



ВАНКЕВИЧ П. І., канд. техн. наук, доцент, Національний транспортний університет, навчально-консультаційний центр у м. Львові

ІЛЬКІВ І.М., канд. техн. наук, доцент, Національний транспортний університет, навчально-консультаційний центр у м. Львові

СПЧАК В.С. канд. техн. наук, доцент

Національний транспортний університет, навчально-консультаційний центр у м. Львові

БОГУЦЬКИЙ С.М. канд.техн.наук, ст.наук.співр.

Академія Сухопутних військ

ПОКРАЩЕННЯ КОНСТРУКТИВНИХ ПАРАМЕТРІВ ПРИЛАДІВ КОНТРОЛЮ ТЕМПЕРАТУРИ, ЩО ВІДТВОРЮЮТЬ ТРАЄКТОРІЇ РУХУ ДОСЛІДНИХ ОБ'ЄКТІВ

Прилади контролю температури, що відтворюють траєкторії руху дослідних об'єктів ґрунтуються на забезпеченні безпосереднього контакту між термоперетворювачем та рухомою дослідною поверхнею на протязі обмеженого проміжку часу. За цей час термоперетворювач повинен набутти температури, рівної температурі дослідної поверхні, перетворити її в інформативний, корисний сигнал і передати до вимірювальної апаратури. Для забезпечення безпосереднього контакту термоперетворювача з рухомою дослідною поверхнею використовуються конструктивно складні електромеханічні системи спряження, які негативно впливають на надійність діагностичних пристроїв і надійність вимірювань в цілому.

Средства температурных измерений, воспроизводящих траектории движения исследовательских объектов основываются на обеспечении непосредственного контакта между термопреобразователем и подвижной исследовательской поверхностью в течение ограниченного промежутка времени. За это время термопреобразователь должен вступить температуры, равной температуре исследовательской поверхности, превратить ее в информативный, полезный сигнал и передать в измерительной аппаратуры. Для обеспечения непосредственного контакта термопреобразователя с подвижной исследовательской поверхностью используются конструктивно сложные электромеханические системы сопряжения, которые негативно влияют на надежность диагностических устройств и надежность измерений в целом.

Means temperature measurements that reflect the trajectory of research facilities based on the provision of direct contact between the thermocouple and the moving test surface for a limited period of time. During this time the thermometer should gain temperature equal to the temperature test surface, turn it into an informative, useful signal and to transmit instrumentation. To ensure direct contact thermocouple with movable test surface used structurally complex electromechanical coupling system that adversely affect the reliability of diagnostic devices and reliability of measurements in general.

Постановка проблеми. Існує велика група рухомих інженерних конструкцій теплове діагностування яких не може бути здійснено засобами температурних вимірювань із контактними термоперетворювачами (ТП), стаціонарно розташованими зовні рухомого дослідного об'єкта, або засобами ТП яких нерухомо закріплені на їх поверхні чи вмонтовані в товщі об'єму. До таких об'єктів відносяться рухомі ланки технічних систем, що не мають фіксованої траєкторії руху, знаходяться під впливом випадкових вібраційних, ударних і деформуючих навантажень, поверхні яких мають нерівності у вигляді вм'ятин, зварних швів, та дефекти у вигляді тріщин, корозійних каверн, та зазнають впливу зовнішнього агресивного середовища.

Вимірювання температури таких рухомих об'єктів не може бути здійснене відомими традиційними методами, а при допомозі технічних пристроїв із вмонтованими ТП, які на протязі певного проміжку часу частково чи повністю відтворюють траєкторію руху поверхні дослідних об'єктів.

Аналіз досліджень з даної проблематики. Пристрої, що відносяться до даної різновидності контактних методів представлені на рис. 1–4 і мають ряд суттєвих недоліків:

- складну конструкцію, що робить їх недостатньо надійними в роботі;
- можливість використання лише при малих значеннях лінійних швидкостей (до 1 м/с) дослідних поверхонь;
- необхідність постійного контролю з боку обслуговуючого персоналу певної кваліфікації;
- низьку інформативність – вимірювання проводиться точково з великим кроком, у випадку обертального руху в одному перерізі об'єкта;

- малу універсальність – параметри пристрою визначаються як функції кінематичних характеристик дослідної поверхні (для певної дослідної поверхні розробляється свій пристрій).

Перераховані недоліки являються суттєвими, однак розглянуті пристрої знайшли своє застосування в системах технічної діагностики, надаючи інформацію про температурний стан дослідних поверхонь. Один із таких пристроїв (рис. 3) разом із системою технічної діагностики обертючих печей впроваджено на Карачаєво-Черкеському цементному заводі (Росія) [6].

Вирішальним фактором при розробці ТП для короткочасних контактних замірів температури являється забезпечення мінімального значення показника теплової інерції. Чим менше значення теплової інерції, тим менші габарити вимірювальних пристроїв (значення L рис. 1 – 4), тим менша їх матеріалоемність, тим зручніші вони в роботі та обслуговуванні.

При відомому значенні теплової інерції ТП ε та швидкості переміщення дослідної поверхні v , значення L у випадку поступального руху об'єкта визначатиметься співвідношенням:

$$L \geq v\varepsilon. \quad (1)$$

При обертальному русі об'єкта і відповідному значенні радіуса кривизни R дослідної поверхні та її кутової швидкості ω , співвідношення для L набуде вигляду:

$$L \geq 2R \sin \frac{v\varepsilon}{2R}. \quad (2)$$

В процесі проектування ТП для короткочасних контактних замірів температури рухомих поверхонь необхідно враховувати різноманітні теплові впливи як дослідної поверхні, так і зовнішнього середовища.

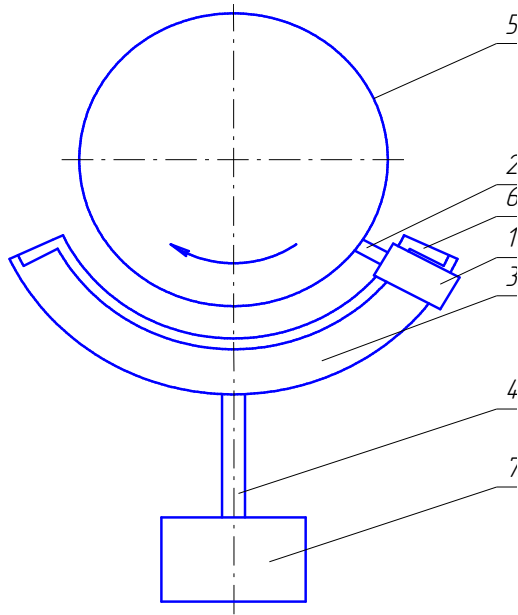


Рис. 1. Прилад для контролю температури об'єктів обертання

1 – головка; 2 – ТП; 3 – направляюча; 4 – шток; 5 – дослідна поверхня; 6 – упори; 7 – поворотно-подаючий механізм

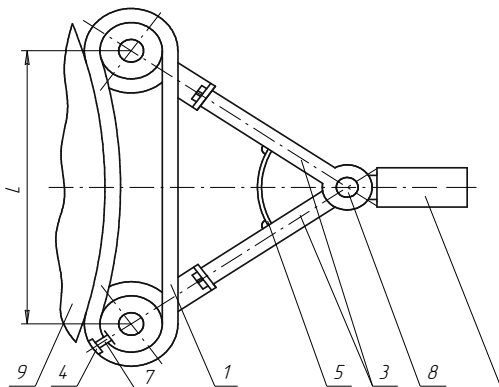


Рис. 3. Пристрій для вимірювання температури об'єктів обертання.

1 – еластичний пас; 2 – подаючий механізм; 3 – основа; 4 – ТП; 5 – пружина; 6 – ролики; 7 – струмознімач; 8 – вісь; 9 – дослідна поверхня

Не дивлячись на цілковиту конструктивну відмінність, всі вони мають ідентичний принцип роботи. В певний момент часу ТП за допомогою спеціальних кінетичних елементів приводиться в контакт з дослідною поверхнею, рухається разом з нею, проводячи замірювання і відводиться від поверхні по закінченні

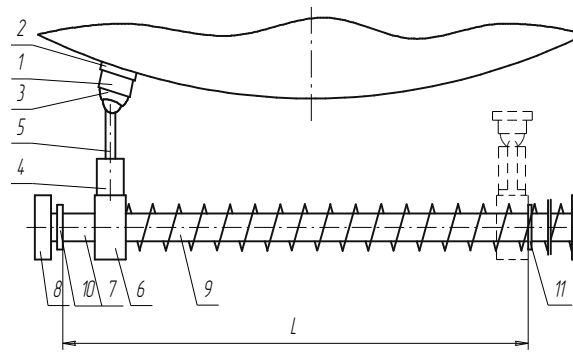


Рис. 2. Прилад для вимірювання температури рухомих об'єктів.

1 – ТП; 2 – кільцевий демпфер; 3 – сферичний шарнір; 4 – механізм виштовхування; 5 – телескопічна штанга; 6 – повзун; 7 – направляюча; 8 – упори; 9 – пружина; 10, 11 – кінцеві вимикачі

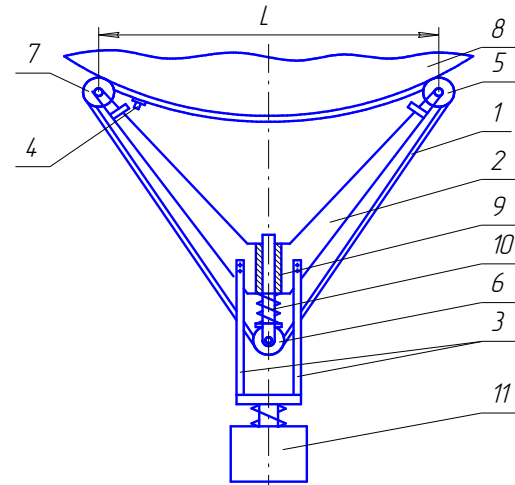


Рис. 4. Прилад для вимірювання температури об'єктів обертання.

1 – еластичний пас; 2 – основа; 3 – кронштейн; 4 – ТП; 5,6,7 – ролики; 8 – дослідна поверхня; 9 – шток; 10 – пружина; 11 – поворотно-подаючий механізм

циклу. В першому випадку (рис 1) це поворотно-подаючий механізм 7 з направляючою 3, певної криволінійної конфігурації [1]. У другому та третьому (рис 2 – 3) ТП 4 підводиться до дослідної поверхні 8 рухомого об'єкта за допомогою пружних систем, здатних відтворити траєкторії руху об'єктів. Основним несучим елементом в даних системах

являється еластичний пас 1 [2, 3]. В останньому випадку (рис. 4) контакт ТП 1 з дослідною поверхнею забезпечує спеціальна слідкуюча система, яка включає направляючу 7 з пружиною 9 та телескопічну штангу 5 з механізмом виштовхування 4 [4].

Виклад основного матеріалу.

Дослідження, проведені нами, направлені на усунення більшості недоліків, які мають місце в конструкціях відомих пристроїв з рухомими контактними ТП, тобто на вирішення наступних проблем:

- спрощення конструкції і підвищення надійності за рахунок усунення складних поворотних та подавальних механізмів;
- виключення необхідності постійного контролю з боку обслуговуючого персоналу;
- підвищити інформативність, скоротивши крок і періоди між сусідніми замірами.

Нами розроблено пристрій для вимірювання температури поверхонь рухомих об'єктів, які не мають фіксованої траєкторії руху, знаходяться під впливом різноманітних сторонніх навантажень і перебувають в будь-яких із різновидностей обертального чи поступального рухів [7].

Технічна реалізація і проект

пристрою створено на основі аналітичних розрахунків температурних полів в елементах рухомих контактних ТП з твердотільними проміжними агентами, що викладено в [5, 6].

При виборі конструктивного варіанту пристрою було проаналізовано вплив різноманітних факторів на температурний розподіл в елементах ТП (швидкість руху, геометричні і механічні характеристики проміжного агента). Встановлено що визначальний вплив на метрологічні характеристики мають умови контакту між ТП та дослідним об'єктом, а також між ТП та навколишнім середовищем. Кількісно досліджено вплив констант матеріалів і умов теплообміну на показник теплової інерції пристрою.

Пристрій включає V-подібну основу 1 з трьома роликівими опорами 2, охопленими пружним елементом 3 у вигляді еластичного ремня (рис. 5). Натяг пружного елемента 3 забезпечується однією із роликівих опор 2, яка містить шток 4, встановлений з можливістю лінійного і зворотно-поступального переміщення на V-подібній основі 1, та пружину 5. Пружний елемент 3 містить ТП, розміщені один від одного на відстані- l .

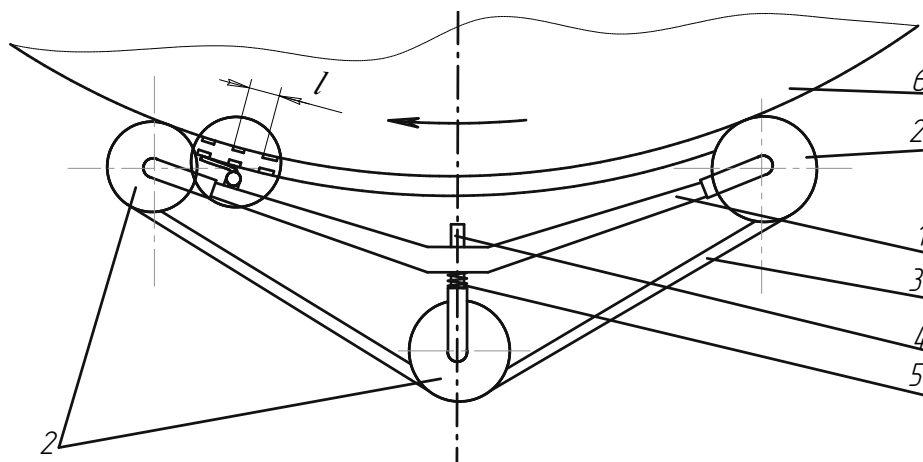


Рис. 5. Пристрій для вимірювання температури рухомих об'єктів

Кожен ТП складається з двох частин (рис. 5.12). Одна частина відбирає тепло від досліджуваного об'єкта обертання 6 і перетворює його в електричний сигнал. Ця частина включає пластину 7, виконану із пружинної сталі, та термочутливий елемент, виконаний у вигляді, наприклад, термопари 8.

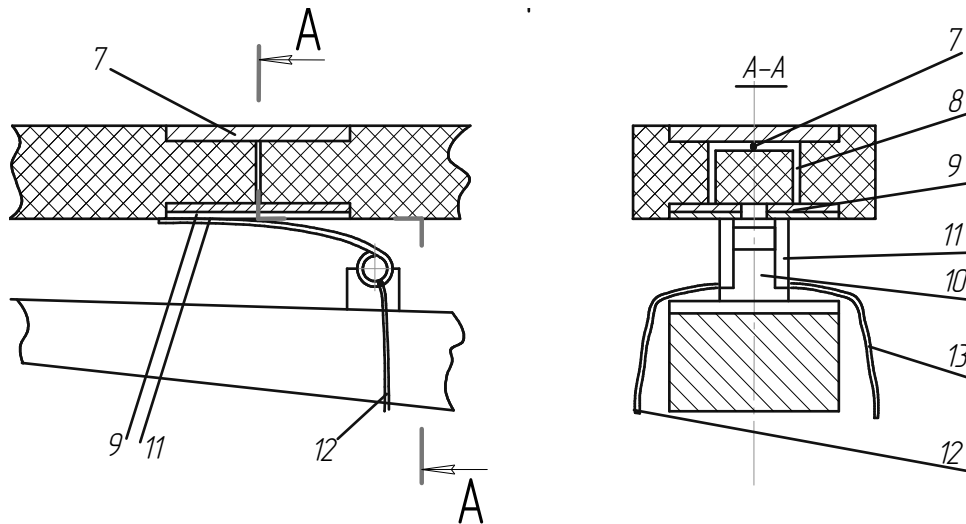


Рис. 6. Конструкція ТП: а) загальний вигляд; б) вигляд А-А на загальний вигляд

Друга частина забезпечує передачу отриманого сигналу і складається із двох біметалевих пластин 9, до яких під'єднані електроди термопари 8. Внутрішня частина біметалевої пластини 9 – сталева, зовнішня – мідно-графітова. Електричний сигнал з біметалевих пластин 9 передається на струмознімач, який складається із корпусу 10, виконаного із струмоізоляційного матеріалу і закріпленого на V- подібній основі 1, та щіток 11, виконаних у вигляді пластин із пружинної сталі та підтиснутих до внутрішньої поверхні пружного елемента 3 в зоні розміщення біметалевих пластин 9 за рахунок сил власної деформації. До кожної із щіток 11 під'єднані провідники 12 і 13 для передачі електричного сигналу до реєструючих приладів (на кресленнях не вказані). Всі параметри та матеріали елементів пристрою вибрані із умови оптимального тепловідбору та передачі отриманої інформації від об'єктів обертання через провідники 12 і 13 до реєструючих приладів. Відстань b між термодавачами вибирається із умови $l > b$, де b – довжина контакту щіток 11 з біметалевими пластинами 9. Габарити пристрою, тобто відстані між роликівими опорами слід вибирати користуючись залежностями (1; 2).

Пристрій працює наступним чином.

Роликіві опори 2, розміщені на вільних кінцях V-подібної основи 1, входять в контакт з об'єктом обертання 6, який приводить в рух роликіві опори 2 та пружний елемент 3, траєкторія руху якого на ділянці контакту аналогічна траєкторії об'єкта 6. ТП перетворюють температуру, набуту в процесі контакту з рухомим об'єктом обертання 6, в електричний сигнал, який передають через електроди термопари 8, біметалеві пластини 9 та щітки 11 нерухомого струмознімача через провідники 12 і 13 до реєструючих приладів.

Пристрій дозволяє проводити вимірювання температури об'єктів обертання шляхом безпосереднього контакту ТП з досліджуваною поверхнею по всьому її периметру з незначним кроком. Це досягається за рахунок додаткового включення ТП конструктивного виконання розміщення струмознімача, чим забезпечується прогрівання ТП до температури досліджуваних об'єктів.

Узагальнені результати аналітичних досліджень впливу конструктивних параметрів розробленого пристрою на його метрологічні характеристики здійснені з використанням [6] й залежностей (1; 2) та подані в табл. 1.

Таблиця 1

Параметри та метрологічні характеристики пристрою з контактними ТП

Параметри ТЧЕ	Діапазон вимірювань, К	Товщина захисної пластини, \varnothing , м	Довжина зони контакту L, м	Динамічний показник ТП σ , с	Методична похибка		Допустима максимальна швидкість руху дослідної поверхні V, м/с.
					Величина Δ , К	В діапазоні вимір. К	
Термоелектрон- ний ТП (хромель- алюмель \varnothing дроту 0,0002м)	+150...	0,0005	1	0,61	1,0	220-400	1,63
	+670	0,0002	1,5	0,54	1,0	220-400	2,67
Платиновий ТП опору \varnothing дроту 0,0003м	+220...	0,0005	1	0,81	1,2	270-470	1,23
	+470	0,0002	1,5	0,75	1,2	270-400	2,0
Термістор на основі NiO легований TiO ₂ (\varnothing 0,0003м)	+220...	0,0005	1	0,21	0,1	300-400	4,76
	+450	0,0002	1,5	0,18	0,1	300-400	8,33

Аналітичні залежності представлені в [6] дозволяють розраховувати динамічний показник ТП, величину абсолютної похибки вимірювання із стандартними комплектуючими елементами і заданими конструктивними параметрами (довжина зони контакту). На основі аналітичних розрахунків, також визначається така важлива характеристика як допустима швидкість руху поверхні дослідного об'єкта.

На основі табл. 1 можна робити порівняльний аналіз метрологічних характеристик і допустимої швидкості руху пристроїв, створених на базі різних стандартних комплектуючих при різних довжинах зони контакту.

Висновки. Проведений дослідження направлені на вдосконалення контактних методів і засобів контактної термометрії рухомих об'єктів, суть яких зводиться до відтворення ТП траєкторії руху дослідної поверхні на певному проміжку часу, який перевищує показник теплової інерції ТП, показав, що розглянута різновидність має хороший

теоретичний і практичний потенціал. Розроблені моделі для аналізу умов теплообміну між ТП і дослідними поверхнями, та визначення основних експлуатаційних характеристик і параметрів ТП. Виведені основні залежності, що дозволяють знаходити параметри вимірювальних пристроїв в цілому по виділених значеннях характеристик розроблених ТП. Розроблені вимірювальні пристрої, які знаходять своє застосування при вимірюванні температури поверхонь рухомих об'єктів, що не мають фіксованої траєкторії руху, піддаються вібраціям, ударам, мають значні нерівності, вм'ятини, зварні шви тощо.

Література

1. А. с. 1186968 СССР, МПК G 01 K 13/08. Устройство для измерения температуры вращающихся деталей [Текст] / Шаравин М. П., Третьяков А. В., Хасанов Р. А. и др. ; заявитель Череповецкий филиал Северо-Западного заочного

- политехнического института и Череповецкий металлургический комбинат. – № 3736990 ; заявл. 04.05.1984 ; зарегистрировано в Гос. реестре изобр. СССР 23.10.1985. – 3 с.
2. А. с. 1610313 СССР, МПК G 01 K 13/08. Устройство для измерения температуры вращающихся объектов [Текст] / Ванкевич П. И., Кузьо И. В., Панкевич Б. В. ; заявитель ЛОЛПИ и ЛСКБ «Электротермометрия». – № 4647886 ; заявл. 26.12.1988 ; зарегистрировано в Гос. реестре изобр. СССР 30.11.1990. – 4 с.
 3. А. с. 1779952 СССР, МПК G 01 K 13/08. Устройство для измерения температуры вращающихся объектов [Текст] / Ванкевич П. И., Пашистый В. А., Кузьо И. В. и др. ; заявитель ЛОЛПИ и ЛСКБ «Электротермометрия». – № 4852343 ; заявл. 17.04.1990 ; зарегистрировано в Гос. реестре изобр. СССР 08.08.1992. – 4 с.
 4. А. с. 1747951 СССР, МПК G 01 K 13/01. Устройство для измерения температуры вращающихся объектов [Текст] / Ванкевич П. И., Феденец В. А., Куритных И. П. и др. ; заявитель ЛОЛПИ и ЛСКБ «Электротермометрия». – № 4815205 ; заявл. 17.04.1990 ; зарегистрировано в Гос. реестре изобр. СССР. 15.07.1992. – 3 с.
 5. Ванкевич П. І. Загальні принципи технічної діагностики технологічного обладнання переробних і харчових виробництв [Текст] / П. І. Ванкевич // Сучасні напрямки технології та механізації переробних та харчових виробництв : Збірник наукових праць Харків. держ. техн. унів. сільськ. госп. – 2001. – Вип. 5. – С. 116-122.
 6. Ванкевич П. І. Напрями розвитку контактної термометрії рухомих об'єктів [Текст] / П. І. Ванкевич // Вимірювальна техніка та метрологія. – 2000. – Вип. 57. – С. 67-69.
 7. Деклараційний пат. на корисну модель № 8849 U Україна, МПК G01K13/08. Пристрій для вимірювання температури об'єктів обертання [Текст] / П. І. Ванкевич ; заявник та власник пат. Львівський державний аграрний університет – № u200502335 ; заявл. 15.03.2005 ; опубл 15.11.2005, Бюл. № 11. – 2 с.