

УДК 614.84 : 664

С.А.ЕРЕМЕНКО

*Институт государственного управления в сфере гражданской защиты АГЗУ, г.Киев*

**О КОМПЬЮТЕРНОМ МЕТОДЕ ИДЕНТИФИКАЦИИ ПАРАМЕТРОВ  
ОЧАГОВ ПРИ ПЛАСТОВОМ САМОНАГРЕВАНИИ И  
ПРОГНОЗИРОВАНИЯ КРИТИЧЕСКОГО ТЕМПЕРАТУРНОГО  
РЕЖИМА В РАСТИТЕЛЬНОМ СЫРЬЕ НА ОБЪЕКТАХ АПК**

Приводится метод компьютерной идентификации параметров очагов при пластовом самонагревании растительного сырья, базирующийся на приближенном численном решении обратной задачи нестационарной теплопроводности. В основе этого метода лежит аналитическое решение прямой задачи теплопроводности для сырьевой насыпи конечной высоты.

Для предотвращения чрезвычайных ситуаций (пожаров, взрывов и др.), возникающих вследствие самонагревания хранящегося сырья, очень важно точно спрогнозировать процесс самонагревания, т.е. указать время достижения критических условий и принять защитные меры. В качестве одного из таких условий в работе [1] принимается критическая температура сырья, равная 100-120<sup>0</sup>С. Для вычисления времени достижения указанной температуры с помощью решения прямой задачи нестационарной теплопроводности нужно знать параметры внутреннего термоисточника (размеры, мощность и пр.), которых обычно нет в распоряжении расчетчика. Чтобы найти их, по результатам измерения температуры сырья в отдельные моменты времени, приходится решать задачу идентификации. Для проведения прогноза в работе [2] предложена формула расчета времени достижения критической температуры в пластовом очаге. Она получена в результате точного аналитического решения обратной задачи нестационарной теплопроводности для сырьевого массива бесконечной высоты.

Нами предлагается компьютерный способ определения параметров очага, базирующийся на приближенном численном решении обратной задачи теплопроводности. В основе метода лежит аналитическое решение прямой задачи для массива сырья конечной высоты [3] и алгоритм компьютерной идентификации, изложенный в работе [4]. Этот способ позволяет определять не только параметры квазистационарного внутреннего термоисточника, а и возраст очага.

Как и в [1] торцы насыпи  $x=0$  и  $x=l$  считаем термоизолированными. Для такого варианта граничных условий, согласно работе [2], прирост температуры в центре очага описывается выражением

$$T(x) = q_0 f(\xi, R, t). \quad (1)$$

Здесь

$$f(\xi, R, t) = \frac{2Rt}{\rho c l} + \frac{4}{\lambda l} \left[ u(\xi, r) - \sum_{n=1}^{\infty} \alpha_n^{-3} e^{-\alpha_n^2 a t} \cdot \sin(\alpha_n R) \cos^2(\alpha_n \xi) \right];$$

$$\alpha_n = n\pi l^{-1}; \quad a = \lambda(\rho c)^{-1}; \quad (2)$$

$$u(\xi, R) = \frac{R}{12} \left[ 6\xi^2 + R^2 - \frac{3}{2}l(4\xi + R) + 2l^2 \right];$$

$a = \lambda(\rho c)^{-1}$  – коэффициент температуропроводности, м<sup>2</sup>/с;  $\lambda$  – коэффициент теплопроводности сырья Вт/м·К;  $\rho$  и  $c$  – соответственно его плотность (кг/м<sup>3</sup>) и удельная теплоемкость, Дж/кг·К;  $2R$  – высота (толщина) пластового очага, м;  $(\xi - R)$  – удаление очага от торца массива, м;  $q_0$  – удельная мощность тепловыделения термоисточника, Вт/м<sup>3</sup>;  $t$  – время, сут.;  $l$  – высота насыпи, м.

В общем случае будем считать, что время  $t_0$ , прошедшее с момента возникновения очага до проведения первого измерения температуры в нем, является неизвестной величиной. Последующие измерения проводятся с интервалом  $\tau$ . Тогда  $T_i$  – это экспериментальные избыточные температуры в центре очага, замеренные при  $t_i = t_0 + i\tau$ ,  $i = \overline{0; (K-1)}$ .

Чтобы найти численно неизвестные параметры  $t_0$ ,  $R$  и  $q_0$  по методу работы [4] нужно выполнить следующие действия:

1. Перейти от замеренных температур к отношениям  $\bar{T}_i = T_i T_0^{-1}$ ,  $i = \overline{0; (K-1)}$ .

2. Задать доверительный промежуток  $t_0 \in (t_H, t_K)$ , разделить его на  $M$  частей и во внешнем цикле по  $m$  от 0 до  $M$  вычислять  $t_{om} = t_H + m(t_K - t_H)M^{-1}$ .

3. Задать доверительный промежуток  $R \in (R_H; R_K)$ , разделить его на  $N$  частей и во внутреннем цикле по  $n$  от 0 до  $N$  вычислять:

а)  $R_n = R_H + n(R_K - R_H)N^{-1}$ ;

б)  $f_{imn} = f(\xi, R_n, (t_{om} + i\tau))$ ;

$$в) S = \sum_{i=0}^{K-1} (f_{imn} f_{omn}^{-1} - \bar{T}_i)^2.$$

4. В ходе вычислений выбрать те значения  $t_{om}$  и  $R_n$ , которым соответствует наименьшая сумма  $S$ , а затем уточнить (по мере необходимости) результаты. Для уточнения значений  $t_{om}$  и  $R_n$  сформировать в их окрестностях новые, более короткие доверительные промежутки и повторить расчет.

5. Достигнув требуемой точности вычисления  $t_{om}$  и  $R_n$ , положить  $t_o \approx t_{om}$  и  $R \approx R_n$  и по формуле

$$q_0 = T_0 (f(\xi, R, t_0))^{-1} \quad (3)$$

найти плотность термоисточников в очаге.

6. Подставить идентифицированные значения  $R, q_0$  и  $t_i = t_0 + i\tau$  в выражения (1)-(2), вычислить теоретические  $T_i$  и сравнить с экспериментальными.

Сравнение позволяет сделать вывод о точности проведенной идентификации и степени пригодности выражений (1)-(2) для проведения прогноза нарастания температуры самонагрева в очаге. Если известно время  $t_0$ , то в изложенном нами алгоритме отпадает потребность во внешнем цикле по  $m$ .

1. Вогман Л.П., Горшков В.И., Дегтярев А.Г. Пожарная безопасность элеваторов. – М.: Стройиздат, 1993. – 288 с.

2. Ольшанский В.П. Формула для вычисления избыточной температуры пластового самонагрева сырья и другие ее приложения // Пожаровзрывобезопасность. – 2000. – № 4. – С.13-15.

3. Ольшанский В.П., Гармаш Л.И., Мамон В.П., Белан С.В. К расчету температуры самонагрева сырья в силосе ступенчатым пластовым очагом // Вестник Харьковского государственного политехнического университета. Вып.58. – Харьков: ХГПУ, 1999. – С.54-57.

4. Ольшанский В.П. Алгоритм компьютерного поиска параметров локализованного очага при самонагревании сырья // Проблемы пожарной безопасности: Сб. науч. тр. АПБ Украины. Вып.10. – Харьков: Фолио, 2001. – С.125-130.

*Получено 31.05.2006*