

## ЗАХИСТ ОБТ ВІД ЗАСОБІВ ВИЯВЛЕННЯ ТА УРАЖЕННЯ

УДК 536.531

П.І. Ванкевич

*Національна академія сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного, Львів*

### ДОСЛІДЖЕННЯ ДИНАМІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПАРАЗИТНИХ СИГНАЛІВ У СИСТЕМАХ ВИМІРЮВАЛЬНОГО КОНТРОЛЮ РУХОМИХ ЕЛЕМЕНТІВ МЕХАНІЗОВАНИХ ЗАСОБІВ ВІЙСЬКОВОЇ ТЕХНІКИ

*Викладено результати експериментальних та теоретичних досліджень явища виникнення паразитних термоелектрорушійних сил (ЕРС), які наводяться внаслідок різниці температур між елементами струмознімальних пристроїв з сухим механічним контактом. Встановлено, що паразитна термо-ЕРС є нестабільною в часі за знаком та густиною розподілу, оскільки залежить від різноманітних факторів. Вона не може бути врахованою у вигляді поправок до результатів вимірювань, оскільки є співвимірною з інформативним конвертованим сигналом первинних термоперетворювачів (ТП).*

**Ключові слова:** паразитні термоелектрорушійні сили, температура, струмознімальні пристрої, сухе механічне тертя, термоперетворювачі, інформативний конвертований сигнал.

#### Вступ

Діагностичні засоби термометрії, що стаціонарно закріплені на рухомих дослідних об'єктах, базуються на використанні різноманітних фізичних явищ, пов'язаних із впливом температури на відповідні фізичні величини (геометричні розміри, електричний опір, термо-ЕРС, магнітну проникність, колір тощо) [1–9]. Найбільшого поширення серед пристроїв для вимірювання температури рухомих об'єктів набули пристрої, що функціонують на основі явищ, пов'язаних із впливом температури на електричні параметри [10–13]. Засоби, що ґрунтуються на термоелектричних явищах, є компактними, простими в реалізації і нечутливими до зовнішніх впливів, пов'язаних із рухомістю дослідних об'єктів, легко адаптуються до систем дистанційного вимірювання і можуть бути використані в системах діагностування [14–23]. В даному випадку, однак, виникає проблема забезпечення надійності передачі вимірюваної інформації від термоперетворювача, закріпленого на рухомому об'єкті, до вимірювальної апаратури, яка знаходиться за межами зони вимірювань.

**Огляд сучасних систем діагностики технічних систем озброєння і військової техніки та аналіз досліджень і публікацій.** Знак та модуль паразитної термо-ЕРС крім температурного градієнта залежить від багатьох факторів: стану поверхонь контактних елементів, наявності чи відсутності проміжних технологічних агентів між ними, механічних характеристик кожного із них тощо. Результати досліджень показують, що дві цілком аналогічні пари тертя можуть мати зовсім

відмінні як за знаком, так і за значенням паразитні термо-ЕРС [3]. Введення рідкого агента, що має властивість змашування, в пару тертя може призвести до утворення свого роду конденсатора, в якому спроможні накопичуватися значні електричні заряди. Аналогічне явище можливе при наявності між елементами пари тертя сторонніх домішок, наприклад, мікроскопічних часточок, матеріалів контактуючих елементів, які є супутниками всіх без винятку процесів тертя; пилу навколишнього середовища та інших. В цих випадках величина паразитної термо-ЕРС може значно перевищувати інформаційний вимірювальний електричний сигнал. Рекомендації авторів деяких джерел [1, 5, 6, 18, 20] щодо внесення поправок в результаті вимірювань на величину, рівну величині паразитної термо-ЕРС, виконати на практиці зовсім непросто, оскільки її характеристики (знак і модуль) не є стаціонарними в часі. Провідні і безпровідні системи передачі вимірювальної інформації про теплові параметри об'єктів діагностики є невід'ємними складовими частинами загальних систем теплових вимірювань, від яких значною мірою, залежить якість і достовірність отриманої інформації [25, 26]. Їх розробка, дослідження і оптимізація є окремою, невід'ємною складовою загальної проблеми створення засобів і систем термометрії рухомих об'єктів.

**Метою статті** визначимо комплексні дослідження проблеми спотворення інформації в контактних струмознімальних пристроях й вирішення задач, пов'язаних з розробкою і створенням систем передачі інформації при вимірюваннях температурного стану рухомих об'єктів

механізованих, автотранспортних засобів, систем озброєння і військової техніки, складових машин і механізмів.

### Виклад основного матеріалу

Контактний стрибок (різниця потенціалів) є причиною електризації металів при їх взаємному співдотику. Відомий факт, що при співдотику двох металів в результаті різниці їх контактних потенціалів електрони часто переходять (мігрують) з одного металу в інший [27, 28]. При цьому найбільшу трудність складає теоретичний розрахунок енергії, яка необхідна для вивільнення електронів з металу. Аналіз причин виникнення електричного струму при терті вказує, що його джерелами є термоелектронна емісія і термо-ЕРС. Оскільки електричний струм спостерігається і при терті однорідних металів, то можна вважати, що поряд з термо-ЕРС при терті також виникає і струм термоелектронного характеру. Якщо скласти з двох металів замкнутий ланцюг, то термо-ЕРС рівна нулю, коли температура шарів співдотичних тіл однакова і відмінна від нуля за умови різниці температур між шарами; її величина при цьому складатиме

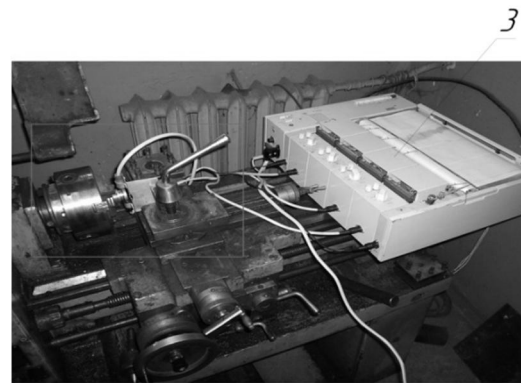
$$\varepsilon = \frac{K}{e} (T_1 - T_2) \ln \frac{n_2}{n_1} \quad (1)$$

де:  $K$  – стала Больцмана;  $e$  – заряд електрона;  $n_1$ ,  $n_2$  – концентрація електронів провідності;  $T_1$ ,  $T_2$  – температури поверхонь контактуючих тіл.

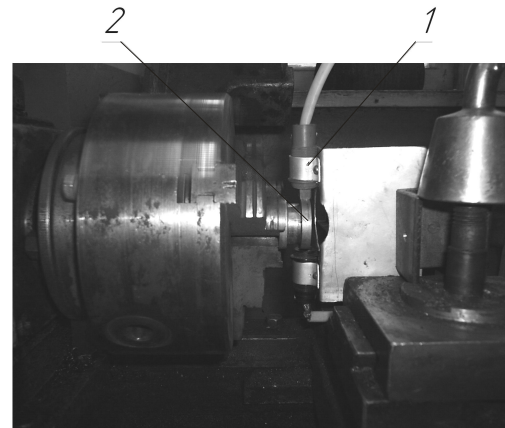
В загальному електричне поле, яке виникає між поверхнями тертя, має свою специфічну особливість і відрізняється від електричного поля, яке виникає в результат контактної різниці потенціалів. Можна також відзначити, що виникнення електричних зарядів при терті пов'язано з самою природою тертя, тому їх усунення є вельми складною задачею; але одночасно, як свідчать експериментальні і теоретичні дослідження [27, 28], заходи, співдотичні з обмеженням ступеня генерування зарядів, є цілком вирішувальною задачею.

У трибологічних процесах часто спостерігаються процеси, які є суперпозицією різного роду полів, зокрема таких, як поля термомеханічних напружень, електромагнітного поля, температурного поля, дифузії, фазових і структурних перетворень тощо. Пояснення спостережуваних наслідків роботи трибосистем можливе лише завдяки комплексному вивченню порушених тут питань.

Для вирішення поставленої мети розроблено та виготовлено спеціальне обладнання – випробувально-дослідний стенд, наведений на рис. 1, з використанням якого були проведені натурні дослідження технічно-сухого тертя ковзання для різних матеріалів кілець-тролей та щіток, змінюючи їх геометричні (розміри, конфігурація, стан поверхні) і кінетичні (швидкість обертання кільця-тролеї, сила притискання щітки) параметри.



а



б

Рис. 1. Дослідний стенд: а – загальний вигляд; б – струмознімальний пристрій; 1 – щітка; 2 – контактне кільце; 3 – реєструючий прилад

З використанням випробувально-дослідного стенда проведено ряд експериментальних досліджень з визначення різниці потенціалів, яка виникає в процесі технічно-сухого тертя ковзання внаслідок нагріву щітки при спряженні різнорідних матеріалів.

На рис. 2, 3 приведені результати експериментальних досліджень паразитної термо-ЕРС в часі, що наводиться в елементах контактуючих пар різних матеріалів при механічному сухому терті-ковзанні. Для досліджень автором виготовлено спеціальні зразки контактуючих елементів із наступних матеріалів – для кілець-тролей: сталь 45, бронза (Бр А5); для щіток: мідно-графітний сплав (мідь – 82%, графіт – 18%).

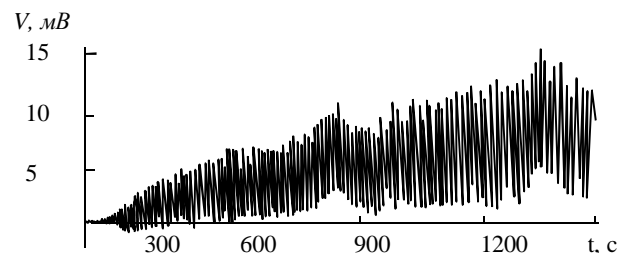


Рис. 2. Різниця потенціалів, що виникає в процесі технічно-сухого тертя: спряження сталь (сталь 45) – мідно-графітний сплав (мідь – 82%, графіт – 18%); кільце –  $\omega=6 \text{ c}^{-1}$ ,  $R=50 \text{ мм}$ ; щітка  $A=50 \text{ мм}^2$ , сила притискання  $N=0,5 \text{ Н}$

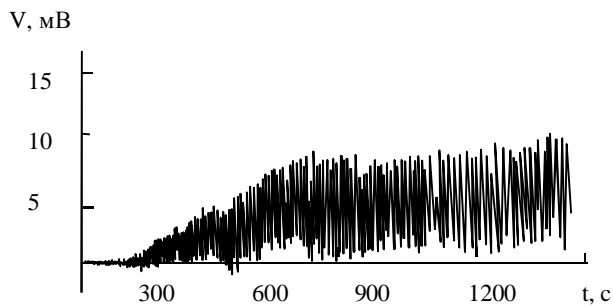


Рис. 3. Різниця потенціалів, що виникає в процесі технічно-сухого тертя: спряження бронза (Бр А5) – мідно-графітний сплав (мідь – 82%, графіт – 18%)  
кільце:  $R=50$  мм;  $\omega=6$  с<sup>-1</sup>; щітка  $A=50$  мм<sup>2</sup>,  
сила притискання  $N=0,5H$

Із отриманих даних виходить, що різниця потенціалів, яка виникає в процесі технічно-сухого тертя: спряження сталь (сталь 45) – мідно-графітний сплав (мідь – 82%, графіт – 18%) досягає 15 мВ і є співвимірною з інформативним сигналом ТП типу ХК в діапазоні температур 0–210 °С.

Отже, вибір пари тертя впливає на динаміку і амплітуду паразитних термо-ЕРС. Прийнята для досліджень пара тертя сталь – мідно-графітний сплав має гірші динамічні характеристики щодо паразитних термо-ЕРС, ніж пара бронза (Бр А5) – мідно-графітний сплав, для якого різниця потенціалів не перевищує 10 мВ.

Аналіз досліджень, виражених у вигляді графічних залежностей, показує, що за відсутності температурних перепадів між кільцем та щіткою різниця потенціалів у вимірному колі не наводиться, що цілком узгоджується з формулою (1). Виникнення температурного перепаду викликає наведення у колі нестабільних за величиною та змінних у часі ЕРС.

Представлені дослідження показали, що традиційні струмознімачі, які використовують контактуючі щітку – колектор, внаслідок наведення між ними температурних градієнтів, а також окиснення та спрацювання, є джерелом похибок. Електричний шум, що виникає при сухому контакті між щіткою і колектором, перевищує сигнал, який надходить від первинного ТП. Для усунення небажаних явищ теплоутворення від дії сил тертя, що має місце в контактних струмознімальних пристроях з сухим механічним контактом при передачі малих струмів від рухомих первинних термоперетворювачів до нерухої реєструючої апаратури, необхідно використовувати інші способи передачі малих електричних сигналів [19, 21–24, 26]. Найбільш прийнятними є струмознімачі, що складаються з рухомої і нерухої частин, контакт між якими здійснюється за допомогою струмопровідної рідини [9]. Найкращі результати показують струмознімальні пристрої, які як струмопровідні рідини використовують колоїдні розчини на основі магнію та літію [25]. На рис. 4 зображено струмознімальний пристрій з рідинним електричним контактом.

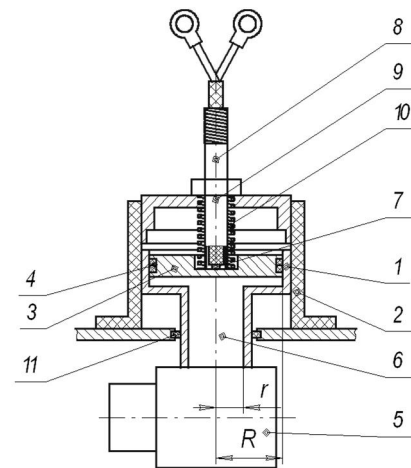


Рис. 4. Струмознімальний пристрій з рідинним контактом:

1 – насадка; 2 – корпус; 3 – поршень; 4 – кільця ущільнюючі; 5 – кільце-тролея; 6 – струмопровідна рідина; 7 – провідники; 8 – захисна арматура; 9 – золотникова гайка; 10 – пружина; 11 – ущільнення

Струмознімальний пристрій включає насадку 1, що виконана у вигляді двоступінчатої циліндричної втулки, та встановлена з можливістю зворотно-поступального переміщення в корпусі 2. У внутрішній порожнині ступеня більшого діаметра насадки по перехідній посадці встановлено поршень 3 із ущільнюючими кільцями 4. Звуженою частиною насадка притиснута до рухомого контактної кільця 5. Порожнина насадки між поршнем та ротором заповнена струмопровідною рідиною 6. Поршень пристрою може бути виконано із струмопровідного матеріалу, наприклад: міді, сталі, бронзи, латуні, алюмінію тощо. Струмознімальний пристрій містить провідники 7 із захисною арматурою 8. У верхній частині корпусу вгвинчена золотникова гайка 9, між якою та поршнем встановлена пружина 10. Для запобігання защемлення робочих поверхонь пристрою внаслідок забруднення в нижній частині корпусу передбачається ущільнення 11. Описаний пристрій розроблено на рівні патенту, а для запровадження його у виробництво необхідно проведення досліджень основних експлуатаційних характеристик.

Нагвинчування золотникової гайки приводить до стиснення пружини, зусилля  $F_{np}$  якої передається на поршень. Це уможливило створення надлишкового тиску струмопровідної рідини в насадці. Наявність ущільнюючих кілець запобігає просочуванню рідини між стінками поршня та насадки. При відомому значенні зусилля пружини  $F_{np}$  тиск, що виникає в струмопровідній рідині під поршнем, можна визначити з формули

$$P = \frac{F_{np}}{\pi R^2}, \quad (2)$$

де  $R$  – зовнішній радіус поршня .

Тоді зусилля, з яким насадка притискається до ротора, буде рівним

$$F = F_{np} \frac{R^2 - r^2}{R^2}, \quad (3)$$

де  $r$  – радіус внутрішньої порожнини меншого ступеня насадки.

Зусилля  $F$  (3) є постійною величиною і змінюється лише зі зміною  $F_{np}$  – зусилля пружини шляхом її стиснення за допомогою золотникової гайки. Отже, під час обертання ротора насадка притискається до нього з постійним, наперед заданим зусиллям  $F$ , що усуває можливість витікання струмопровідної рідини і забезпечує надійну передачу електричного сигналу від ротора до провідників або навпаки. Надійність пристрою в цілому значною мірою залежить від щільності контакту між насадкою та ротором, що обертається. Тому до матеріалу насадки висуваються певні вимоги, основними з яких є висока міцність, незначна твердість, якомога менший коефіцієнт тертя. Дослідним шляхом встановлено, що цим вимогам найповніше відповідає суміш порошків, виготовлених на основі міді (М1Ф), свинцю (С1) і графіту (МККЗ). Найраціональніші характеристики запропонованих матеріалів з різним масовим співвідношенням компонентів наведено в табл. 1.

Для отримання сплаву вказані компоненти перемішують, просіюють і пресують у заготовку в прес-формі при температурі 700 °С і тиску 4800 МПа. Графіт та свинець знижують опір тертя і обмежують трибологічне спрацювання внаслідок твердого мащення, а мідь забезпечує достатню міцність пристрою. Всі перелічені матеріали володіють добрими електропровідними властивостями та не є дефіцитними для будь-якої галузі приладобудування.

Таблиця 1

**Значення коефіцієнтів тертя, твердості та границь міцності сплавів з різним співвідношенням компонентів**

Склад матеріалу мас. %			Твердість НВ, МПа	Границя міцності $\sigma_b$ , МПа	Кое- фіцієнт тертя
Cu	Графіт	Pb			
65	25	10	400	320	0,57- 0,59
70	5	25	550	340	0,64- 0,66
75	10	15	550	350	0,59- 0,62
80	15	5	600	350	0,58- 0,60
85	5	10	650	380	0,64- 0,66

Крім хороших струмопровідних властивостей, струмопровідна рідина, яка знаходиться між рухомими та нерухомими елементами струмознімачів, виконує роль своєрідного термостабілізатора. За рахунок постійного контакту з рухомим контактним кільцем рідина

інтенсивно переміщується і переносить теплоту від більш нагрітих частин замкнутого середовища, в якому вона знаходиться, до менш нагрітих, стабілізуючи температуру всіх контактуючих з нею елементів. Однак, даний метод передачі малих струмів отримав свій розвиток лише в останній час, тому немає ні теоретичних розробок, ні промислових зразків струмознімачів, що базуються на цьому методі.

## Висновки

У результаті проведених досліджень встановлено, що в електричних вимірювальних колах, призначених для передачі малих сигналів від рухомих до нерухомих елементів механічних систем за допомогою контактних струмознімальних пристроїв, наводиться суттєва за значенням знакозмінна і нестабільна термо-ЕРС, уникнути якої неможливо, оскільки неможливо уникнути тепловиділення від тертя-ковзання. Іншими словами, використання контактних струмознімачів з механічним сухим тертям призводить до наведення в вимірювальних термометричних колах паразитних сигналів, співвимірних з вимірюваними величинами. Вважаємо, що для електротермометрії доцільно створювати струмознімальні пристрої, які б базувалися на інших принципах передачі сигналів і усували саму можливість наведення в контактуючих елементах температурних градієнтів і, як наслідок, паразитні електричні сигнали. Перспективним, на наш погляд, є метод передачі малих електричних сигналів термоперетворювачів за допомогою струмопровідних рідин, оскільки контакт рідини, обмеженої в замкнутому об'єкті з твердим тілом, не приводить до нагрівання жодного з контактуючих елементів.

## Список літератури

1. Березький О. Спосіб прогнозування похибки дрейфу термоелектроперетворювачів / О. Березький // Вимірювальна техніка та метрологія. – 2001. – Вип. 58. – С. 72–75.
2. Бичківський Р.В. Управління якістю / Р.В. Бичківський. – Львів: Вид-во нац. ун-ту «Львівська Політехніка», 2000. – 327 с.
3. Ванкевич П.І. Математичний опис процедури вимірювання температури рухомих об'єктів [Текст] / П. І. Ванкевич, В. І. Асташкін, Є. Г. Іваник // Науковий вісник Львівського національного університету ветеринарної медицини та біотехнологій ім. С. З. Гжицького. – 2009. – Т. 11. – № 2(41), частина 5. – С. 15-19.
4. Ванкевич П. І. Підбір оптимальних схем вимірювання температури пристроїв автотранспортних засобів з сухим механічним тертям на основі розв'язку теплової задачі тертя [Текст] / П.І. Ванкевич, Є.Г. Іваник // Проектування, виробництво та експлуатація автотранспортних засобів та поїздів. – 2010. – № 19. – С. 13-22.
5. Ванкевич П.І. Теплообмін між контактними термоперетворювачами та дослідною поверхнею [Текст] : тези доповідей до міжнародного науково-практичного форуму «Теорія і практика АПК», 19–20 вересня, ЛДАУ, 2006. – Том 2. – С. 322-324.

6. Ванкевич П. І. Напрями розвитку контактної термометрії рухомих об'єктів / П. І. Ванкевич // *Вимірювальна техніка та метрологія*. – 2000. – Вип. 57. – С. 67–69.

7. Ванкевич П.І. Цифрова система передачі та реєстрації імпульсних сигналів / П.І. Ванкевич, О.М. Бурнаєв, В.Д. Смичок // *Збірник наукових праць асоціації підприємств України по виробництву автобусів : Проектування, виробництво та експлуатація автотранспортних засобів і поїздів*. – 2001. – Вип. № 5. – С. 19–22.

8. Ванкевич П.І. Структура систем діагностики, контролю, метрології, стандартизації, якості та їх взаємозв'язок / П.І. Ванкевич, М.С. Козут, Б.І. Затхей // *Проектування виробництва та експлуатація автотранспортних засобів і поїздів : Збірник наукових праць підприємств України по виробництву автобусів «Автобус»*. – 2000. – Вип. № 4. – С. 22–34.

9. Ванкевич П.І. Обґрунтування експлуатаційних характеристик струмозмінального пристрою [Текст] / П.І. Ванкевич, Б.І. Затхей, М.О. Медиковський // *Науково-виробничий журнал НАУ «Електрифікація та автоматизація сільського господарства»*. – 2005. – Вип. № I(10). – С. 28–31.

10. Войтурський Я. Дослідження характеристик резистивних термоперетворювачів методом їх внутрішнього збудження / Я. Войтурський, А. Ковальчик // *Вимірювальна техніка та метрологія*. – 2001. – Вип. 58. – С. 79–83.

11. Дорожовець Н. Дослідження впливу параметрів конструкції триелементного терморезистивного перетворювача на точність вимірювання температури / Н. Дорожовець, Ф. Бернгард // *Вимірювальна техніка та метрологія*. – 2003. – Вип. 64. – С. 54–62.

12. Дудюк Д.Л. Електричні вимірювання: Навчальний посібник / Д.Л. Дудюк, В.М. Максимів, Г.П. Оріховський. – Львів : Афіша, 2003. – 272 с.

13. Енциклопедія термометрії / Я.Т. Луцик, Л.К. Буняк, Ю.К. Рудавський, Б.І. Стадник. – Львів: НУ «Львівська політехніка», 2003. – 428 с.

14. Электрические измерения неэлектрических величин. – 5-е изд., перераб. и доп. / А.М. Туричин, П.В. Новицкий, Е.С. Левшина и др. / Под ред. П.В. Новицкого. – Л.: Энергия, 1975. – 576 с.

15. Канарчук В.Е. Термометрическая диагностика машин / В.Е. Канарчук, О.Б. Деркачев, А.Д. Чигринец. – К.: Высшая школа. – 1985. – 168 с.

16. Куритнык И.П. Термоизмерения / И.П. Куритнык, Б.И. Стадник. – М.: Знание, 1979. – 64 с.

17. Монастирський З. Багатоканальні мостові вимірювальні засоби з низькоомними термоперетворювачами опору / З. Монастирський // *Вимірювальна техніка та метрологія*. – 2003. – Вип. 64. – С. 84–87.

18. Новицкий П.В. Основы информационной теории измерительных устройств / П.В. Новицкий. – Л.: Энергия, 1968. – 248 с.

19. Байхельт Ф. Надежность и техническое обслуживание. Математический подход: пер. с нем. / Ф. Байхельт, П. Франкен. – М.: Радио и связь, 1988. – 392 с.

20. Костерев В.В. Надежность технических систем и управление риском / В.В. Костерев. – М.: Изд-во МИФИ, 2008. – 280 с.

21. Веников В.А. Теория подобия и моделирования / В.А. Веников, Т.В. Веников. – М.: Высш. школа, 1984. – 439 с.

22. Баловнев В.И. Моделирование процессов взаимодействия со средой рабочих органов дорожно-строительных машин / В.И. Баловнев. – М.: Машиностроение, 1974. – 232 с.

23. Биргер И.А. Техническая диагностика / И.А. Биргер. – М.: Машиностроение, 1978. – 240 с.

24. Канарчук В.Е. Бесконтактная тепловая диагностика машин / В.Е. Канарчук, А.Д. Чигринец. – М.: Машиностроение, 1987. – 160 с.

25. Деклараційний пат. на винахід № 38485 А Україна, МПК H01R39/00, H01R39/30. Струмозмінальний пристрій / П.І. Ванкевич, Б.І. Затхей, М.О. Медиковський; заявник та власник пат. Львівський державний аграрний університет – № 2000074142; заявл. 13.07.2000; опубл. 15.05.2001, Бюл. № 4. – 4 с.

26. Скрипник О. Алгоритмічний метод вимірювання температури термоелектричним термометром / О. Скрипник, Г. Юрчик, В. Курко // *Вимірювальна техніка та метрологія* – 2003. – Вип. 64. – С. 78–83.

27. Справочник по триботехнике / Под общ. ред М. Хебды, А.В. Чичинадзе. – В 3 т., Т. 1. Теоретические основы. – М.: Машиностроение, 1989. – 400 с.

28. Дубинин А.Д. Энергетика трения и износа деталей машин / А.Д. Дубинин. – К.: Южное отделение Машигиза, 1963. – 139 с.

**Рецензент:** д.фіз.-мат.н., І.М. проф. Болеста, завідувач кафедри радіофізики та комп'ютерних технологій Львівський національний університет ім. І. Франка, м. Львів.

#### ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПАРАЗИТНЫХ СИГНАЛОВ В СИСТЕМАХ ИЗМЕРИТЕЛЬНОГО КОНТРОЛЯ ДВИЖУЩИХСЯ ЭЛЕМЕНТОВ МЕХАНИЗИРОВАННЫХ СРЕДСТВ ВОЕННОЙ ТЕХНИКИ

П.И. Ванкевич

Изложены результаты экспериментальных и теоретических исследований явления возникновения паразитных термо-электродвижущихся сил (ЭДС), наводящиеся вследствие разницы температур между элементами токоснимальных устройств с сухим механическим контактом. Установлено, что паразитная термо-ЭДС нестабильна во времени по знаку и плотности распределения, поскольку зависит от различных факторов. Она не может быть учтена в виде поправок к результатам измерений, потому что соизмерима с информативным конвертированным сигналом первичных термопреобразователей (ТП).

**Ключевые слова:** паразитные термоэлектродвижущиеся силы, температура, токосъемные устройства, сухое механическое трение, термопреобразователи, информативный конвертированный сигнал.

**INVESTIGATION OF DYNAMIC CHARACTERISTIC PARASITIC SIGNALS IN MEASURING CONTROL SYSTEMS OF MOVING ELEMENTS MECHANIZED DEVICE MILITARY TECHNIQUES**

P. Vankevych

*It is account the results of experimental and theoretical investigations of the phenomenon of rise parasite thermo-electromoving forces (EMF), which arise take into difference temperatures between elements of currentaway devices with dry mechanical contact. Is fixed that parasite thermo-electromoving forces is nonstability by time at sign and density of distribution since from manifold factors is dependence. He don't be consideration in view corrections to results of measuring so long as its correlated with informative conversational signal of primary thermotransformations (TT).*

**Key words:** *parasite thermo-electromoving forces, temperature, currentaway devices, dry mechanical friction, thermotransformation, informative conversational signal.*

УДК: 614.833

І.І. Ніконець, М.О. Івасюк, І.М. Мартинюк, О.М. Стаднічук

*Національна академія сухопутних військ імені гетьмана Петра Сагайдачного, Львів***ВОГНЕЗАХИСНЕ ПОКРИТТЯ ДЛЯ МЕТАЛЕВИХ КОНСТРУКЦІЙ**

*Пропонується вогнезахисне спучене покриття для металевих конструкцій. Покриття складається з декількох компонентів доступної вартості. Основні з них: смола карбамідна, меланін, ортофосфорна кислота, гліцерин, діамоній фосфат (антипірен). Проста технологія виконання покриття, яка не потребує спеціального обладнання. Воно наноситься на захисну поверхню пензликом або пневморозпилювачем. Лабораторні та натурні випробування проводилися на сталевих та алюмінієвих конструкціях. Проведені дослідження свідчать про ефективність покриття ВК-2.*

**Ключові слова:** *вогнестійкість, спучена композиція, скляна вата, покриття, органічні та неорганічні з'єднання.*

**Постановка проблеми**

Війна, що розгорнулася на Сході України, має катастрофічні наслідки і для населення, і для промисловості. Зруйновані підприємства, різноманітні будівлі та помешкання цивільного населення за рахунок обстрілів, вибухів та пожеж. За матеріалами дистанційного зондування Землі MODIS (NASA) впродовж 2014 року в зоні АТО відбулось близько 3000 пожеж, що в 20 раз більше, ніж в аналогічний період минулого року. Під обстрілами зазнають руйнувань і військова техніка, і захисні споруди.

Металеві конструкції знайшли своє використання в будівництві фортифікаційних та захисних споруд. Висока несуча здатність при порівняно невеликій масі, надійність роботи при різноманітних видах напруженого стану і в агресивних експлуатаційних середовищах, практичність і універсальність – основні якості, які вигідно виділяють їх від бетонних, дерев'яних та ін.

Різного роду металеві конструкції фортифікаційних споруд, пересувні блокові металічні помешкання (укриття), захисні споруди для техніки, які використовують для захисту від обстрілів, потребують додаткового захисту від дії високих температур.

Однак несучі металеві конструкції особливо вразливі до дії високих температур і мають низьку вогнестійкість (REI 15). При нагріванні понад 500 °С, залежно від марки сталі, вони втрачають несучу здатність [1]. Вогнестійкість звичайних металевих конструкцій складає всього 15-20 хв від початку пожежі.

Перспективним способом захисту металевих будівельних конструкцій від пожеж є нанесення на їх поверхню вогнезахисних покриттів, які будуть надійно і впродовж тривалого часу захищати їх від дії високих температур та агресивних середовищ. Досить поширеними є емалеві та склокристалічні покриття, проте вони не можуть забезпечити надійного захисту конструкцій в умовах температур понад 1000 °С.

Найбільш ефективним є спучене захисне покриття, яке при нагріванні багаторазово збільшується в об'ємі, утворюючи дрібнопористий вугільний шар, який чинить перепони подальшому нагріванню захищеної конструкції. Такі покриття багатокомпонентні. В якості зв'язуючого матеріалу в них використовують латекси, амінокислоти, каучуки, епоксидні смоли та інші. Функцію піноутворювача виконують органічні сполуки, які мають низьку температуру плавлення, а