

Славгородська О.С., Дурєєв В.О. Математична модель магнітноконтактного теплового пожежного сповіщувача з суперпарамагнітними частками при сильному магнітному полі. «Problems of Emergency Situations». Харків: НУЦЗУ, 2024.

УДК 614.8

**МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ МАГНІТНОКОНТАКТНОГО  
ТЕПЛОВОГО ПОЖЕЖНОГО СПОВІЩУВАЧА З  
СУПЕРПАРАМАГНІТНИМИ ЧАСТКАМИ ПРИ СИЛЬНОМУ  
МАГНІТНОМУ ПОЛІ**

*Славгородська О.С., курсант*

*Дурєєв В.О., доцент кафедри, канд. техн. наук, доцент  
Національний університет цивільного захисту України*

Технічна документація теплових максимальних сповіщувачів пожежних (СП), як правило не містить повний перелік динамічних параметрів, потрібних для проведення дослідження їх спрацювання. Тим більше, в документації СП не вказується тип та склад матеріалів контактної групи чутливого елемента (ЧЕ), необхідних для визначення ефективності спрацювання СП та системи пожежної сигналізації в цілому. Для дослідження ефективності роботи пожежної сигналізації, потрібна інформація про технічні данні її складових, зокрема знання динамічних параметрів магнітноконтактних СП та їх чутливих елементів. Динамічні параметри СП можна визначити використовуючи математичну модель, яка враховує діапазон робочих температур, тип та структуру матеріалу контактів ЧЕ.

Залежність намагніченості ЧЕ від зовнішнього магнітного поля і температури для матеріалів, що складаються з суперпарамагнітних часток, при сильному магнітному полі:

$$M_{\text{сильн}} = nm \left( 1 - \frac{k_B T}{mH} \right), \quad (1)$$

де  $M_{\text{сл}}$ ,  $M_{\text{сильн}}$  – намагніченість ЧУ з матеріалів, що складаються з суперпарамагнітних часток при слабкому та сильному магнітних полях при поточній температурі, А/м;  $n$  – кількість суперпарамагнітних часток в одиниці об'єму матеріалу контакту;  $m$  – магнітний момент, Ам<sup>2</sup>;  $H$  – зовнішнє магнітне поле, А/м;  $k_B$  – постійна Больцмана, Дж/К;  $T$  – поточна температура, К.

Для переходу до лінійної форми (1), дорівняємо їх диференціали лівої та правої частин:

$$\frac{dM_{\text{сильн}}}{dT} = k_{\text{сильн}}; \quad k_{\text{сильн}} = -\frac{nk_B}{H}; \quad (2)$$

Тепло, що передане та поглинене магнітноконтактним герконом

$$C \cdot m \cdot d \frac{dT}{dt} + \alpha F dT = \alpha F dT_{\text{II}}, \quad (3)$$

де  $m$  – маса контактів, кг;  $C$  – теплоємність матеріалу контактів, Дж·кг<sup>-1</sup>·К<sup>-1</sup>;  $\tau$  – час, сек;  $T$  – температура контактів, К;  $F$  – площа поверхні контактів, м<sup>2</sup>;  $\alpha$  – коефіцієнт конвекційного теплообміну, Вт·м<sup>-2</sup>·К<sup>-1</sup>;  $T_{\text{п}}$  – температура навколишнього повітря, К.

Для отримання математичних та розрахункових залежностей параметрів роботи магнітноконтактного сповіщувача з ЧЕ з суперпарамагнітних часток при сильному магнітному полі, підставимо рівняння залежності намагніченості (2) в формулу балансу тепла (3), отримаємо:

$$C \cdot m \cdot \frac{1}{k_{\text{сильн}}} \cdot \frac{d}{dt} \Delta M_{\text{сильн}} + \alpha \cdot F \cdot \frac{1}{k_{\text{сильн}}} \cdot \Delta M_{\text{сильн}} = \alpha \cdot F \cdot \Delta T_{\text{п}}; \quad (4)$$

Після лінеаризації (4) отримаємо:

$$T_{\text{сильн}} \frac{\dot{m}_{\text{сильн}}}{m_{\text{сильн}}} + \frac{1}{m_{\text{сильн}}} = K_{\text{сильн}} \overline{t_{\text{п}}}; \quad (5)$$

$$T_{\text{сильн}} = \frac{C \cdot m}{\alpha \cdot F}; \quad K_{\text{сильн}} = k_{\text{сильн}} \cdot \frac{T_{\text{п0}}}{M_{\text{сильн0}}}, \quad (6)$$

де  $M_{\text{сильн0}}$  – намагніченість суперпарамагнітних часток при сильному магнітному полі у вихідній точці, А/м;  $T_{\text{сильн}}$  – інерційність, с;  $K_{\text{сильн}}$  – коефіцієнт посилення;  $\frac{\dot{m}_{\text{сильн}}}{m_{\text{сильн}}}$ ,  $\overline{t_{\text{п}}}$  – відносні змінні.

Таким чином, для контактів з суперпарамагнітних часток при сильному магнітному полі урахуються: кількість суперпарамагнітних часток в одиниці об'єму матеріалу контакту  $n$ , магнітний момент матеріалу контакту  $m$ , зовнішнє магнітне поле, що створюється постійним магнітом  $H$ , постійна Больцмана  $k_B$ , поточна температура  $T$ .

Відмітимо, що розроблена математична модель магнітноконтактного сповіщувача застосовується при наявності даних про початкову намагніченість, величину зовнішнього магнітного поля та характеристик матеріалу контактів. В моделі не урахується гармонійна зміна зовнішнього магнітного поля і магнітного моменту при зміні температури. Отже, застосування в подальшому наведеного в роботі способу розробки математичної моделі магнітноконтактного сповіщувача пов'язано з визначенням намагніченості, зовнішнього магнітного поля, гармонійної зміни зовнішнього магнітного поля з магнітним моментом в діапазоні робочих температур та даних про матеріал контактів геркону. Проте, отримані з такої моделі залежності параметрів роботи сповіщувача будуть мати складніший вигляд, та ускладнять визначення їх технічних характеристик.

**Висновки.** 1. Отримана математична модель магнітноконтактного сповіщувача для контактів з суперпарамагнітних часток в умовах сильного зовнішнього магнітного поля.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Бушкова В. С. Низкотемпературные магнитные свойства ферритов. Low Temperature Physics. 2017. Vol. 43 (12) P. 1724–1732.

URL:<http://dspace.nbuiv.gov.ua/bitstream/handle/123456789/176281/04-Bushkova.pdf?sequence=1>

2. Дурєєв В.О. Визначення динамічних параметрів сповіщувачів за даними експерименту. Проблеми пожежної безпеки. 2019. 46. С. 54-56. URL: <https://nuczu.edu.ua/images/topmenu/science/zbirky-naukovykh-prats-ppb/ppb46/Dureev.pdf>

Заявка на участь у  
Міжнародній науково-практичній конференції «Problems of Emergency Situations», яка відбудеться в Національному університеті цивільного захисту України 16 травня 2024 року.

Конференція відбудеться на базі Національного університету цивільного захисту України за адресою: вул. Чернишевська, 94, м. Харків, 61023, Україна.

	Назва організації	Національний університет цивільного захисту України
	Поштова адреса організації	61023, м. Харків, вул. Чернишевського, 94
	Телефон, e-mail	050-406-37-50 slavonis2122@ukr.net
	Дані про учасника:	
	Прізвище, ім'я, по-батькові	Славгородська Олеся Сергіївна Slavhorodska Olesia Serhiivna 050-406-37-50
	Місце роботи (навчання), посада	НУЦЗУ Факультет пожежної безпеки Курс 4 Група: ПБк-20-431
	Прізвище, ім'я, по-батькові	Дурєєв Вячеслав Олександрович Durieiev Viacheslav Oleksandrovych 050-406-37-50
	Місце роботи (навчання), посада	доцент кафедри автоматичних систем безпеки та інформаційних технологій факультету пожежної безпеки
	Науковий ступінь, вчене звання	к.т.н, доцент
	Номер секції	Секція 2. Науково-практичні аспекти моніторингу та управління у сфері цивільного захисту
0	Назва доповіді	Математична модель магнітноконтактного теплового пожежного сповіщувача з суперпарамагнітними частками при сильному магнітному полі