

3	0,82	1,71	2,38	3,05	3,94
5	0,88	,42	2,49	3,02	4,09
7	0,79	1,56	2,32	3,08	3,84

Из таблиц 1 и 2 видно, что на максимальную погрешность в определении КТ существенно влияет погрешность в определении тепловых потоков. Причем с увеличением КТ также увеличивается погрешность его определения. С другой стороны, из таблицы 3 видно, что если систематические погрешности определения тепловых потоков имеют одинаковый знак и величину, то погрешность определения КТ существенно меньше. Поэтому градуировку датчиков теплового потока, используемых при измерении КТ, необходимо проводить по одной методике и на одной установке или использовать один и тот же датчик теплового потока для измерения падающего на образец теплового потока и уходящего с одной из его поверхностей.

Из результатов имитационного моделирования можно заключить, что данный метод измерения наиболее приемлем для веществ с коэффициентами теплопроводности меньше 10 Вт/м·К, т.е. для плохих проводников тепла.

Литература:

1. Определение теплопроводности многомерных излучающих тел. / Ю.Я. Раков, Е.Г. Бобер, А.С. Загорин и др.// Теплофизические свойства веществ: Труды VIII Всесоюзной конференции, Ч.1. - Новосибирск, 1989.
2. Раков Ю.Я., Бобер Е.Г., Кузьмин А.В. Использование трехмерных задач для измерения коэффициента теплопроводности// Тезисы докладов Всесоюзной научно-технической конференции «Методы и средства теплофизических измерений». - М., 1987.

УДК 536.2.001.57

ЧИСЛЕННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ЭЛЕКТРОДА НА ТЕМПЕРАТУРНОЕ ПОЛЕ ТЕПЛОИЗЛУЧАЮЩЕГО ДИСКА

А.М. Антонова, А.В. Воробьев, А.В. Кузьмин, Ю.Я. Раков

Томский политехнический университет, г. Томск

E-mail: kuzmin@ped.tpu.ru

Рассмотрена задача по определению искажающего влияния на температурное поле диска электрода, прикрепленного к центру его нижней торцевой поверхности. Нагрев тела осуществляется лучистым потоком, падающим на верхний торец диска, и со всех его сторон происходит теплообмен излучением в среду с постоянной температурой. Тепловой контакт между поверхностью диска и электродом считается идеальным. С боковой поверхности электрода сброс тепла осуществляется излучением, а противоположный от места контакта конец электрода поддерживается при постоянной температуре среды.

Математическая постановка задачи для данной системы диск – электрод включает двухмерное линейное уравнение теплопроводности для диска (1) и одномерное

нелинейное уравнение теплопроводности для электрода (2), а также соответствующие краевые условия (3)÷(9).

$$c \rho \frac{\partial T}{\partial \tau} = \lambda \left(\frac{\partial^2 T}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial T}{\partial r} + \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} \right), \quad (1)$$

$$c_{\mathcal{E}} \rho_{\mathcal{E}} \frac{\partial T_{\mathcal{E}}}{\partial \tau} = \lambda_{\mathcal{E}} \frac{\partial^2 T_{\mathcal{E}}}{\partial z^2} - \frac{2 \sigma_0 \varepsilon_{\mathcal{E}}}{R_{\mathcal{E}}} (T_{\mathcal{E}}^4 - T_{OC}^4), \quad (2)$$

$$\tau = 0 \quad T_{\mathcal{E}} = T = T_H, \quad (3)$$

$$z = 0 \quad 0 \leq r \leq R \quad q_f = -\lambda \frac{\partial T}{\partial z} + \varepsilon_{\mathcal{E}} \sigma_0 (T^4 - T_{OC}^4), \quad (4)$$

$$z = H \quad 0 \leq r \leq R_{\mathcal{E}} \quad \lambda_{\mathcal{E}} \frac{\partial T_{\mathcal{E}}}{\partial z} = \lambda \frac{\partial T}{\partial z}, \quad T_{\mathcal{E}} = T, \quad (5)$$

$$z = H \quad R_{\mathcal{E}} \leq r \leq R \quad -\lambda \frac{\partial T}{\partial z} = \varepsilon \sigma_0 (T^4 - T_{OC}^4), \quad (6)$$

$$r = R \quad 0 \leq z \leq H \quad -\lambda \frac{\partial T}{\partial r} = \varepsilon \sigma_0 (T^4 - T_{OC}^4), \quad (7)$$

$$r = 0 \quad 0 \leq z \leq H \quad \frac{\partial T}{\partial r} = 0, \quad (8)$$

$$z = H + H_{\mathcal{E}} \quad T_{\mathcal{E}} = T_{OC}. \quad (9)$$

где $T(r, z)$, $T_{\mathcal{E}}(z)$ – температуры, $\lambda, \lambda_{\mathcal{E}}$ – коэффициенты теплопроводности, $\rho, \rho_{\mathcal{E}}$ – плотности, $c, c_{\mathcal{E}}$ – удельные теплоемкости, $\varepsilon, \varepsilon_{\mathcal{E}}$ – интегральные степени черноты, $R, R_{\mathcal{E}}$ – радиусы диска и электрода, соответственно;

H – толщина диска; $H_{\mathcal{E}}$ – длина электрода; T_{OC} – температура окружающей среды; σ_0 – постоянная Стефана-Больцмана; q_f – плотность теплового потока; r, z – текущие координаты; τ – время.

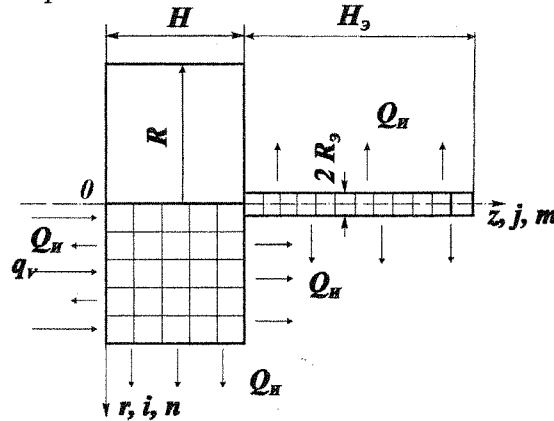


Рис.1. Расчетная схема системы диск-электрод

Из-за нелинейности математической постановки задачи решение осуществлялось численным методом, с использованием ЭВМ, в два этапа. Сначала решалась задача на теплопроводность для диска без электрода (рис.2), математическая постановка, которой включает уравнение теплопроводности (10) и условия однозначности (11)÷(15):

$$c \rho \frac{\partial T}{\partial \tau} = \lambda \left(\frac{\partial^2 T}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial T}{\partial r} + \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} \right), \quad (10)$$

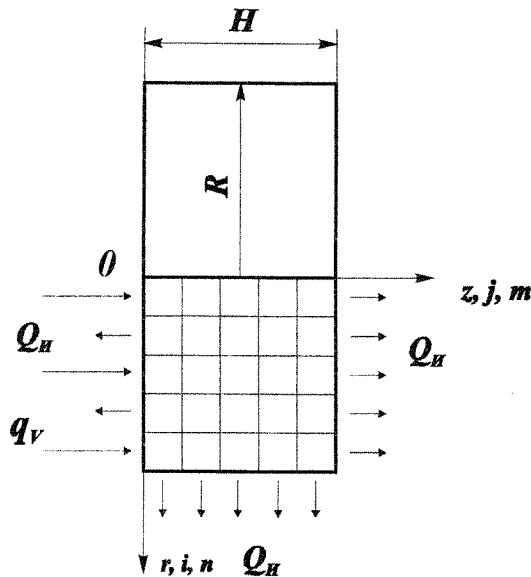
$$\tau = 0 \quad T = T_H, \quad (11)$$

$$z = 0 \quad 0 \leq r \leq R \quad q_A = -\lambda \frac{\partial T}{\partial z} + \varepsilon \sigma_0 (T^4 - T_{OC}^4), \quad (12)$$

$$z = H \quad 0 \leq r \leq R_{\mathcal{O}} \quad -\lambda \frac{\partial T}{\partial z} = \varepsilon \sigma_0 (T^4 - T_{OC}^4), \quad (13)$$

$$r = R \quad 0 \leq z \leq H \quad -\lambda \frac{\partial T}{\partial r} = \varepsilon \sigma_0 (T^4 - T_{OC}^4), \quad (14)$$

$$r = 0 \quad 0 \leq z \leq H \quad \frac{\partial T}{\partial r} = 0. \quad (15)$$



Решением задачи (10)÷(15) определялась неискаженная температура в центре нижней торцевой поверхности диска. Затем решалась задача на теплопроводность при наличии электрода. Разность между температурами в центре нижней торцевой поверхности диска для этих двух случаев позволяет сделать оценку искажающего влияния электрода на температурное поле диска.

При численном расчете температуры в теле использовалась сеточная область с числом узлов 11×21 , а в электроде 37 узлов.

Рис.2. Расчетная схема для диска без электрода

Расчеты проводились для системы с различными коэффициентами теплопроводности диска ($\lambda = 8; 20 \text{ Вт/(м·К)}$) и электрода ($\lambda_{\mathcal{O}} = 26,6; 109 \text{ Вт/(м·К)}$) и неизменными следующими параметрами:

$$\varepsilon_{\mathcal{O}} = 0.75, \quad \varepsilon = 0.2, \quad H = 0.02 \text{ м}, \quad H_{\mathcal{O}} = 0.09 \text{ м}, \quad R = 0.01 \text{ м}, \quad R_{\mathcal{O}} = 0.0005 \text{ м}, \\ q_f = 10^6 \text{ Вт/м}^2, \quad T_{OC} = 293 \text{ К}.$$

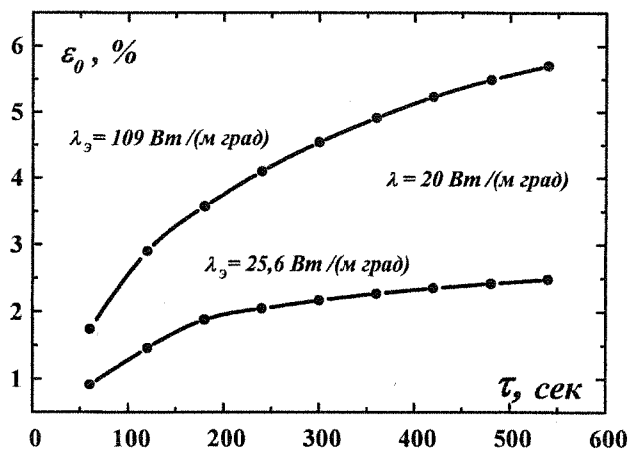


Рис.3. Зависимость погрешности измерения от времени нагрева для двух разных по теплопроводности электродов

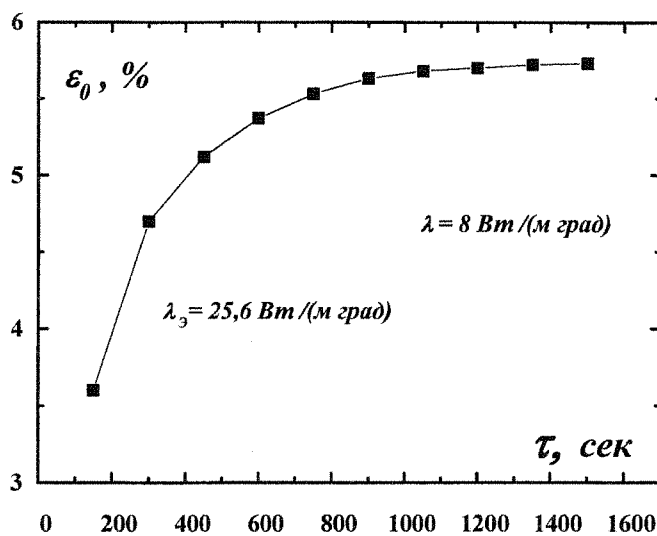


Рис.4. Изменение погрешности измерения температуры во времени нагрева для электрода

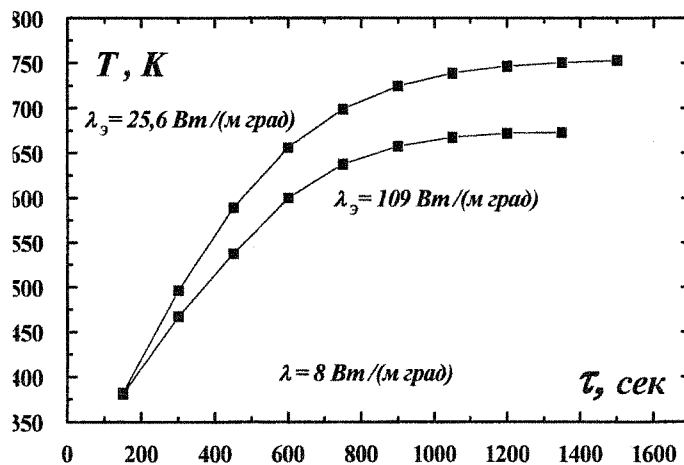


Рис.5. Изменение во времени искаженной и неискаженной температуры в точке присоединения электрода

Результаты вычислений приведены на рис.3÷5. Видно, что изменение температуры за счет влияния электрода может достигать 10%. Поэтому в случае использования высокотеплопроводных электродов для крепления образцов с одновременным их использованием в качестве датчиков температуры, требуется оценка влияния утечек тепла на погрешность измерения.

УДК 630*843:519.001.57

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ И ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ СУШКИ ЛЕСНЫХ ГОРЮЧИХ МАТЕРИАЛОВ

**А.М. Гришин, А.Н. Голованов, А.А. Долгов, Е.Л. Лобода,
Н.В. Барановский, С.В. Русаков**

Томский государственный университет, г. Томск

E-mail: fire@fire.tsu.tomsk.su

Пожары представляют угрозу жизни и здоровью человека и животных, обитающих в лесу, уничтожают собственность, оказывают негативное влияние на состояние окружающей среды. Поэтому очень важно дать точный прогноз возникновения лесных пожаров. Это позволит сосредотачивать силы и средства лесных пожарных в предполагаемые зоны возгорания. В связи с тем, что воспламеняются только достаточно сухие лесные горючие материалы (ЛГМ) прогноз пожарной опасности не возможен без определения времени сушки ЛГМ на подстилающей поверхности. Необходимо комплексное экспериментальное и теоретическое исследование сушки лесных горючих материалов.

1. Экспериментальное исследование сушки ЛГМ

1.1. Об испарении свободной и связанной влаги в лесных горючих материалах

Процесс испарения влаги является одной из лимитирующих стадий горения лесных горючих материалов (ЛГМ) при лесных пожарах [1]. Кроме того, аэрокосмический мониторинг пожарной опасности в лесных биогеоценозах нуждается в информации о влагосодержании ЛГМ [2].

Проведено экспериментальное исследование испарения капель жидкости с поверхностей типичных элементов ЛГМ (см. рис.1) – хвои сосны, кедра, ели, а также сушка ЛГМ в постановке задачи аналогичной [3]. Получены закономерности для скорости испарения капель $(\rho v)_w$ в зависимости от влагосодержания хвои w , шероховатости поверхности R_z . Скорость испарения свободной влаги (капли воды) сравнивается со скоростью сушки – скоростью испарения влаги, связанной с материалом физико-химически (адсорбционная и осмотическая влаги) и физико-механически (капиллярная влага).



Рисунок 1. Капля, расположенная на хвое ели.