

МИНИСТЕРСТВО ВНУТРЕННИХ ДЕЛ УКРАИНЫ
АКАДЕМИЯ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ УКРАИНЫ

**ПРОБЛЕМЫ ПОЖАРНОЙ
БЕЗОПАСНОСТИ**

Сборник научных трудов

(Выпуск 12)

Зарегистрирован Государственным комитетом информационной политики
29 августа 2002 года Серия КВ № 6467

Утверждено к печати ученым советом
АПБ Украины
(протокол № 6 от 23.12.2002 г.)

Харьков
"Фолио"2002

УДК 614.7+614.8+621.3+621.93+669.71.5+669.791.5

Проблемы пожарной безопасности. Сб. науч. тр. АНБ Украины. Вып. 12 – Харьков: Фолио, 2002. – 208 с.

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. – 79, табл. – 32.

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.

*В.В. Тригуб, адъюнкт, АПБУ,
В.И. Ольшанский, д-р физ. - мат. наук, нач. кафедр, АПБУ,
А.А. Матвиенко, курсант, АПБУ*

МЕТОД ДВУХСТОРОННИХ ОЦЕНОК ИЗБЫТОЧНОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ, ПОРОЖДЕННОЙ СФЕРИЧЕСКИМ ОЧАГОМ САМОНАГРЕВАНИЯ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ

Предложены формулы расчета верхней и нижней границ избыточной температуры самонагревания сырья, порожденной сферическим очагом. Проведено сравнение приростов температур в центрах гнездового и равномошных пластового и стержневого очагов. Показано, что из перечисленных типов термоисточников наиболее быстрый прирост температуры в центре очага дает гнездовой очаг сферической формы.

Отсутствие точной информации о параметрах внутренних термоисточников, а также данных о фактических тепловых потерях в окружающую среду, усложняют практическое использование точных решений в задаче самонагревания растительного сырья. Поэтому ниже предлагается вместо поиска точного решения делать двусторонние оценки температурного режима. Для установления нижней границы рекомендуется находить решение начально-краевой задачи в предположении, что на граничных поверхностях происходит идеальный теплообмен насыпи с окружающей средой, когда избыточная температура граничных точек равна нулю. Чтобы получить верхнюю оценку прироста температуры в сырье необходимо построить решение задачи теплопроводности в предположении идеальной термоизоляции граничных поверхностей, т. е. отсутствия на них теплового потока. В результате дается интервал для оценки значений приростов температуры.

Такие вилки уже построены при пластовом [1], стержневом [2] и гнездовом [3] самонагреваниях насыпи. В работе [4] был рассмотрен гнездовой очаг в форме куба, а пластовый и стержневой очаги рассматривались как частные случаи решения трехмерной задачи, соответствующей гнездовому самонагреванию. Ниже предлагается рассмотреть сферический очаг самонагревания.

Будем считать, что насыпь имеет форму прямоугольного параллелепипеда, показанного на рис. 1. Размеры его вдоль координатных осей ox , oy , oz обозначим соответственно через l_1 , l_2 , l_3 , причем ось oz направим вниз. Радиус очага равен r_0 , а его центр имеет координаты (ξ, η, ζ) . Физические характеристики сырья: коэффициент теплопроводности λ , удельную теплоемкость c и плотность ρ принимаем постоянными величинами, не зависящими от

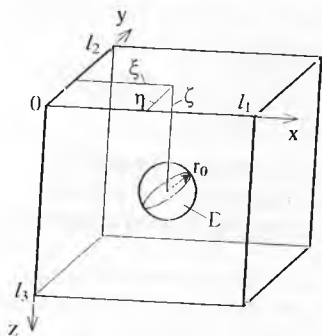


Рисунок 1 – Расчетная схема

координат и температуры. Функцию поля избыточной температуры $T=T(x,y,z,t)$ в прямоугольной системе координат x,y,z строим путем решения уравнения теплопроводности

$$\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} - \frac{1}{a} \frac{\partial T}{\partial t} = \begin{cases} \frac{1}{\lambda} q_0 & \text{при } x,y,z \in D \\ 0 & \text{при } x,y,z \notin D \end{cases} \quad (1)$$

Здесь $a=\lambda(\rho c)$ – коэффициент температуропроводности сырья; q_0 – постоянная плотность термисточников внутри очага, занимающего область D . Решая уравнение (1) при нулевом начальном условии $T(x,y,z,0)=0$, получаем следующие формулы для оценок нижнего $T_{ни}$ (x,y,z,t) и верхнего $T_{вр}$ (x,y,z,t) значений прироста температуры

$$T_{ни}(x,y,z,t) = \frac{32 \cdot q_0 \cdot \pi \cdot r_0^3}{\lambda \cdot l_1 \cdot l_2 \cdot l_3} \times \sum_{m=1}^{\infty} \sum_{n=1}^{\infty} \sum_{k=1}^{\infty} \frac{(\gamma_{mnk}^{-1} \cdot \sin \gamma_{mnk} - \cos \gamma_{mnk}) \times \sin(\alpha_m \xi) \cdot \sin(\beta_n \eta) \cdot \sin(\mu_k \zeta)}{(\gamma_{mnk}^2 \cdot \chi_{mnk})^2} \times \sin(\alpha_m x) \cdot \sin(\beta_n y) \cdot \sin(\mu_k z) \cdot (1 - e^{-a \gamma_{mnk}^2 t}) \quad (2)$$

$$T_{вр}(x,y,z,t) = \frac{32 \cdot q_0 \cdot \pi \cdot r_0^3}{\lambda \cdot l_1 \cdot l_2 \cdot l_3} \times \left[\frac{1}{24} \cdot a \cdot t + \sum_{m=0}^{\infty} \sum_{n=0}^{\infty} \sum_{k=0}^{\infty} \frac{(\gamma_{mnk}^{-1} \cdot \sin \gamma_{mnk} - \cos \gamma_{mnk})}{(1 + \delta_{m0}) \cdot (1 + \delta_{n0}) \cdot (1 + \delta_{k0}) \cdot (\gamma_{mnk}^2 \cdot \chi_{mnk})^2} \times \cos(\alpha_m \xi) \cdot \cos(\beta_n \eta) \cdot \cos(\mu_k \zeta) \cdot \cos(\alpha_m x) \times \cos(\beta_n y) \cdot \cos(\mu_k z) \cdot (1 - e^{-a \gamma_{mnk}^2 t}) \right] \quad (3)$$

Здесь $\delta_{m0}, \delta_{n0}, \delta_{k0}$ – символы Кронекера. $\alpha_m = m\pi/l_1^{-1}; \beta_n = n\pi/l_2^{-1}; \mu_k = k\pi/l_3^{-1}; \gamma_{mnk} = (\alpha_m^2 + \beta_n^2 + \mu_k^2)^{1/2}; \chi_{mnk} = r_0 \cdot \gamma_{mnk}$.

С помощью решений (2), (3) и персонального компьютера были проведены расчеты приростов температуры для насыпи травяной муки, имеющей $\lambda=0,09$ Вт/(мК); $\rho c=8,5 \cdot 10^5$ Дж/(м³К) [5]. Рассматривался очаг, расположенный в центральной части насыпи, когда $\xi = l_1 / 2$, $\eta = l_2 / 2$, $\zeta = l_3 / 2$. В табл. 1 и 2 представлены безразмерные значения границ $\bar{T}_{11}(\xi, \eta, \zeta, t) = q \cdot c \cdot T_{11}(\xi, \eta, \zeta, t) \cdot (q_0 \cdot t)^{-1}$ и $\bar{T}_{12}(\xi, \eta, \zeta, t) = q \cdot c \cdot T_{12}(\xi, \eta, \zeta, t) \cdot (q_0 \cdot t)^{-1}$ для четырех вариантов очагов. Первым вариантом был гнездовой сферический очаг, рассчитанный по формулам (2) и (3). Для сравнения были заимствованы из работы [4] безразмерные значения приростов температур, вычисленные соответственно для гнездового, стержневого и пластового очагов, в виде прямоугольных параллелепипедов.

Данные в табл. 1 получены для силоса размером $l_1 = l_2 = 6$ м, $l_3 = 30$ м. Гнездовой сферический очаг имел радиус $r_0 = 2,98$ м. При расчетах объемы всех типов очагов были одинаковы, а следовательно и одинаковы и суммарные мощности тепловыделения. Это даст основание для сравнения пожарной опасности этих видов очагов по скорости увеличения температуры в центре очага.

Таблица 1 – Безразмерные значения границ избыточной температуры при $l_1 = l_2 = 6$ м, $l_3 = 30$ м

t, суток	$\bar{T}_{11}^{\text{сфер}}$	$\bar{T}_{12}^{\text{сфер}}$	$\bar{T}_{11}^{\text{куб}}$	$\bar{T}_{12}^{\text{куб}}$	$\bar{T}_{11}^{\text{пл}}$	$\bar{T}_{12}^{\text{пл}}$	$\bar{T}_{11}^{\text{пл}}$	$\bar{T}_{12}^{\text{пл}}$
30	0,999	0,999	0,999	0,999	0,858	0,858	0,991	0,991
60	0,991	0,992	0,985	0,986	0,685	0,685	0,950	0,950
100	0,946	0,955	0,934	0,939	0,544	0,544	0,889	0,889
200	0,772	0,829	0,760	0,806	0,370	0,372	0,770	0,770

Сравнение границ прироста температур, записанных в табл. 1, показывает, что самый быстрый прирост температуры на промежутке до 200 суток происходит в центре гнездового сферического очага, а самый медленный – в центре стержневого очага, имеющего форму сильно вытянутого прямоугольного параллелепипеда.

Данные в табл. 2 получены для силоса, имеющего размеры $l_1 = 30$ м, $l_2 = l_3 = 6$ м. При этом поменялись соотношения размеров в стержневом и пластовом очагах, однако эти размеры обеспечивали равенство мощностей всех типов очагов.

Таблица 2 – Безразмерные значения границ избыточной температуры при $l_1 = 30$ м, $l_2 = l_3 = 6$ м

t , суток	$\bar{T}_{\text{ВГ}}^{\text{СФЕР}}$	$\bar{T}_{\text{ВГ}}^{\text{СФЕР}}$	$\bar{T}_{\text{ВГ}}^{\text{КУБ}}$	$\bar{T}_{\text{ВГ}}^{\text{КУБ}}$	$\bar{T}_{\text{ПС}}$	$\bar{T}_{\text{ПС}}$	$\bar{T}_{\text{ПШ}}$	$\bar{T}_{\text{ПШ}}$
30	0,999	0,999	0,999	0,999	0,999	0,999	0,509	0,509
60	0,991	0,992	0,985	0,986	0,980	0,980	0,389	0,389
100	0,946	0,955	0,934	0,939	0,929	0,930	0,314	0,314
200	0,772	0,829	0,760	0,806	0,783	0,801	0,231	0,232

Анализ полученных результатов, представленных в табл. 2, показывает, что самый быстрый прирост температуры также происходит в центре гнездового сферического очага.

Таким образом, анализ численных результатов показал, что заключение о том какой очаг (гнездовой, стержневой или пластовой) наиболее пожароопасен на выбранном промежутке времени следует делать с учетом фактической мощности термоисточника.

ЛИТЕРАТУРА

1 Ольшанский В.П., Гармаш Л.И., Мамон В.П. К расчету температуры самонагревания сырья в силосе ступенчатым пластовым очагом // Вестник Харьковского государственного политехнического университета. Сб. науч. тр. – Вып. 58. – Харьков: ХГПУ, 1999. – С. 54 – 57.

2 Ольшанский В.П. Двухсторонние оценки избыточной температуры при стержневом самонагревании сырья в прямоугольном силосе // Коммунальное хозяйство городов: Республ. межвед. сб. – Вып. 23. – К.: Техніка, 2000. – С. 251 – 255.

3. Ольшанский В.П. Двухсторонние оценки избыточной температуры при гнездовом самонагревании сырья в прямоугольном силосе // Интегровані технології та енергозбереження, 2000. – № 3. – С. 37 – 42.

4 В.П. Ольшанский Метод двухсторонних оценок температуры при гнездовом, стержневом и пластовом самонагреваниях сырья. Проблемы пожарной безопасности. Сб. науч. тр. АПБУ. – Вып. 8. – Харьков: Фолио, 2000. – С. 112 – 119.

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

Статья поступила в редакцию 14.10.2002 г.