

С.В. Ромасько, аспирант
(ФГБОУ ВПО «СГГА», г. Новосибирск)

ПРИМЕНЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ОБРАБОТКИ РЕЗУЛЬТАТОВ ИЗМЕРЕНИЙ ТЕМПЕРАТУРЫ НА ВНУТРЕННЕЙ ПОВЕРХНОСТИ ОТАПЛИВАЕМОГО ПОМЕЩЕНИЯ

Главной задачей теплоснабжения, например, помещения, является обеспечение нормальной температуры T_0 внутри этого объекта, окруженного ограждающими конструкциями [1, 2]. Выделяемый системой теплоснабжения тепловой поток P распределяется на тепловые утечки (тепловые потоки) через стены в окружающую среду температурой T_c .

Примером сложного характера процессов теплообмена отапливаемого помещения с окружающей средой и соседними с ним помещениями могут служить результаты проведённых исследований распределения температуры на внутренней поверхности стен одного из лабораторных помещений Сибирского НИИ метрологии (рис. 1). Исследования выполнялись с помощью многоканального прецизионного измерителя температуры «Термоизмеритель ТМ-12», имеющего 12 каналов измерений температуры и укомплектованного датчиками температуры ТС-100 с номинальным сопротивлением 100 Ом. Прибор позволяет измерять температуру и исследовать температурное поле с разрешением в 0,01 °С.

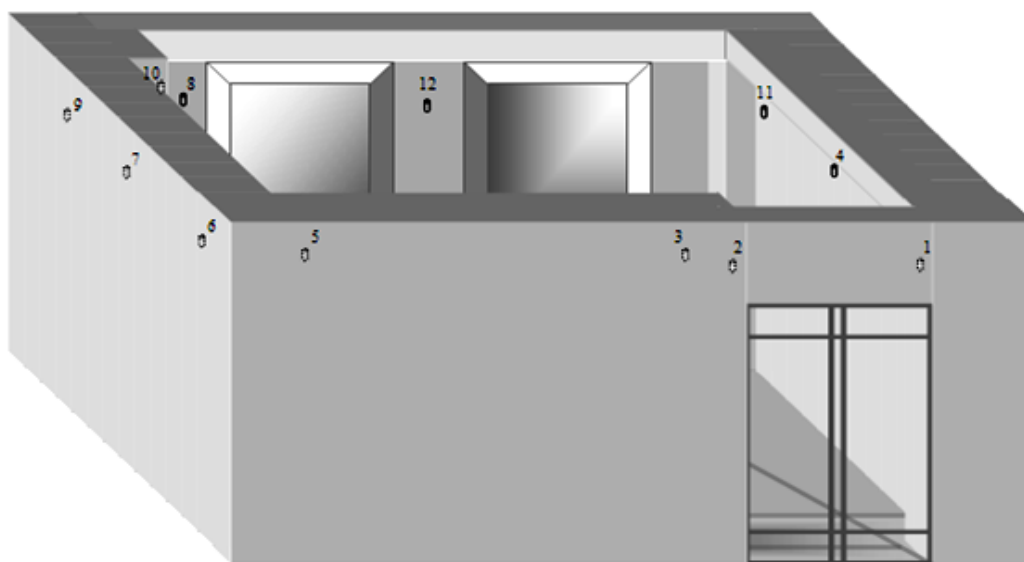


Рисунок 1 – Схема расположения датчиков температуры в помещении

В соответствии с данной схемой проводились измерения температуры с интервалом в 10 мин в разные дни. Полученные результаты приведены в таблице 1 [2].

Таблица 1 – Значения температуры в помещении по 12 каналам прибора ТМ-12

| <i>K1</i> | <i>K2</i> | <i>K3</i> | <i>K4</i> | <i>K5</i> | <i>K6</i> | <i>K7</i> | <i>K8</i> | <i>K9</i> | <i>K10</i> | <i>K11</i> | <i>K12</i> |
|---|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|------------|------------|
| температура в помещении 22,2 °С; температура на улице: 3,0 °С | | | | | | | | | | | |
| 21,24 | 21,61 | 21,93 | 21,27 | 23,63 | 23,19 | 23,21 | 18,69 | 23,65 | 23,69 | 20,84 | 19,83 |
| температура в помещении 21,6 °С; температура на улице 3,0 °С | | | | | | | | | | | |
| 21,59 | 21,78 | 22,05 | 21,59 | 23,33 | 22,84 | 22,87 | 19,15 | 23,30 | 23,37 | 20,89 | 19,30 |
| температура в помещении 21,8 °С; температура на улице –2,0 °С | | | | | | | | | | | |
| 21,52 | 21,68 | 21,85 | 21,48 | 23,13 | 22,64 | 22,67 | 18,96 | 23,10 | 23,17 | 20,47 | 18,17 |
| температура в помещении 22,5 °С; температура на улице 4,0 °С | | | | | | | | | | | |
| 22,01 | 22,30 | 22,53 | 21,98 | 23,73 | 23,24 | 23,27 | 19,51 | 23,70 | 23,77 | 21,27 | 19,80 |
| температура в помещении 22,6 °С; температура на улице 3,0 °С | | | | | | | | | | | |
| 22,11 | 22,36 | 22,63 | 22,06 | 23,73 | 23,22 | 23,26 | 19,61 | 23,74 | 23,88 | 21,32 | 19,85 |
| температура в помещении 24,2 °С; температура на улице 2,0 °С | | | | | | | | | | | |
| 23,87 | 24,17 | 24,68 | 24,07 | 24,46 | 23,97 | 24,05 | 22,40 | 24,46 | 24,54 | 23,99 | 23,54 |

При измерении температуры n раз в одинаковых условиях получены результаты $t_1, t_2, t_3, \dots, t_n$ [3].

Наиболее вероятное значение этой величины есть \bar{x} , тогда среднее арифметическое значение измерений температуры по 12 каналам представим следующим образом:

$$\bar{x} = \frac{t_1 + t_2 + t_3 + \dots + t_n}{n}, \text{ °С.} \quad (1)$$

В этом случае погрешность измерений примет вид:

$$\Delta_1 = \bar{x} - t_1; \quad \Delta_2 = \bar{x} - t_2; \quad \dots; \quad \Delta_n = \bar{x} - t_n. \quad (2)$$

Найдём погрешность вида $\varepsilon_i = t(k)p - t(k)$, где среднее квадратическое отклонение результатов измерений температуры по k -каналам будет рассчитываться по формуле [4]:

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{\varepsilon_1^2 + \varepsilon_2^2 + \dots + \varepsilon_k^2}{k}}. \quad (3)$$

Аналогично рассчитываются k и ε_k .

Основываясь на методах математической обработки, запишем систему уравнений:

$$\begin{cases} t + \varepsilon = a(k + \varepsilon_k) + b \\ t - \varepsilon = a(k - \varepsilon_k) + b \end{cases}. \quad (4)$$

Решая эту систему уравнений, получаем параметры a и b , равные 20,66 и 0,20, соответственно.

Подставляя полученные значения в (4), получаем следующую сплайн-функцию вида $t(k) = 0,20k + 20,66$ [3].

Анализируя полученные результаты таблицы 1, представим распределение температурных полей в помещении в графическом виде (рис. 2).

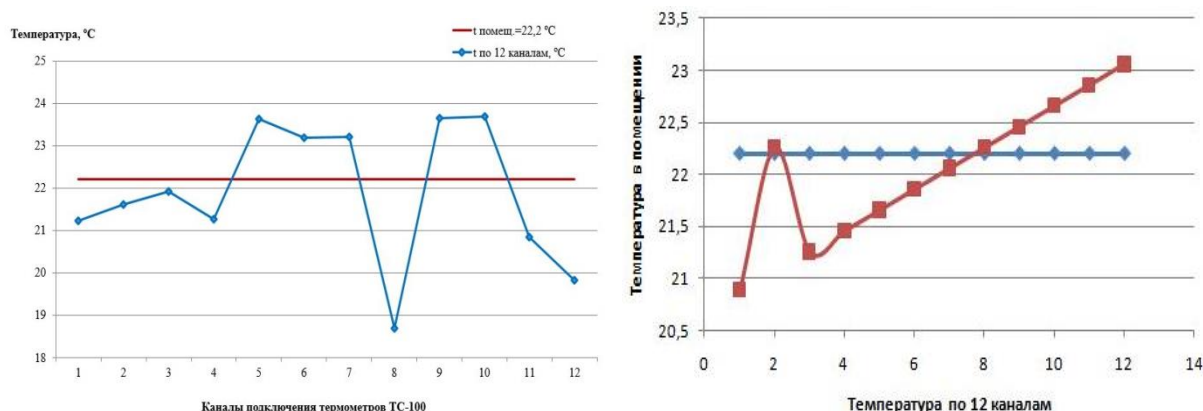


Рисунок 2 – График распределения температурных полей в помещении:
а) по экспериментальным данным; б) по рассчитанным параметрам

Таким образом, для получения достоверной информации об измерениях температуры в помещении необходимо учитывать влияние внешних факторов на погрешность измерений.

Полученные результаты наглядно показывают, что необходимую для комфортных условий в помещении тепловую мощность практически невозможно достаточно точно рассчитать из-за сложности характера теплообмена на поверхности ограждающих его конструкций. Для этого необходимы данные не только по температурным полям на поверхностях стен, но и по эффективной теплопроводности материалов, из которых они изготовлены.

Список литературы

1. Черепанов В. Я. Методы и средства метрологического обеспечения измерений параметров теплообмена и теплоносителей [Рукопись]: дис.... д-ра техн. наук: 05.11.15, 05.11.01 / Черепанов Виктор Яковлевич. – Новосибирск, 2005. – 298 с.
2. Зонова А.Д. Разработка и исследование теплотрических методов и средств неразрушающих измерений параметров теплоносителя в системах теплоснабжения [Рукопись]: дис.... канд. техн. наук: 05.11.15 / Зонова Анна Дмитриевна. – Новосибирск, 2013. – 123 с.
3. Завьялов Ю.С. Методы сплайн-функций [Текст] / Ю.С. Завьялов, Б.И. Квасов, В.Л. Мирошниченко. – М.: Наука, 1980. – 352 с.
4. Крылов А.Н. Лекции о приближённых вычислениях [Текст]. – М.: Наука, 1950.