

УДК 628.87:697.245.386

**БЕЛИКОВ А. С., д.т.н., проф., РАГИМОВ С.Ю., инж., ШАЛОМОВ В.А., к.т.н.,  
доц., ХАНБЕКОВ А. В., студ.**

*ГВУЗ «Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры,  
г. Днепропетровск.*

## **ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ И ПРАКТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ СРЕДСТВ ПРИМЕНЯЕМЫХ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ТЕПЛОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ**

### **Аннотация**

В статье приведены данные исследований условий труда горячих производств по тепловому фактору, представлен анализ существующих отечественных и зарубежных приборов с различными диапазонами измерений, чувствительностью и разрешающей способностью.

**Ключевые слова:** тепловой поток, датчик, избыточное теплоизлучение, температура нагрева, диапазон измерений.

### **Анотація**

У статті наведені дані досліджень умов праці гарячих виробництв за тепловим чинником, представлений аналіз існуючих вітчизняних і зарубіжних приладів з різними діапазонами вимірювань, чутливістю і роздільною здатністю.

**Ключові слова:** тепловий потік, датчик, надлишкове тепловипромінювання, температура нагріву, діапазон вимірювань.

### **Annotation**

The article presents data from studies of working conditions for production of hot thermal factors, the analysis of the existing domestic and foreign devices with various measuring ranges, sensitivity and the ability to resolve.

**Key words:** heat flow, sensor, excessive heat radiation, heating temperature, measurement range.

Исследования условий труда горячих производств по тепловому фактору показали, что избыточное теплоизлучение на рабочих местах имеет очень большой динамический диапазон от 50,0 Вт/м<sup>2</sup> до 20000 Вт/м<sup>2</sup> при норме интегрального допустимого облучения в 140 Вт/м<sup>2</sup> [1, 2].

При анализе существующих приборов как отечественных, так и зарубежных оказалось, что нет универсального прибора, работающего в указанном диапазоне с достаточной чувствительностью и точностью, как при минимальных, так и при максимальных значениях теплового потока. Поэтому, для измерения приходится использовать несколько приборов с разными поддиапазонами, что сказывается на сложности, трудоемкости процесса измерения, а главное точности измерений.

Так, оказалось, что при малом диапазоне измерения ограничен верхний предел

измерения, но высока чувствительность и разрешающая способность. При большем диапазоне от  $1000 \text{ Вт/м}^2$  до  $20000 \text{ Вт/м}^2$  предел измерения расширен, но мала точность и разрешающая способность измерения. При решении данного вопроса нами на основании проведенных исследований и на основе анализа существующих стандартных датчиков предложен новый метод измерения. Для этого на стенде рис.1. измерялся тепловой поток  $Q$  от источника стабильного теплового потока - муфельной печи. Для достоверности измерений устанавливаются два стандартных датчика – один в качестве образцового-контрольного, другой как исследуемый. За счет регулируемого теплового потока снимаем статические характеристики отобранных на основании анализа датчиков: ДТП-01, ДТП-02, ДТП-03, ДТП-04, ДТП-05. Зависимости генерируемого сигнала от величины теплового потока приведены на рис.2. Наименее чувствительным оказался датчик ДТП-01 имеющий диапазон измерения теплового потока от  $10^4$  до  $10^7 \text{ Вт/м}^2$ . Датчик ДТП-05 обладает высокой чувствительностью и высокой разрешающей способностью, но диапазон измерения от  $10 \text{ Вт/м}^2$  до  $3000 \text{ Вт/м}^2$ . Нами были проведены исследования характеристик датчика ДТП-05 при воздействии различных по величине тепловых потоков и величины возрастания э.д.с. датчика по времени. Результаты исследования приведены в виде семейства кривых на рис.3, 4.

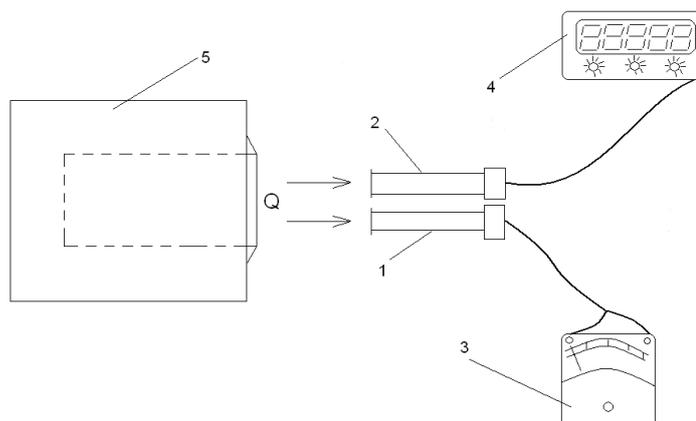


Рис.1. Стенд для лабораторных испытаний датчика ДТП-05:

1 – исследуемый датчик; 2 – образцовый датчик; 3 – аналоговый милливольтметр; 4 – цифровой мультиметр; 5 – муфельная печь.

Измерения проводились при различных тепловых потоках в двух диапазонах до  $1400 \text{ Вт/м}^2$  и до  $18000 \text{ Вт/м}^2$ . Кривые пронумерованы и значения теплового потока для каждой кривой приведены в табл.1.

Градуировку производили в лабораторных условиях Госстандарта по методике для датчиков точности третьего разряда и технических тепловых радиометров. В качестве источника излучения использовалась муфельная печь типа ПМ-56. Температура нагрева внутренней поверхности печи контролировалась термопарой и милливольтметром.

Мощность печи 2,6 кВт. Температура нагрева печи поддерживалась до 1273 К. В качестве образцового-эталонного контрольного использовался датчик ДТП-02 с пределом измерения до 20000 Вт/м<sup>2</sup> (рис.1.).

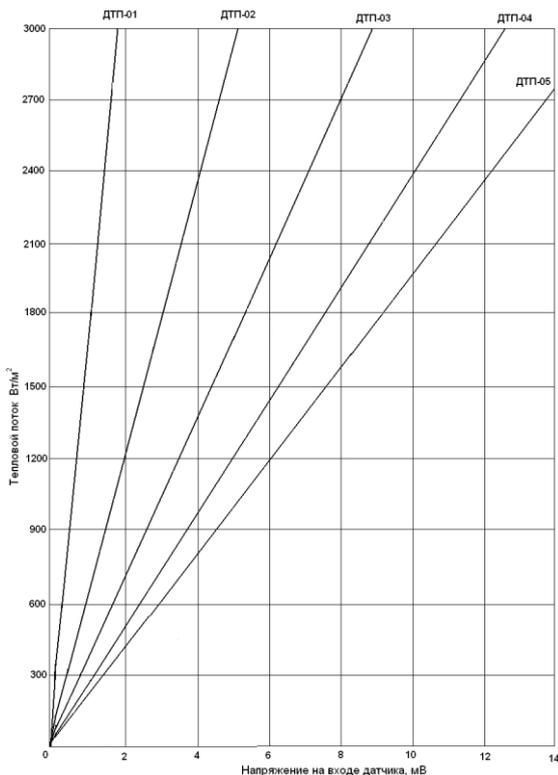


Рис.2. Зависимости сигнала датчиков от величины теплового потока.

На стенде система управления муфельной печи позволяет плавно поднимать температуру внутренней поверхности до 1273 К. На регулируемом расстоянии от 0,1 до 1 м от открытого окна печи в специальном штативе зажаты приемные тубусы контрольного датчика и исследуемого. Приемные головки предварительно отвизированы на окно печи МП-56 и находятся в контакте между собой для равенства температур корпусов. Угол зрения исследуемого датчика установлен равным углу зрения контрольного датчика.

К датчикам образцового и испытуемого подключены одинаковые милливольтметры типа М2031/2, высокой чувствительности – цена деления  $C_1=1,0 \cdot 10^{-7}$  А/деление, класс точности – 0,5.

Сопротивление термоэлектрической батареи датчика и гальванометра равно 389,4 Ом, сопротивлением соединительных проводов пренебрегаем из-за их малого сопротивления, менее 0,1 Ом.

Для градуировки кривых устанавливаем таймер со звуковым сигналом и электрическими метками. Показания цифрового мультиметра, аналогового милливольтметра параллельно подаются на специальный интерфейс компьютера.

Таким образом, мы получили значения э.д.с. датчика в зависимости от величины

теплового потока по времени экспериментальным путем. Для подтверждения выбранного метода использования датчика ДТП-05 в режиме измерения, решаем задачу математического моделирования прогрева тела датчика различными тепловыми потоками по времени. Погрешность измерения растет с увеличением температуры тела датчика. Решение задачи путем математического моделирования позволяет выбрать наиболее оптимальный режим измерений датчика с учетом требований высокой чувствительности и разрешающей способности с широким диапазоном пределов измерений [3].

Таблица 1.

Значения э.д.с. датчика в зависимости от величины теплового потока.

№ кривой изменения э.д.с. датчика во времени	Величина теплового потока, Вт/м <sup>2</sup>	№ кривой изменения э.д.с. датчика во времени	Величина теплового потока, Вт/м <sup>2</sup>	№ кривой изменения э.д.с. датчика во времени	Величина теплового потока, Вт/м <sup>2</sup>
1	1400	9	125	17	11800
2	750	10	110	18	10500
3	460	11	90	19	9000
4	380	12	80	20	7800
5	290	13	70	21	6300
6	220	14	18000	22	5000
7	165	15	15000	23	3500
8	145	16	13200	24	2000

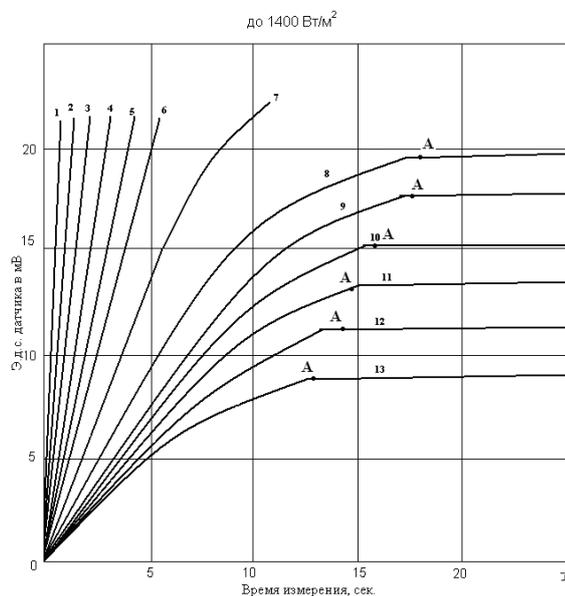


Рис.3. Зависимость выходного сигнала датчиков в мВ, от величины теплового потока и времени воздействия при тепловом потоке до 1400Вт/м<sup>2</sup>

Для оценки положительных и отрицательных сторон такого варианта использования датчика необходимо исследовать поведение датчика ДТП-05 в переменных потоках теплового излучения. В реальности необходимо решить несколько задач с учетом факторов,

влияющих на погрешность:

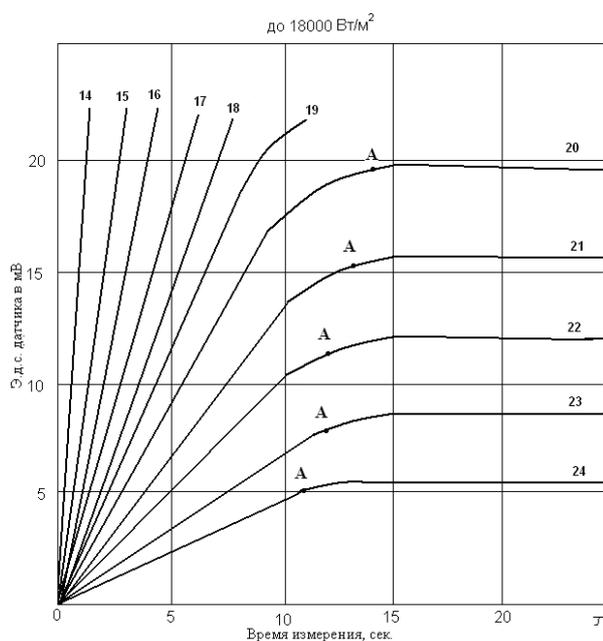


Рис.4. Зависимость выходного сигнала датчиков в мВ, от величины теплового потока и времени воздействия при тепловых потоках до 18000Вт/м<sup>2</sup>.

- определить температуру нагрева самого тела датчика при измерении теплового потока от 35 до 20000Вт/м<sup>2</sup> в вакууме и в воздушной среде;
- определить время охлаждения датчика после замера без воздействия теплового потока излучения;
- установить зависимость температуры нагрева рабочего тела датчика от измеряемого теплового потока излучения.

Установленные зависимости влияния температуры на нагрев и охлаждение датчика позволяют учитывать погрешность приборов при измерении интенсивности теплового излучения.

#### ЛИТЕРАТУРА:

1. Беликов А. С. Охрана труда на предприятиях строительной индустрии / Беликов А. С., Кожушко А. П., Сафонов В. В. - Днепропетровск: Федоренко А.А., 2010. – 528 с.
2. Геращенко О. А. Тепловые и температурные измерения / Геращенко О. А., Федоров В. Г. - К.: Наукова думка, 1965. – 304 с.
3. Рагимов С. Ю. К вопросу теоретических исследований интенсивности энергетической освещенности термических участков производства / А. С. Беликов, С. Ю. Рагимов, А. М. Кравчук // Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури. – Дніпропетровськ, - 2010. - Вип.8. - С. 21-27.