

МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПОЖАРА НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

к.т.н. И.А. Чуб, Е.В. Морщ, проф. В.Е. Пустоваров

Выделены и проанализированы экологически опасные факторы пожара, определяющие собой характер и масштабы негативного воздействия пожара на окружающую среду, исследованы особенности пожара как источника загрязнения окружающей среды, намечены пути построения математической модели влияния пожара на окружающую среду.

Пожары и техногенные катастрофы, которые сопровождаются пожарами, являются одним из факторов негативного воздействия на экологическую обстановку в Украине. Механизм воздействия пожара на окружающую среду является многогранным и до конца не изученным. Поэтому рассмотрение пожара в качестве специфического источника загрязнения окружающей среды и выявления факторов, определяющих масштабы негативного воздействия, является актуальной научной и практической задачей. В данной статье анализируется влияние пожаров, возникающих на крупных объектах хранения жидких и твердых горючих материалов, на изменение состояния окружающей среды.

С точки зрения общей теории систем, окружающая среда представляет собой динамическую систему S , состояние $\bar{x}(t + \Delta t)$ которой в момент времени $t + \Delta t$ однозначно определяется ее предшествующим состоянием $\bar{x}(t)$ в момент времени t и результатом влияния некоторого конечного числа внешних возмущающих воздействий:

$$\bar{x}(t + \Delta t) = T(x(t), \Delta t, U), \quad (1)$$

где T – оператор процедуры, переводящей систему S из состояния $\bar{x}(t)$ в состояние $\bar{x}(t + \Delta t)$; U – функционал, задающий внешние воздействия, $U = \{u_1, u_2, \dots, u_n\}$.

Из всего множества воздействий U , определяющих изменение состояния внешней среды, выделим некоторое его подмножество U_{Π} , элементы которого характеризуют влияние пожара. Элементы множества $U_{\Pi} = \{u_{\Pi 1}, u_{\Pi 2}, \dots, u_{\Pi m}\}$ будем называть экологически опасными факторами пожара. Таким образом, $u_{\Pi 1}, u_{\Pi 2}, \dots, u_{\Pi m}$ представляют собой некоторые функции, описывающие негативное воздействие пожара на состояние окружающей среды.

Состояние \bar{x} окружающей среды в общем случае характеризуется

конечным набором параметров, часть которых изменяется под воздействием пожара. Основными из этих параметров, которые будут рассматриваться в настоящей статье, являются:

- общее количество примеси (аэрозольных продуктов горения), попавшее в приземный слой атмосферы в результате пожара;
- концентрация примеси (аэрозольных продуктов горения) в приземном слое атмосферы и на подстилающей поверхности.
- Негативные воздействия $U_{\Pi} = \{u_{\Pi 1}, u_{\Pi 2}, \dots, u_{\Pi m}\}$, которые оказывает пожар на окружающую среду (экологически опасные факторы пожара), можно условно разделить на следующие три вида:
 - тепловое воздействие;
 - воздействие газообразных продуктов горения;
 - воздействие дыма и других аэрозольных продуктов горения.

Рассмотрим влияние аэрозольных продуктов горения на состояние окружающей среды.

Функции $u_{\Pi 1}, u_{\Pi 2}, \dots, u_{\Pi m}$, характеризующие воздействие пожара на окружающую среду, зависят от его параметров $G(g_1, g_2, \dots, g_k)$. Основными параметрами пожара, которые определяют вид функций $u_{\Pi 1}, u_{\Pi 2}, \dots, u_{\Pi m}$ и, следовательно, характер и масштабы его негативного воздействия на окружающую среду, являются следующие:

- *геометрические параметры*, к ним относятся размеры, площадь и форма пожара, а также скорость его распространения;
- *теплофизические параметры*, к основным из них относятся температура пожара, общее количество выделяемой теплоты, плотность теплового потока, интенсивность теплового излучения;
- *характеристики продуктов горения*, к ним относятся общее количество (масса) выбросов, а также количество выбросов в единицу времени, их химический состав, агрегатное состояние, плотность, дисперсность, скорость оседания;
- *продолжительность*, определяется временем, в течении которого происходит воздействие пожара на окружающую среду.

Значения параметров пожара определяют:

- *характеристики пожарной нагрузки* – количество, состав, теплофизические и химические свойства, агрегатное состояние;
- *природно-климатические условия* – направление и скорость ветра, состояние атмосферы, рельеф местности в области пожара;
- *условия газообмена* – недостаток окислителя либо полное сгорание, скорость и интенсивность газообмена.

Как указывалось выше, мы будем рассматривать загрязнение окружающей среды аэрозольными продуктами горения, которое характеризуется их концентрацией в приземном слое атмосферы и на подстилающей поверхности. Концентрационное поле продуктов горения можно определить из решения уравнения турбулентной диффузии [1] при соответствующих граничных условиях:

$$\mathbf{u} \frac{\partial \mathbf{c}}{\partial x} + \mathbf{w} \frac{\partial \mathbf{c}}{\partial z} = \frac{\partial}{\partial y} k_y \frac{\partial \mathbf{c}}{\partial y} + \frac{\partial}{\partial z} k_z \frac{\partial \mathbf{c}}{\partial z}, \quad (2)$$

где \mathbf{u} , \mathbf{w} – составляющие скорости перемещения примеси в направлении координатных осей x , z соответственно; k_y , k_z – составляющие коэффициента обмена в турбулентном потоке в направлении координатных осей.

В качестве начального условия по x в [1] предлагается задавать конвективный поток примеси, поступающий от источника в атмосферу, а для описания точечного источника вводить δ -функцию:

$$\mathbf{u}_c = \mathbf{M}\delta(y)\delta(z - \mathbf{H}) \quad \text{при } x = 0, y = 0 \text{ и } z = \mathbf{H}, \quad (3)$$

где \mathbf{M} – масса загрязняющей примеси, которая выбрасывается источником в единицу времени; \mathbf{H} – высота расположения источника выбросов, на которой идет горизонтальный перенос примеси ветром.

Граничные условия на бесконечном удалении от источника определяются следующим образом:

$$\mathbf{c} \rightarrow 0 \quad \text{при } z \rightarrow \infty \text{ и } y \rightarrow \infty, \quad (4)$$

а граничные условия на подстилающей поверхности –

$$k_z \frac{\partial \mathbf{c}}{\partial z} = 0 \quad \text{при } z = 0. \quad (5)$$

Решение задачи (2 – 5) дает концентрационное поле продуктов горения в некоторой области Ω в зависимости от величин \mathbf{H} и \mathbf{M} , а также коэффициентов уравнения (1). Поэтому для построения математической модели экологического воздействия пожара необходимо определить функциональную зависимость этих величин от параметров размещения пожара и его физических характеристик, а также от параметров, задающих природно-климатические условия в области Ω .

ЛИТЕРАТУРА

1. Берлянд М.Е. Прогноз и регулирование загрязнения атмосферы. – Л.: Гидрометеиздат, 1985. – 271с.

Поступила 8.08.2002

ЧУБ Игорь Андреевич, канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры пожарной автоматики и связи Академии пожарной безопасности Украины. В 1981 году окончил факультет электроники ХИРЭ. Область научных интересов – системный анализ, оптимизация размещения источников физических полей, вопросы воздействия пожара на окружающую среду.

МОРЩ Евгений Владимирович, адъюнкт Академии пожарной безопасности Украины. В 2001 году окончил магистратуру Академии пожарной безопасности Украины. Область научных интересов – проблемы загрязнения окружающей среды продуктами горения.

ПУСТОВАРОВ Владимир Евгеньевич, канд. техн. наук, профессор, профессор УИПА. В 1961 году окончил Харьковское высшее авиационно-инженерное военное училище. Область научных интересов – радиоэлектроника и электроэнергетика. E-mail: vladimir@ic.kharkov.ua.