

МИНИСТЕРСТВО ВНУТРЕННИХ ДЕЛ УКРАИНЫ  
АКАДЕМИЯ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ УКРАИНЫ

---

## ПРОБЛЕМЫ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

**Сборник научных трудов**

(Выпуск 11)

Утверждено к печати ученым советом  
АПБ Украины  
(протокол № 13 от 30.05.2002 г.)

Харьков  
"Фолио"2002

УДК 534.1+614.84+621.3+624.014+628.74+658.012+66.012+697.92

Проблемы пожарной безопасности. Сб. науч. тр. АПБ Украины, Вып. 11 – Харьков: Фолио, 2002. – 236 с. – ISBN 966-03-1092-7.

Сборник основан в 1997 году. Включен в перечень изданий ВАК Украины (приказ № 1-03/8 от 11.10.2000 г.).

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.– 73, табл.– 20.

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

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

Збірник заснований у 1997 році. Включений до переліку видань ВАК України (наказ № 1-03/8 від 11.10.2000 р.).

В збірнику наведені результати наукових досліджень у галузі пожежної безпеки. Розглядаються організаційно-технічні аспекти вдосконалення пожежної безпеки, що відображають сучасні методи підвищення ефективності протипожежного захисту та тенденції розвитку наукових досліджень в даній галузі.

Матеріали призначені для інженерно-технічних робітників пожежної охорони, професорсько-викладацького складу, ад'юнктів, слухачів та курсантів пожежно-технічних навчальних закладів.

ISBN 966-03-1092-7

© Академия пожарной  
безопасности Украины, 2002

```

y := (t) -> sqrt((84.79 + 20.97*t^2 - 0.08*t^4)/
(1. + 0.186*t^2 - 0.00013*t^4));
S := circle([0, 7], 0.3, thickness=3, scaling=CONSTRAINED);
otr := plot([x(t),y(t),t=-10..10], scaling=CONSTRAINED);
dy := diff(y(t),t);
xort := 2*( dy*(t*dy - y(t)) + 7*dy^2)/(1 + dy^2);
yort := 2*(-t*dy + y(t) + 7*dy^2) / (1 + dy^2);
ort:=plot([xort(t),yort(t),t=-10..10],scaling=CONSTRAINED);
for i from 0 to 10 do t := i;
xlin := w -> x(t) + w *(x(t) - xort(t));
ylin := w -> y(t) + w *(y(t) - yort(t));
luch:=plot([xlin(w),ylin(w),w=-1..17],scaling=CONSTRAINED);
Gr[i]:= display(otr, ort, S, luch, view=[-13..13, 0..24]);
end do: display(seq(Gr[i], i=0..10));

```

В результате получается картина хода лучей, приведенная на рис. 4. Там же изображена и линия мнимых источников (ортотомика). На рис. 5 приведен график зависимости от параметра  $t$  абсциссы точки встречи отраженного луча с осью  $Ox$ . Легко убедиться в том, что по характеру эта зависимость близка к требуемой зависимости  $E_2$ .

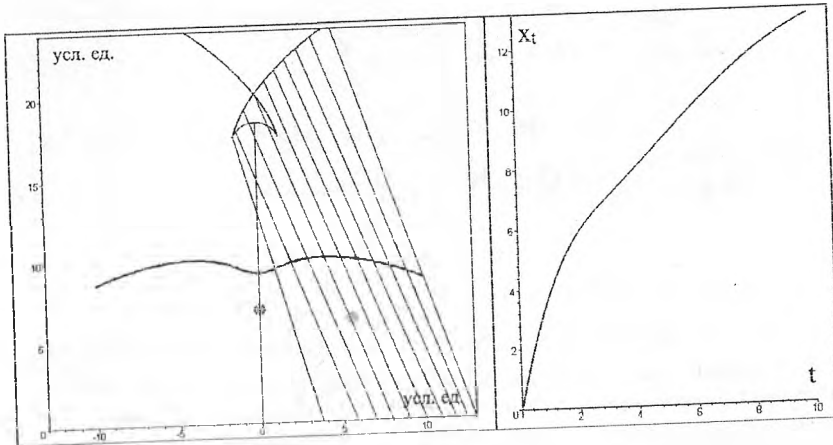


Рисунок 4 – Семейство лучей, отраженных от (половины) профиля рефлектора

Рисунок 5 – Зависимость абсциссы  $X_t$  от параметра  $t$

## ЛИТЕРАТУРА

1 Тормосов Ю.М. Про циліндричний відбивач, який забезпечить рівномірне нагрівання смуги площини // Труды / Таврической гос. агро-техн. академ. – Вып.4, Т. 12. – Мелитополь: ТГАТА, 2001. – С. 71 – 74.

Статья поступила в редакцию 20.03.2002 г.

*В.В. Тригуб, адъюнкт, АПБУ.  
А.И. Грушко, курсант, АПБУ*

**ПРИБЛИЖЕННАЯ МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ  
ПАРАМЕТРОВ ГНЕЗДОВОГО САМОНАГРЕВАНИЯ  
СЫРЬЯ, ПОРОЖДЕННОЕ СФЕРИЧЕСКИМ ОЧАГОМ С  
УВЕЛИЧИВАЮЩИМСЯ РАДИУСОМ**

(представлено д-ром физ. - мат. наук В.И. Ольшанским)

Построен и апробирован алгоритм идентификации параметров гнездового сферического очага с увеличивающимся во времени радиусом

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

$$T(r, t) = \frac{2R q_0}{r \pi^2 \rho c} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n^2} \sin\left(\frac{n \pi r}{R}\right) F_n(t), \quad (1)$$

где:

$$F_n(t) = \frac{1}{(A_n^2 + \varepsilon^2)^2} \left[ \frac{\sin \varepsilon t (A_n^3 + 3A_n \varepsilon^2) - 2\varepsilon^3 \cos \varepsilon t + 2\varepsilon^3 e^{-A_n t} - \varepsilon^2 \times}{\times t (A_n^2 + \varepsilon^2) \left( \sin \varepsilon t + \frac{A_n}{\varepsilon} \cos \varepsilon t \right)} \right],$$

$$A_n = (a \cdot n^2 \cdot \pi^2) / R^2, \quad \varepsilon = \frac{n \pi v}{R}.$$

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

При отсутствии информации о значениях параметров:  $q_0$  и  $r_0(t)$ , 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.

Для определения  $r_0(t)$  сначала необходимо найти скорость роста радиуса очага самонагревания  $v$ . Для этого была построена номограмма, изображенная на рис. 1.

Она была построена для различных  $v$ , как зависимость отношения  $\theta(t) = T(t)/T(10)$  от времени  $t$ . Т.е. для того, чтобы найти  $v$ , нам необходимо измерить одно значение температуры на 10 суток, а другое на интервале  $t \in [15;20]$  и найти отношение  $\theta(t)$ . Мы попадем между двумя графиками, соответствующими различным  $v$ . Двигаясь по вертикали, далее определим  $v_1$ , находящееся ниже искомого и  $v_2$ , находящееся выше искомого значения  $v$ . Для этих значений  $v_1$  и  $v_2$  соответственно найдем  $\theta_1$  и  $\theta_2$ . После чего с помощью метода линейной интерполяции по формуле (2) вычислим значение  $v$

$$v = v_1 + \frac{v_2 - v_1}{\theta_2 - \theta_1} (\theta - \theta_1). \quad (2)$$

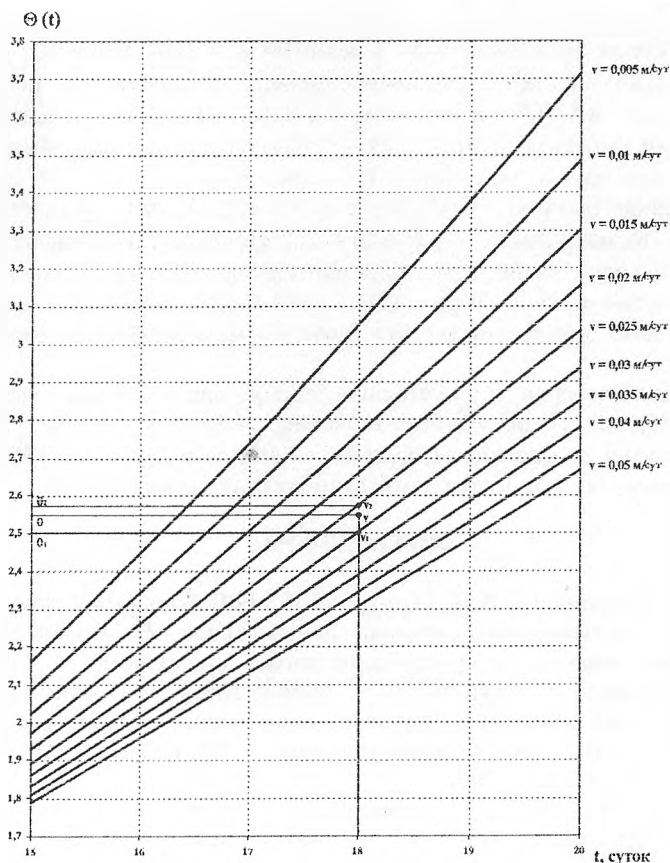


Рисунок 1 – Номограмма для определения скорости роста радиуса очага самонагрева

Далее вычисляем значение  $g_0(t)$

$$g_0(t) = v \cdot t. \quad (3)$$

Следующим шагом будет определение  $q_0$ . По формуле (1) вычисляем значение температуры при полученном значении  $v$  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

$$q_0 = \frac{T_{\text{ИЗМ}}}{T(q=1)}. \quad (4)$$

Рассмотрим пример использования номограммы. В качестве сырья берем травяную муку, имеющую  $\lambda = 0,09 \text{ Вт/(м К)}$ ;  $\rho C = 8,5 \cdot 10^5 \text{ Дж/(м}^3 \text{ К)}$  [2]. Пусть измерениями установлено, что на десятые сутки  $T_{10} = 9 \text{ }^\circ\text{C}$ , а на восемнадцатые –  $T_{18} = 23 \text{ }^\circ\text{C}$ . Для этих значений находим, что  $\theta = 23/9 = 2,556$ . Затем на номограмме откладываем данное значение  $\theta$  на временном интервале 18 суток. Далее определяем  $v_1 = 0,025 \text{ м/сут}$  и  $v_2 = 0,03 \text{ м/сут}$  и соответственно для них находим  $\theta_1 = 2,57$  и  $\theta_2 = 2,5$ . По формуле (2) вычисляем  $v \approx 0,026 \text{ м/сут}$ . Затем, подставив данное значение  $v$  в формулу (1), находим значение  $T_{18}$  (при  $q=1 \text{ Вт/м}^3$ )  $= 0,404 \text{ (}^\circ\text{C} \cdot \text{м}^3\text{)/Вт}$ . По формулам (3) и (4) определяем  $g_0(18) \approx 0,468 \text{ м}$  и  $q_0 \approx 56,93 \text{ Вт/м}^3$  соответственно.

Для проверки точности проведенной идентификации подставим в формулу (1) полученные значения  $v = 0,026 \text{ м/сут}$  и  $q_0 = 56,93 \text{ Вт/м}^3$ . Расчет по формуле (1) дает  $T_{10} \approx 8,993 \text{ }^\circ\text{C}$  и  $T_{18} \approx 23,009 \text{ }^\circ\text{C}$ . Относительная погрешность расхождений составила менее 0,1 %.

## ЛИТЕРАТУРА

1 Ольшанский В.П., Тригуб В.В., Н.Б.Фатьянова Температурное поле гнездового самонагрева сырья, порожденное сферическим очагом с увеличивающимся радиусом // Вісник Національного технічного університету "Харківський політехнічний інститут": Збірка наукових праць. Тематичний випуск: Автоматика та приладобудування. – Харків: НТУ "ХПІ". – 2001. – № 4. – С. 203 – 206.

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

Статья поступила в редакцию 26.02.2002 г.