for aircraft applications: A review. *Polymers*. 2022. Vol. 14. 5007. DOI: 10.3390/polym14225007.
3. Barbaros I., Yang Y., Safaei B., Yang Z., Qin Z., Asmael M. State-of-the-art review of fabrication, application, and mechanical properties of functionally graded porous nanocomposite materials. *Nanotechnology Reviews*. 2022. Vol. 11. P. 321–371. DOI: 10.1515/ntrev-2022-0017.
4. Kołodzyńska D., Budnyak T. M., Hubicki Z., Tertykh V. A. Sol–gel derived organic–inorganic hybrid ceramic materials for heavy metal removal. *Sol-Gel Based Nanoceramic Materials: Preparation, Properties and Applications*. 2016. P. 253–274. DOI: 10.1007/978-3-319-49512-5_9.
5. Hevorkian E. S., Nerubatskyi V. P., Rucki M., Kilikevicius A., Mamalis A. G., Samociuk W., Morozow D. Electroconsolidation method for fabrication of fine-dispersed high-density ceramics. *Nanotechnology Perceptions*. 2024. Vol. 20, No. 1. P. 100–113. DOI: 10.56801/nano-ntp.v20i1.363.
6. Nerubatskyi V. P., Vovk R. V., Gevorkyan E. S., Hordiienko D. A., Nazyrov Z. F., Komarova H. L. Investigation of phase and structural states in nanocrystalline powders based on zirconium dioxide. *Low Temperature Physics*. 2023. Vol. 49, No. 11. P. 1277–1282. DOI: 10.1063/10.0021374.
7. Nerubatskyi V. P., Gevorkyan E. S., Vovk R. V., Krzysiak Z., Nazyrov Z. F., Morozova O. M., Hordiienko D. A. Peculiarities of obtaining nanocomposites with organic additives and consolidated nanomaterials with given properties. *Low Temperature Physics*. 2023. Vol. 49, No. 11. P. 1283–1288. DOI: 10.1063/10.0021375.

УДК 656.2.022

канд. техн. наук *Л.О. Пархоменко*¹, канд. техн. наук *В.М. Прохоров*¹,
канд. техн. наук *Т.Ю. Калашикова*¹
¹Український державний університет залізничного транспорту (м. Харків)

НЕЧІТКА ЛОГІКА ДРУГОГО ТИПУ ЯК ІНСТРУМЕНТ УПРАВЛІННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНОЮ РОБОТОЮ В УМОВАХ НЕВИЗНАЧЕНОСТЕЙ І РИЗИКІВ

Нечітка логіка другого типу є ефективним інструментом для вирішення завдань управління експлуатаційною роботою залізничного транспорту в умовах невизначеності. Вона надає більш гнучкий та адаптивний підхід порівняно з традиційними методами, оскільки дозволяє моделювати невизначеність не лише щодо значень змінних, але й щодо самих нечітких множин, які ці змінні описують. Це особливо актуально для задач, де ступінь невизначеності є високою або дані мінливі, що часто зустрічається у процесах планування ресурсів, таких як управління вагонопотоками, технологічне нормування, прогнозування показників чи управління обмеженими ресурсами.

У нечіткій логіці першого типу кожне правило використовує нечіткі множини, які задаються функціями приналежності, наприклад, "низький", "середній", "високий". Ці множини мають чітко визначені межі. Однак нечітка логіка другого типу додає ще один рівень невизначеності: самі функції належності можуть бути нечіткими, тобто їх межі не є зафіксованими, що дозволяє враховувати додаткову невизначеність щодо можливих змін значень [1]. Це особливо корисно, коли неможливо отримати точні прогнози, а припущення містять значну похибку.

Наприклад, у задачі управління подачею вагонів для клієнта ми можемо бути не впевнені не лише у точному попиту, але й у самих прогнозах цього попиту. Якщо очікується, що попит буде "високим", але межі поняття "високий попит" не є точними, нечітка логіка другого типу дозволяє варіювати ці межі, зберігаючи гнучкість у прийнятті рішень. Уявімо, що "середній" попит зазвичай становить від 50 до 70 вагонів, але з використанням нечіткої логіки другого типу ці межі можуть коливатись, скажімо, від 45 до 75 вагонів. Це дає можливість врахувати невизначеність не тільки в конкретних даних, але й у самих прогнозах.

Модель нечіткої логіки другого типу дозволяє встановлювати правила, які адаптуються до невизначеності. Наприклад, якщо прогнозується приблизно високий попит, але точність прогнозу