

МИНИСТЕРСТВО ВНУТРЕННИХ ДЕЛ УКРАИНЫ
АКАДЕМИЯ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ УКРАИНЫ

ПРОБЛЕМЫ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Сборник научных трудов

(10-летию создания высшего учебного заведения посвящается)

Выпуск 10

»

Утверждено к печати ученым советом
АПБ Украины
(протокол № 5 от 22. 11. 2001 г.)

АО "Фоліо"
Харьков 2001

УДК 614.8

Проблемы пожарной безопасности. Сб. науч. тр. АПБ
Украины. – Вып. 10. – Харьков: Фолио, 2001. – 222 с.
ISBN 966-03-1092-7

В сборнике представлены результаты научных исследований в области пожарной безопасности. Рассматриваются организационно-технические аспекты совершенствования пожарной безопасности, отражающие современные методы повышения эффективности противопожарной защиты и тенденции развития научных исследований в данной области.

Материалы предназначены для инженерно-технических работников пожарной охраны, профессорско-преподавательского состава, адъюнктов, слушателей и курсантов пожарно-технических учебных заведений.

Ил. – 62, табл. – 27.

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ: д-р техн. наук, проф. Ю.А. Абрамов (отв. ред.), д-р техн. наук, проф. О.П. Алексеев, д-р техн. наук, проф. Е.В. Бодянский, д-р техн. наук, ст. науч. сотр. В.М. Комяк, д-р техн. наук, проф. Л.Н. Куценко (зам. отв. ред.), д-р техн. наук, проф. Э.Е. Прохач, д-р техн. наук, проф. Н.И. Иванов, д-р физ.-мат. наук, ст. науч. сотр. С.А. Тюрин, д-р физ.-мат. наук, проф. В.П. Ольшанский, д-р физ.-мат. наук, проф. С.В. Яковлев, канд. техн. наук Н.Н. Кулешов.

Рецензенты: д-р техн. наук, проф. О.Н. Фоменко,
д-р техн. наук, проф. О.Г. Руденко.

ISBN 966-03-1092-7

© Академия пожарной
безопасности Украины, 2001

ИДЕНТИФИКАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ ГНЕЗДОВОГО ОЧАГА ПРИ САМОНАГРЕВАНИИ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ

В.В. Тригуб

(представлено докт. физ.-мат. наук В.П. Ольшанским)

Построен и апробирован алгоритм идентификации параметров гнездового очага в предположении, что очаг находится в глубине насыпи

Прогноз нарастания избыточной температуры $T(t)$ по времени t в центре очага, значительно удаленного от краев насыпи, можно проводить по формуле [1]

$$T(t) = \frac{q_0}{\lambda} \left[\left(\frac{r_0^2}{2} - \frac{r_0^3}{3R} \right) - \frac{2R}{\pi^2} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n^2} e^{-a \left(\frac{n\pi}{R} \right)^2 t} \left(\frac{R}{n\pi} \sin \left(\frac{n\pi r_0}{R} \right) - r_0 \cos \left(\frac{n\pi r_0}{R} \right) \right) \right]. (1)$$

В выражении (1) $a = \lambda / (\rho C)$; λ – коэффициент теплопроводности сырья; ρ и C – его плотность и удельная теплоемкость; q_0 – плотность термоисточников в очаге; R – радиус внешней сферической поверхности, содержащей очаг самонагревания; r_0 – радиус очага самонагревания.

При отсутствии информации о значениях параметров: q_0 и r_0 , их можно найти, измеряя приросты температуры в начальный период самонагревания. Изложим алгоритм поиска указанных параметров, при условии, что известно положение центра очага, где должно производиться измерение избыточной температуры в фиксированные моменты времени.

Определим сначала r_0 . Для этого была построена номограмма, изображенная на рис. 1.

Она была построена для различных r_0 , как зависимость отношения $\theta(t) = T(t)/T(2)$ от времени t . Т.е. для того, чтобы найти r_0 , нам необходимо измерить одно значение температуры на 2 суток, а другое на интервале $t \in [3; 10]$ и найти отношение $\theta(t)$. Мы попадем между двумя графиками, соответствующими различным r_0 . Двигаясь по вертикали, далее определим r_{01} , находящееся ниже искомого и r_{02} , находящееся выше искомого значения r_0 . Для этих значений r_{01} и r_{02} соответственно найдем θ_1 и θ_2 . После чего с помощью метода линейной интерполяции по формуле (2) вычислим искомое значение r_0

$$r_0 = r_{01} + \frac{r_{02} - r_{01}}{(\theta_2 - \theta_1)} (\theta - \theta_1) \quad (2)$$

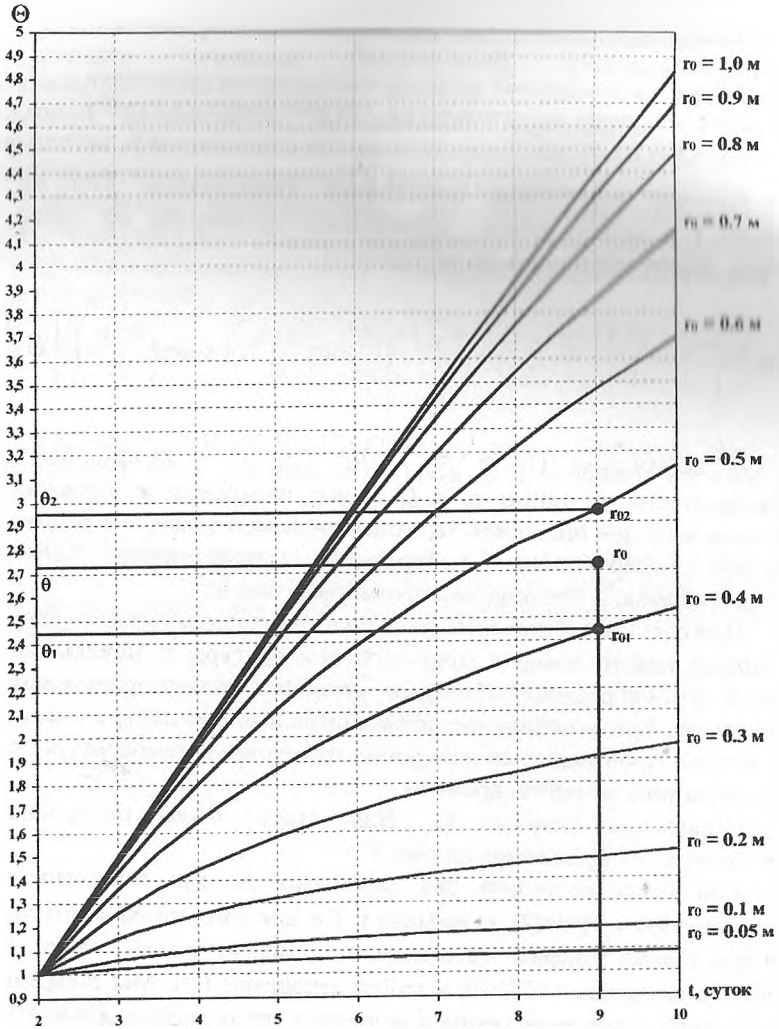


Рисунок 1 – Номограмма для определения радиуса очага самонагрева

Следующим шагом будет определение q_0 . По формуле (1) вычисляем значение температуры при полученном значении r_0 для $q = 1 \text{ Вт/м}^3$. Затем находим отношение замеренной и вычисленной при $q = 1 \text{ Вт/м}^3$ избыточной температуры. Полученное значение и будет искомым значением плотности термоисточников в очаге

$$q_0 = \frac{T_{\text{изм}}}{T(q=1)} \quad (3)$$

Рассмотрим пример использования номограммы. В качестве сырья берем гранитную муку, имеющую $\lambda = 0,09 \text{ Вт/(м К)}$; $\rho C = 8,5 \cdot 10^5 \text{ Дж/(м}^3 \text{ К)}$ [4]. Пусть измерениями установлено, что на вторые сутки $T_2 = 11 \text{ }^\circ\text{C}$, а на девятые – $T_9 = 30 \text{ }^\circ\text{C}$. Для этих значений находим, что $\beta = 30/11 = 2,73$. Затем на номограмме откладываем данное значение β на временном интервале 9 суток. Далее определяем $r_{01} = 0,4 \text{ м}$ и $r_{02} = 0,5 \text{ м}$ и соответственно для них находим $\theta_1 = 2,44$ и $\theta_2 = 2,95$. По формуле (2) вычисляем $r_0 \approx 0,452 \text{ м}$. Затем, подставив данное значение r_0 в формулу (1), находим значение T_9 (при $q = 1 \text{ Вт/м}^3$) = 0,536. По формуле (3) определяем $q_0 = 55,97 \text{ Вт/м}^3$.

Таблица 1 – Значения $T(t)$ в $^\circ\text{C}$, вычисленные по формуле (1) с использованием результатов идентификации

t, суток	при $T_2 = 10 \text{ }^\circ\text{C}$, $T_9 = 29 \text{ }^\circ\text{C}$	при $T_2 = 11 \text{ }^\circ\text{C}$, $T_9 = 30 \text{ }^\circ\text{C}$	при $T_2 = 12 \text{ }^\circ\text{C}$, $T_9 = 31 \text{ }^\circ\text{C}$
10	30,464	31,375	32,295
20	39,237	39,607	40,115
30	43,608	43,649	43,912
40	46,335	46,157	46,258
50	48,242	47,906	47,891
100	53,116	52,358	52,034

Для проверки точности проведенной идентификации подставим в формулу (1) полученные значения $r_0 = 0,452 \text{ м}$ и $q_0 = 55,97 \text{ Вт/м}^3$. Расчет по формуле (1) дает $T_2 = 11,008 \text{ }^\circ\text{C}$ и $T_9 = 30,0015 \text{ }^\circ\text{C}$. Относительная погрешность, рассчитанной составила менее 0,1%.

Далее выясним, как повлияет ошибка измерений T_2 и T_9 на результаты идентификации. Для $T_2 = 10$ °С, $T_9 = 29$ °С (уменьшенных прежних значений на один градус) изложенный алгоритм дает $g_0 \approx 0,484$ м, $q_0 \approx 50,26$ Вт/м³. Если $T_2 = 12$ °С, $T_9 = 31$ °С (на один градус больше прежних), то $g_0 \approx 0,426$ м, $q_0 \approx 61,876$ Вт/м³. Незначительные погрешности в измерениях температуры повлияли на вычисленное значение q_0 . Проведем дальнейший расчет прироста температур по формуле (1) с подстановкой в нее указанных выше трех сочетаний g_0 и q_0 , идентифицированных для пар замеренных значений T_2 и T_9 (см табл. 1).

Результаты показывают, что разброс значений идентифицированных параметров g_0 и q_0 , порожденный ошибкой измерения T_2 и T_9 на начальном этапе самонагревания не влечет существенного разброса результатов прогноза в последующие моменты времени, что было отмечено и ранее в работе [3]. Таким образом, на длительном промежутке времени расхождения у вычисленных приростов температуры не превышают расхождений измерений, что позволяет заключить об устойчивости прогнозирования температурного режима по формуле (1) с использованием результатов идентификации параметров очага.

ЛИТЕРАТУРА

1 Ольшанский В.П., Тригуб В.В. К расчету температуры самонагревания сырья гнездовым сферическим очагом // Вестник Харьковского государственного политехнического университета. Сб. науч. тр. – Вып. 118. – Харьков: ХГПУ, 2000. – С. 43 – 45.

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

3 Ольшанский В.П. Идентификация параметров гнездового очага при самонагревании сырья // Проблемы пожарной безопасности. Сб. науч. тр. АПБУ. – Вып. 8. – Харьков: Фолио, 2000. – С. 107 – 111.