

# **Новые и нетрадиционные технологии в ресурсо- и энергосбережении**

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ УКРАИНЫ  
ОДЕССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ХАРЬКОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ЭКОНОМИЧЕСКИЙ  
УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ СЕМЕНА КУЗНЕЦА  
АССОЦИАЦИЯ ТЕХНОЛОГОВ-МАШИНОСТРОИТЕЛЕЙ УКРАИНЫ  
ИНСТИТУТ СВЕРХТВЕРДЫХ МАТЕРИАЛОВ  
ИМЕНИ В. Н. БАКУЛЯ НАН УКРАИНЫ  
ИНЖЕНЕРНАЯ АКАДЕМИЯ УКРАИНЫ  
КАФЕДРА ЮНЕСКО «ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И  
АДАПТАЦИЯ НЕТРАДИЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ К ПРОБЛЕМАМ  
ПЕРСПЕКТИВНОГО ОБУЧЕНИЯ И ОБЩЕСТВЕННОГО ПРОГРЕССА»  
ГВУЗ «ПРИАЗОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
ЛУЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ООО ХК «МИКРОН»  
ООО «ТЕХНИЧЕСКИЙ ЦЕНТР «ВАРИУС»  
ПАО ОДЕССКИЙ КАБЕЛЬНЫЙ ЗАВОД «ОДЕСКАБЕЛЬ»

## **НОВЫЕ И НЕТРАДИЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В РЕСУРСО- И ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИИ**

*Материалы международной научно-технической  
конференции*

*16-18 мая 2019 года*

Одесса – 2019

**Новые и нетрадиционные технологии в ресурсо- и энергосбережении:** Материалы международной научно-технической конференции, 16–18 мая 2019 г., г. Одесса. – Одесса: ОНПУ, 2019. – 200 с.

#### **ТЕМАТИКА КОНФЕРЕНЦИИ**

1. Перспективные технологии и производственные процессы будущего.
2. Современные ресурсосберегающие технологии.
3. Микро- и нанотехнологии в промышленности.
4. Высокопроизводительные инструменты и процессы в материалообработке.
5. Автоматизация технологических процессов в машиностроении и энергетике.
6. Метрологическое обеспечение новых и нетрадиционных технологий.
7. Экологически-энергетические нетрадиционные технологии и перспективные направления их развития.
8. Технологическая динамика.
9. Методологические вопросы высшего образования в области новых технологий.

Материалы представлены в авторской редакции.

*Моргун Ю.Б., Прокопович И.В., Оборский Г.А.,  
Моргун Б.А., Костина М.М.*  
Одесский национальный политехнический университет,  
г. Одесса, Украина

## ЗОНД ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ПОВЕРХНОСТЕЙ ТОКОПРОВОДЯЩИХ ТЕЛ

Для измерения температуры поверхностей тел широко применяются термомпары, пирометры и тепловизоры. Однако, пирометры и тепловизоры, которые работают на основе анализа излучений, исходящих от исследуемого объекта, исключают возможность точного измерения температуры через существенную разницу коэффициентов излучения, присущих различным металлам и сплавам.

Известные термомпары, имеющие спай, обычно крепятся к измеряемой поверхности, что увеличивает теплоотвод с точки контакта и приводит к погрешностям оценки температуры.

Авторами разработан «Зонд для измерения температуры поверхности тел» [1], который имеет высокую точность измерений, обладает быстродействием и возможностью измерения температуры в труднодоступных местах. В зонде присутствуют два термоэлектроды, выполненных в виде компенсационных спиралей и закрепленных в изолированном сердечнике. Рабочий конец термомпары не спаян, а термоэлектроды свободно контактируют с поверхностью тела, температура которого измеряется.

Технический эффект, который достигается при применении предложенного метода, заключается в том, что конструкция зонда исключает высокую инерционность прогрева спаянной термомпары, которая увеличивает погрешность измерений. На рис. 1 изображен зонд, имеющий термоэлектроды 1 и 2, которые свободно расположены на выходе и выступают за плоскость торца зонда. Вывода термоэлектродов закреплены в изолированном сердечнике 3, который встроен в металлический стакан 4. Через обойму 5, выполненную из пластмассы, проходит держатель 6 с кабелем 7, к жилам которого присоединены выводы термоэлектродов 1 и 2. Каждый термоэлектрод имеет компенсатор длины, выполненный в виде спирали 8.

Для измерения температуры зонд прижимается к испытываемой поверхности. При этом термоэлектроды входят в контакт с металлической поверхностью и создают термомпару, в которой есть промежуточный третий электрод, не влияющий на термо-ЭДС, поскольку температура контактов одинаковая [1, 2].

Для достижения высокой точности при определении температуры данным методом следует, очевидно, стремиться к сближению проводников термомпары, а также к минимальному их диаметру.

Погрешность метода контактной искусственной термомпары можно оценить, рассмотрев известную формулу [3]:

$$I = \frac{E(t, t_0)}{R_m + R_n + R_r}, \quad (1)$$

где  $R_m$  — сопротивление милливольтметра;  $R_n$  — сопротивление соединительных проводов;  $R_r$  — сопротивление термопары.

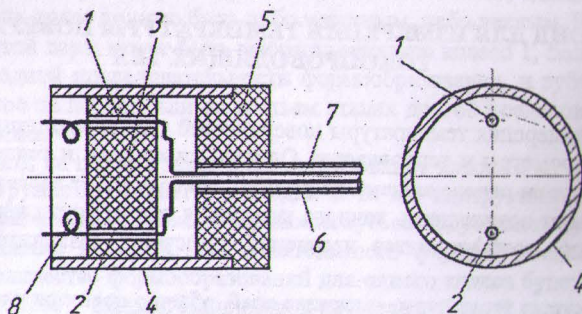


Рисунок 1—Зонд для измерения температуры поверхностей тел

В данном случае  $R_r$  зависит от нескольких факторов, а именно от переходного сопротивления между контактирующими поверхностями; сопротивления тела контакта и сопротивления пленок, которые могут быть на поверхности контакта. Как показала практика, сопротивление контакта можно выразить следующей формулой [4]:

$$R_r = \frac{d}{P_x b}, \quad (2)$$

где  $P_x$  — контактное давление;  $d$  — постоянная, зависящая от материала контакта и температуры;  $b$  — постоянная, зависящая от формы контакта.

Из формулы (2) следует, что на величину контактного сопротивления влияют температура контакта и его форма, а также величина прилагаемого усилия. При высоких температурах на поверхности металлов всегда возникают окислительные пленки толщиной 10 ... 20 Å, имеющие высокое сопротивление около 140 ... 170 Ом [5], в то время как контактное сопротивление этих материалов при нормальной температуре находится в пределах 1 ... 5 Ом. Из изложенного следует, что внутреннее сопротивление контактной искусственной термопары изменяется в широких пределах и достигает больших величин, значительно превышающих сопротивление обычных милливольтметров и гальванометров, который находится в пределах 20 ... 60 Ом. В этом случае примененные аппаратуры с малым внутренним сопротивлением не обеспечат необходимой точности. Высокая точность может быть обеспечена при использовании гальванометров с высоким сопротивлением, например — высокочувствительного многопредельного гальванометра со световым указателем типа 167311 фирмы GOERZ, который имеет внутреннее сопротивление при шкале 100 мВ в 200000 Ом.

Если считать, что сопротивление контакта изменяется от 1 до 200 Ом, то для двух контактов искусственной контактной термопары относительная погрешность может быть определена из соотношения:

$$\begin{aligned} \Delta &= 2 \frac{R^{\max} - R^{\min}}{R^{\min}} \cdot 100\% = \\ &= 2 \frac{(R_M + R_T^{\max}) - (R_M + R_T^{\min})}{R_M + R_T^{\min}} \cdot 100\% = \\ &= 2 \frac{(200000 + 400) - (200000 + 2)}{200000 + 2} \cdot 100\% = \\ &= 0,004 \cdot 100\% = 0,4\%. \end{aligned} \quad (3)$$

Разработанный авторами метод измерения температуры поверхности токопроводящих тел двумя контактными термоэлектродами обладает высокой точностью измерений, исключает инерционность прогрева спаянной термопары, обеспечивает быстрое действие и может быть использован в системах с такими особенностями, как труднодоступность, движение элементов системы, малая величина поверхности для измерений, невозможность применения стандартных датчиков температуры. Этот метод внедрен на Одесском кабельном заводе в АСУ ТП непрерывного литья бескислородной медной катанки [6, 7].

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Патент України на корисну модель № 104319. Зонд для вимірювання температури поверхонь тіл / Г. О. Оборський, Б. О. Моргун, Ю. Б. Моргун, І. В. Прокопович // Бюл. № 2, 2016.
2. Вимірювання фізичних величин / Г. О. Оборський, П. Т. Слободяник, В. Л. Костенко, С. Г. Антощук. – Одеса: Астропринт. 2012. – 329 с.
3. Преображенский В. П. Теплотехнические измерения и приборы / В.П. Преображенский. – М.: Энергия, 1954. – 426 с.
4. Справочник по элементам автоматики и телемеханики. – М.: Госэнергоиздат, 1967. – 423 с.
5. Слуцкая В. В. Тонкие пленки в технике СВЧ / В. В. Слуцкая. – К.: Техніка, 1967. – 288 с.
6. Организация контроля температуры при непрерывном литье медной катанки / Г. А. Оборский, И. В. Прокопович, М. М. Костина, М. А. Духанина // Материалы XII Международной научно-практической конференции «Литье. Металлургия. 2016». – 24–26 мая 2016 г., г. Запорожье. – Запорожье: ЗТПШ, 2016. – С. 174–177.
7. Метрологическое обеспечение АСУ ТП непрерывного литья медной катанки / Б. А. Моргун, И. В. Прокопович, М. М. Костина, Ю. Б. Моргун // Системи обробки інформації: збірник наукових праць. – Харків: ХУПС ім. І. Кожедуба, 2016. – Вип. 6 (143). – С. 100–103.

<i>Крюк А. Г.</i> НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ ДОВОДОЧНОГО ШЛИФОВАНИЯ СВОБОДНЫМ АБРАЗИВОМ	79
<i>Кусакин Н. А., Майстер А. И., Хейфец М. Л.</i> ПРОЦЕССЫ СИСТЕМЫ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА МНОГОПРОФИЛЬНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ	84
<i>Лавінський Д. В., Морачковський О. К.</i> РОЗРАХУНКИ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ ТА ТЕПЛОВИХ ПОЛІВ У ТЕХНОЛОГІЧНИХ СИСТЕМАХ ЕЛЕКТРОМАГНІТНОЇ ОБРОБКИ	87
<i>Лавріненко В. І.</i> ДО ПИТАННЯ ПОПУЛЯРИЗАЦІЇ НАУКОВИХ РОЗРОБОК У НАПРЯМКУ ЗАСТОСУВАННЯ НАДТВЕРДИХ МАТЕРІАЛІВ У ПРОМИСЛОВОСТІ	90
<i>Лавриненко В. И., Полторацкий В. Г., Пасичный О. О., Солод В. Ю.</i> ОСОБЕННОСТИ АЛМАЗНОГО ШЛИФОВАНИЯ КОМПОЗИЦИОННЫХ КЕРАМИК – $Si_3N_4+V_4C$	92
<i>Ларшин В. П., Зайка О. І., Ліценко Н. В.</i> ВПЛИВ ПРУЖНИХ ДЕФОРМАЦІЙ ЗАГОТОВКИ НА РІВЕНЬ ВІБРАЦІЙНОГО І ЗВУКОВОГО СИГНАЛІВ	95
<i>Лебедев В. Г., Клименко Н.Н., Чумаченко Т.В., Фроленкова О.В., Николаева Т.В.</i> СНИЖЕНИЕ ВЕРОЯТНОСТИ ПОЯВЛЕНИЯ ПРИЖОГОВ ЗАКАЛКИ ПРИ ШЛИФОВАНИИ ЗАКАЛЕННЫХ СТАЛЕЙ	97
<i>Levchenko V. A., Ying P., Huang M., Wu J., Zhang P.</i> EFFECT OF RECEIVING RESOURCE- SAVING COATINGS WITH USE OF SYMMETRIC STRUCTURES	100
<i>Ліценко Н. В., Ларшин В. П., Дорожкін О. О.</i> ПЛАНУВАННЯ ЕКСПЕРИМЕНТУ ПРИ ДОСЛІДЖЕННІ ДИНАМІКИ ТЕХНОЛОГІЧНИХ СИСТЕМ РІЗАННЯ	103
<i>Марчук В. І., Марчук І. В., Олексин М. В., Сачковська Л. О., Джугурян Т. Г.</i> ДО ВИЗНАЧЕННЯ ПОХОДЖЕННЯ ТЕПЛОВИХ ДЕФЕКТІВ ПІД ЧАС БЕЗЦЕНТРОВОГО ШЛІФУВАННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ ПОВЕРХОНЬ ОБЕРТАННЯ	105
<i>Мироненко А. Л., Третяк Т. Е., Мироненко С. А.</i> МЕТОДИКА ПОЛУЧЕНИЯ СОПРЯГАЕМЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ ЗУБЬЕВ НЕЭВОЛЬВЕНТНЫХ ЗУБЧАТЫХ КОЛЕС	107
<i>Моргун Ю. Б., Прокопович И. В., Оборский Г. А., Моргун Б. А., Костина М. М.</i> ЗОНД ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ПОВЕРХНОСТЕЙ ТОКОПРОВОДЯЩИХ ТЕЛ	109

## **НОВЫЕ И НЕТРАДИЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В РЕСУРСО- И ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИИ**

(Материалы международной научно-технической  
конференции, 16–18 мая 2019 года, г. Одесса)

Редакторы: Новиков Ф. В.  
Яровой Ю. В.

Подписано в печать 22.04.2019  
Формат 60×84  
Бумага типографская  
Печать офсетная. Уч.-изд. л. 12,5  
Тираф 200 экз.

Одесский национальный политехнический университет  
65044, г. Одесса, проспект Шевченко, 1