

спектрофотометра D_k для зарегистрированной длины волны λ и измеренных на момент записи спектра значений температуры поверхности образца T и температуры излучающей полости абсолютно черного тела T_0 .

Значения спектральной излучательной способности материалов $\varepsilon(\lambda, T)$ относятся к температуре поверхности образца T .

Исходные характеристики состояния поверхности исследуемых образцов при спектральных измерениях определяются теми же способами, что и в случае интегральных измерений.

Разработанная методика может быть воспроизведена с помощью других типов спектрофотометров отечественного и зарубежного производства.

Измерение температуры поверхностей исследуемых образцов и излучающей полости абсолютно черного тела измеряется хромель-копелевыми или хромель-алюмелевыми термопарами.

Дополнительный контроль измеряемой температуры абсолютно черного тела производится с помощью оптических бесконтактных методов пирометрами полного излучения, например, ТЕРА-50 и ОППИР-17 в зависимости от температурного диапазона.

Использованные источники:

1. Misbakhov R.S., Moskalenko N.I., Bagautdinov I.Z., Gureev V.M., Ermakov A.M. Numerical studies into hydrodynamics and heat exchange in heat exchangers using helical square and oval Biosciences Biotechnology Research Asia. 2015. T. 12. C. 719-724.
2. Гуреев В.М., Ермаков А.М., Мисбахов Р.Ш., Москаленко Н.И. Численное моделирование кожухотрубного теплообменного аппарата с кольцевыми и полукольцевыми выемками. // Промышленная энергетика. 2014. № 11. С. 13-16.

УДК 621.432.3

Хисматуллин Р.Ф.

лаборант научно-исслед. лаборатории «СТиВПС»

Казанский государственный энергетический университет

Россия, г. Казань

РАСЧЕТ ПОГРЕШНОСТЕЙ ЭКСПЕРИМЕНТОВ

Аннотация: В статье рассматривается расчет погрешностей экспериментов при определении излучательной способности.

Ключевые слова: Поверхностей нагрева, погрешность, приемка излучений, плотности энергии

Hismatullin R.F., laborant laboratory "STiVPS"

Kazan State Power Engineering University

Russia, Kazan

CALCULATION OF ERRORS OF EXPERIMENTS

Annotation: The article deals with the calculation of experimental error in determining emissivity.

Keywords: heating surface, error, acceptance of radiation energy density

Наибольшие погрешности при определении излучательной способности связаны с измерением температуры с помощью термопар. Общую формулу для определения средней квадратичной погрешности измерения температуры с помощью термопар можно записать на основании средних приведенных значений частных погрешностей в виде, %:

$$\sigma_T = 1,1(\sigma_{12}^2 + \sigma_{22}^2 + \sigma_{32}^2 + \sigma_{42}^2 + \sigma_{52}^2 + \sigma_{62}^2 + \sigma_{72}^2)^{0,5}, \quad (1)$$

где σ_1 – погрешность, вызванная неоднородностью термоэлектродных материалов, $\pm (0,15 - 0,2) \%$; σ_2 – погрешность градуировки термопары, $\pm (0,2 - 0,3) \%$; σ_3 – погрешность вторичного прибора [для милливольтметра типа МПП-054 равна $\pm (0,5-1) \%$, для потенциометра типа ПП $\pm (0,2-0,5) \%$, для вольтметра В7-35 $\pm 0,2 \%$]; σ_4 – погрешность определения сопротивления термоэлектрической цепи термопары (при измерении милливольтметром), $\pm (1 - 1,2) \%$; σ_5 – погрешность определения температуры свободных концов, $\pm (0,2 - 0,3) \%$; σ_6 – погрешность отсчета показаний по шкале вторичного прибора, $\pm (0,5-0,8) \%$; σ_7 – погрешность установки термопар $\pm (0,2 - 0,3) \%$.

Подставляя численные значения частных погрешностей в формулу (2.17), получаем значение средней квадратичной погрешности измерения температуры с помощью термопар $\sigma_T = \pm 1,8 \%$.

Определение излучательной способности материалов представляет собой совокупное измерение и погрешность экспериментов, включает в себя неисключенную систематическую погрешность метода и средств измерений.

Систематическая погрешность определения интегральной излучательной способности записывается как

$$\sigma_{\text{и.п}} = 1,1(\sigma_{\text{и.п}}^2 + \sigma_{\text{ш}}^2 + \sigma_{\text{р}}^2 + \sigma_{\text{О}}^2 + \sigma_{\text{м}}^2)^{0,5}, \quad (3)$$

где $\sigma_{\text{и.п}}$ – систематическая погрешность определения отношения интегральных потоков излучения исследуемого образца и абсолютно черного тела; $\sigma_{\text{ш}}$ – погрешность измерения параметров шероховатости; $\sigma_{\text{р}}$ – погрешность регистрации сигнала с приемника излучения; $\sigma_{\text{О}}$ – погрешность обработки графических результатов; $\sigma_{\text{м}}$ – методическая погрешность.

Систематическая погрешность определения отношения интегральных потоков излучения записывается в виде:

$$\sigma_{\text{и.п}} = 1,1(\sigma_E^2 + \sigma_{E0}^2)^{0,5}, \quad (4)$$

где σ_E , σ_{E0} – соответственно, систематические погрешности определения интегральной плотности энергии излучения исследуемого образца и абсолютно черного тела, определяемые как:

$$\sigma_E, \sigma_{E0} = 1,1(4\sigma_T^2 + \sigma_{\text{р}}^2 + \sigma_{\text{О}}^2)^{0,5}, \quad (5)$$

где σ_T , σ_{T0} – соответственно, погрешности измерения температуры излучающей поверхности образца и полости абсолютно черного тела.

При обработке экспериментальных данных за результат измерения принимается среднеарифметический результат измерений $\overline{a_{cp}}$.

Оценка среднеквадратичного отклонения S описывается выражением:

$$S = [\sum (x_i - \overline{a_{cp}})^2 / n(n-1)]^{0,5}, \quad (6)$$

где n , x_i – число и результат измерений. Суммирование ведется от 1 до n .

В соответствии со значением коэффициента надежности $\alpha = 0,95$ и числом измерений n определяется коэффициент Стьюдента t_α . При этом формула для расчета случайной погрешности записывается: $\Delta a = t_\alpha S$.

Отсюда результат с границами случайной погрешности: $a = \overline{a_{cp}} \pm \Delta a$ и относительная случайная погрешность $\xi = (\Delta a/a)100 \%$.

Общая погрешность измерений определяется как совокупность случайной и неисключенной систематической погрешностей:

$$\delta = 1,1(\xi^2 + \sigma^2)^{0,5}. \quad (7)$$

Так как в экспериментах по исследованию излучательной способности материалов получено $\sigma/\xi > 8$, то случайной погрешностью ξ можно пренебречь. Границы погрешностей результатов измерений можно оценивать по неисключенной систематической погрешности $\pm\sigma$ (%):

Систематическая погрешность определения интегральной излучательной способности материалов при 1000 К $\sigma_{\text{и}} = \pm 8,2 \%$ (составляющие погрешности $\pm$: $\sigma_{\text{т}} = 1,8 \%$; $\sigma_{\text{т0}} = 1,8 \%$; $\sigma_{\text{о}} = 0,8 \%$; $\sigma_{\text{р}} = 0,8 \%$; $\sigma_{\text{Е}} = 4,2 \%$; $\sigma_{\text{Е0}} = 4,2 \%$; $\sigma_{\text{и.п}} = 6,5 \%$; $\sigma_{\text{ш}} = 1,1 \%$; $\sigma_{\text{м}} = 3,2 \%$);

Наибольшие погрешности связаны с измерением температуры излучающей поверхности образца и полости абсолютно черного тела. В состав методической погрешности $\sigma_{\text{м}} = \pm 3,2 \%$ входит погрешность определения содержания основных химических компонентов в огнеупорах и отложениях, значение которой взято по рекомендациям.

Использованные источники:

1. Таймаров М.А., Кувшинов Н.Е., Чикляев Д.Е., Чикляев Е.Г. Регулирование выбросов окислов азота при сжигании мазута в котлах. // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики. 2016. № 3-4. С. 40-44.
2. Таймаров М.А., Кувшинов Н.Е., Сунгатуллин Р.Г., Лавирко Ю.В. Причины повышения температуры на перевале печей при нагреве вакуумного газойля. // Вестник Казанского технологического университета. 2016. Т. 19. № 20. С. 73-75.
3. Таймаров М.А., Кувшинов Н.Е., Ахметова Р.В., Сунгатуллин Р.Г., Чикляев Д.Е. Исследование химических процессов образования оксидов азота при сжигании газа и мазута. // Вестник Казанского технологического университета. 2016. Т. 19. № 20. С. 80-83.
4. Таймаров М.А., Кувшинов Н.Е., Чикляев Д.Е., Мазаров И.Ю. Снижение выбросов окислов азота в котлах путем управления процессом горения на основе компьютеризированных теплотехнических расчетов. // Вестник

Казанского технологического университета. 2016. Т. 19. № 8. С. 62-64.

5. Кувшинов Н.Е., Багаутдинов И.З. Экспериментальный стенд для исследование характеристик двухфазных потоков. // Инновационная наука. 2016. № 10-2. С. 75-78.

6. Кувшинов Н.Е., Багаутдинов И.З. Методика проведения эксперимента образующихся в процессах адиабатного расширения капельных жидкостей. // Инновационная наука. 2016. № 10-2. С. 78-80.

7. Кувшинов Н.Е., Багаутдинов И.З. Погрешность измерений эксперимента образующихся в процессах адиабатного расширения. // Инновационная наука. 2016. № 10-2. С. 80-81.

8. Кувшинов Н.Е., Багаутдинов И.З. Математическая модель, осуществленная в fluent пакете. // Инновационная наука. 2016. № 10-2. С. 81-83.

9. Кувшинов Н.Е., Багаутдинов И.З. Физико-математическая модель адиабатного течения вскипающей жидкости. // Инновационная наука. 2016. № 10-2. С. 83-86.

10. Кувшинов Н.Е., Багаутдинов И.З. Расчет параметров двухфазного потока.// Инновационная наука. 2016. № 10-2. С. 86-88.

11. Кувшинов Н.Е., Багаутдинов И.З. Особенности расширительных турбин, утилизирующих энергию избыточного давления.// Инновационная наука. 2016. № 3-3. С. 25-26.

12. Кувшинов Н.Е., Багаутдинов И.З. Низкотемпературные процессы разделения углеводородных газов.// Инновационная наука. 2016. № 3-3. С. 26-28.

13. Таймаров М.А., Кувшинов Н.Е., Степанова Т.О. Технология воспламенения топлива. // Вестник Казанского технологического университета. 2015. Т. 18. № 24. С. 41-44.

14. Таймаров М.А., Кувшинов Н.Е., Степанова Т.О. Технология утилизации смол пиролиза и водносмоляной эмульсии на ПАО «казаньоргсинтез» .// Вестник Казанского технологического университета. 2015. Т. 18. № 24. С. 47-49.

15. Мисбахов Р.Ш., Мизонов В.Е., Ветренко Т.Г. Ячеечная модель теплопроводности в среде с эндотермической реакцией. // Информационная среда вуза. 2015. № 1. С. 688-691.

16. Мисбахов Р.Ш. Влияние добавок водорода на технико-экономические и экологические показатели газовых и дизельных двигателей.// диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук / Казанский государственный технический университет им. А.Н. Туполева. Казань, 2010

17. Мисбахов Р.Ш. Влияние добавок водорода на технико-экономические и экологические показатели газовых и дизельных двигателей. // автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук / Казанский государственный технический университет им. А.Н. Туполева. Казань, 2010