Разработанный алгоритм следует рассматривать как тактическое обеспечение к АСК. С его помощью можно не только заблаговременно предложить безопасные тактические приемы работы в гипотетических ЧС, но и в реальных ситуациях, при компьютерной обработке данных оперативной разведки, принимать наилучшие решения, экономя драгоценное время.

1.Аветисян В.Г., Голендер В.А., Палюх В.Г. Подъемное комбинированное устройство для проведения аварийно-спасательных работ / Проблеми пожежної безпеки: Зб. праць за ред. Антонова А.В. – К.: УкрНДІПБ МВС України, 1995. – С.152-153.

2.Голендер В.А. Создание пожаротушащих установок и тактического обеспечения к ним / Проблемы пожарной безопасности: Сб. научн. тр. Вып.4. – Харьков: ХИПБ МВД Украины, 1998. – С.48-53.

3.Голендер В.А. Уточняемая модель принятия решений по пожарной тактике / Проблемы пожарной безопасности: Сб. научн. тр. Вып.5. – Харьков: ХИПБ МВД Украины, 1999. – С.68-72.

Получено 25.01.2000

УДК 614.84:664

В.П.ОЛЬШАНСКИЙ, д-р физ.-матем. наук
Харьковский институт пожарной безопасности МВД Украины

ТЕМПЕРАТУРНАЯ ЗАДАЧА ПЛАСТОВОГО САМОНАГРЕВАНИЯ СЫРЬЯ ОЧАГОМ ИМПУЛЬСНОГО ТИПА

Построено замкнутое аналитическое решение нестационарной задачи теплопроводности для пластового очага постоянной мощности, действующего на ограниченном интервале времени. Распределение тепловых источников по высоте насыпи задано нормальным законом Гаусса.

В работах [1, 2] решена нестационарная задача теплопроводности для очага бесконечной продолжительности действия. Однако экспериментально, а также практикой хранения сырья установлено, что плотность источников в очаге зависит от времени и других параметров. Поэтому ниже исследуется вариант самонагревания насыпи, когда мгновенно возникший очаг по истечении времени τ также мгновенно прекращает свое существование, что графически представляется прямоугольным импульсом.

Прирост температуры $F = F(x,t)$ по времени t вдоль оси насыпи x, порожденный мгновенным тепловым источником, описывается линейным дифференциальным уравнением

$$\frac{\partial F}{\partial t} - a\frac{\partial^2 F}{\partial x^2} = \frac{1}{\rho c} q(x)\delta(t). \tag{1}$$

Здесь $a=\lambda/(\rho c)$; λ – коэффициент теплопроводности сырья; ρ, c – его плотность и удельная теплоемкость; $q(x)$ – функция распределения тепловых источников по высоте насыпи; $\delta(t)$ – функция Дирака.

Предполагая, что начало оси ox совпадает с центром пластового очага, зададим $q(x)$ экспонентой

$$q(x)=q_1\exp(-x^2/R^2), \qquad (2)$$

где R – некоторый геометрический параметр, характеризующий степень локализации очага; q_1 – объемная плотность тепловых источников при $x=0$.

Построим далее решение уравнения (1) с правой частью (2), такое, что

$$F(x,0)=0; \qquad F'_x(\pm\infty,t)=0. \qquad (3)$$

Это удобно сделать с помощью косинус-преобразования. Применив прямое преобразование

$$\overline{F}(p,t)=\int_0^\infty F(x,t)\cos pxdx, \qquad \overline{q}(p)=\int_0^\infty q(x)\cos pxdx,$$

к выражениям (1), (2), в пространстве изображений получаем

$$\frac{\partial\overline{F}}{\partial t}+ap^2\overline{F}=\frac{q_1\sqrt{\pi}R}{2\rho c}\exp\left(-\frac{p^2R^2}{4}\right)\delta(t). \qquad (4)$$

При этом учитываем, что [3]

$$\int_0^\infty \exp\left(-x^2/R^2\right)\cos pxdx=\frac{1}{2}\sqrt{\pi}\,\mathrm{Re}\,xp\left(-\frac{p^2R^2}{4}\right). \qquad (5)$$

Решением дифференциального уравнения (4) при нулевом начальном условии (3) является

$$\overline{F}(p,t)=\frac{q_1\sqrt{\pi}R}{2\rho c}\exp\left(-p^2\left(at+\frac{R^2}{4}\right)\right)\omega(t). \qquad (6)$$

Здесь $\omega(t)$ – функция Хевисайда.

Переход в пространство оригиналов проводим с помощью обратного косинус-преобразования

$$F(x,t)=\frac{2}{\pi}\int_0^\infty \overline{F}(\mathrm{p},t)\cos pxdp. \tag{7}$$

Подставив в (7) выражение (6), с учетом интеграла (5) находим

$$F(x,t)=\frac{R\cdot q_1}{\rho c\sqrt{4at+R^2}}\exp\left(-\frac{x^2}{4at+R^2}\right)\omega(t). \tag{8}$$

Прирост температуры $T(x,t)$ от действия очага конечной продолжительности τ определяется интегралом

$$T(x,t)=\int_z^t F(x,y)dy, \quad \text{где } z=\begin{cases}0 & \text{при } t\le\tau\\ t-\tau & t\ge\tau.\end{cases} \tag{9}$$

Интегрирование в (9) не представляет затруднений и сводится к вычислению табулированных функций. Действительно, подставив в (9) выражение (8), интегрированием по частям находим

$$T(x,t)=\frac{q_1R}{2\lambda}\left[\sqrt{4at+R^2}\exp\left(-\frac{x^2}{4at+R^2}\right)-\sqrt{4az+R^2}\times\right.$$

$$\left.\times\exp\left(-\frac{x^2}{4az+R^2}\right)+x\sqrt{\pi}\left(\Phi\left(\frac{x}{\sqrt{4at+R^2}}\right)-\Phi\left(\frac{x}{\sqrt{4az+R^2}}\right)\right)\right]. \tag{10}$$

Здесь $\Phi(\upsilon)$ – интеграл вероятностей, протабулированный в [4].

Расчет максимального прироста температуры в центре очага не требует применения таблиц специальных функций. Из решения (10) при $x=0$ следует

$$T(0,t)=\frac{q_1R}{2\lambda}\left[\sqrt{4at+R^2}-\sqrt{4az+R^2}\right]. \tag{11}$$

Исследования показывают, что в удаленных от центра очага сечениях прирост температуры продолжается некоторое время и после угасания очага. Этот эффект температурного последствия подтвержден расчетными данными в таблице, где указаны значения $T(x,t)$ в ^{0}С, вычисленные для различных t и x при $q_1=60$ ВТ/м^3; $R=0{,}3$ м; $\lambda=0{,}09$ ВТ/(мк); $\rho c=8{,}5\cdot10^5$ Дж/(м^{3}к); $\tau=30$ суток.

Значения $T(x,t)$ в ^{0}C

t, суток	$x = 0$ м	$x = 0,3$ м	$x = 0,5$ м	$x = 1$м	$x = 2$ м
5	22,25	12,74	5,08	0,14	0,00
10	37,52	24,58	12,65	1,11	0,00
20	60,66	44,56	28,06	5,80	0,06
30	78,99	61,29	42,30	12,50	0,41
40	57,13	51,37	42,68	18,90	1,25
60	42,20	39,95	36,27	23,15	4,11
100	30,80	29,93	28,45	22,44	8,73
200	20,97	20,70	20,22	18,12	11,69

Время достижения максимума $T(x,t)$ при больших $|x|$ несложно найти путем численного решения трансцендентного уравнения

$$\left(4at + R^2\right)^{-1/2} \exp\left(-\frac{x^2}{4at + R^2}\right) =$$

$$= \left(4a(t-\tau) + R^2\right)^{-1/2} \exp\left(-\frac{x^2}{4a(t-\tau) + R^2}\right).$$

При $x = 1$ м его корень $t = t_э \approx 69,8$ суток, а $T(1, t_э) \approx 23,40^0$ С. В сечении $x = 2$ м: $t_э \approx 231,9$ суток; $T(2, t_э) \approx 11,77^0$ С. По мере удаления от центра очага максимумы температуры самонагревания снижаются и достигаются в более поздние моменты времени.

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

2.Ольшанский В.П. К вычислению времени достижения пожароопасной температуры самонагревания сырья // Наук. вісник будівництва. Вип.7. – Харків: ХДТУБА, 1999. – С. 140-143.

3.Градштейн И.С., Рыжик И.М. Таблицы интегралов, сумм, рядов и произведений. – М.: Физматгиз, 1962. – 1100 с.

4.Абрамовиц И., Стиган С. Справочник по специальным функциям. – М.: Наука, 1979. – 832 с.

Получено 25.01.2000