

*Безуглов О.Е., нач. каф., УГЗУ*

## **СТОХАСТИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ЗАДАЧЕ МОДЕЛИРОВАНИЯ ЧРЕЗВЫЧАЙНОЙ СИТУАЦИИ ТЕХНОГЕННОГО ХАРАКТЕРА**

(представлено д-ром физ.-мат. наук Яковлевым С.В.)

Рассмотрен стохастический подход к моделированию чрезвычайной ситуации техногенного характера на примере начальной стадии пожара в производственном помещении. Модель может быть использована при разработке систем автоматического пожаротушения.

**Постановка проблемы.** Обнаружение и ликвидация чрезвычайной ситуации техногенного характера на начальной стадии ее развития позволяет минимизировать ущерб от нее. Это требует разработки математических моделей, описывающих данный тип чрезвычайной ситуации и используемых при проектировании систем обнаружения и ликвидации чрезвычайной ситуации. Частным случаем является чрезвычайная ситуация, связанная с проливом и воспламенением горючей жидкости в производственном помещении. Одной из сложностей моделирования такой ситуации является неопределенность ряда параметров, входящих в модель.

**Анализ последних исследований и публикаций.** В работах [2, 3] построена математическая модель среднеобъемной температуры в помещении при возникновении чрезвычайной ситуации, связанной с разливом и пожаром горючей жидкости в помещении. Построенная модель содержит ряд параметров (тепловой поток от очага горения, коэффициент конвективного теплообмена газовой смеси с ограждающими конструкциями), значения которых не могут быть определены теоретически.

**Постановка задачи и ее решение.** Целью работы является построение математической модели стохастического типа, описывающей чрезвычайную ситуацию техногенного характера на примере среднеобъемной температуры в помещении на начальной стадии пожара.

Уравнение, описывающее среднеобъемную температуру в помещении, может быть записано в виде

$$\frac{dT}{dt} = \frac{T}{c_p \rho_0 T_0 V} \left[ \eta \psi_y F Q - \alpha_0 F_1 (T - T_0)^{4/3} \right], \quad (1)$$

где  $\eta$  – коэффициент полноты горения;  $\psi_y$  – удельная массовая скорость выгорания;  $F$  – площадь горения;  $Q$  – теплота сгорания;  $F_1$  – площадь поверхности ограждений;  $c_p$  – изобарная теплоемкость газов;  $T$  – среднеобъемная температура;  $V$  – объем помещения;  $\rho_0$ ,  $T_0$  – плотность и температура среды перед началом пожара;  $\alpha_0$  – приведенный коэффициент конвективного теплообмена между газовой средой и ограждающими конструкциями

$$\alpha_0 = 1,74d^{4/3}, \quad (2)$$

где  $d$  – константа, лежащая в диапазоне  $0,78 \div 0,9$ .

Количество тепла  $q = \eta \psi_y Q$ , выделяемое в единицу времени с единицы площади очага горения, и приведенный коэффициент конвективного теплообмена  $\alpha_0$ , входящие в уравнение (1), зависят от ряда неподдающихся учету факторов. В частности, турбулентный характер горения приводит к случайным пульсациям температуры и формы факела, и, следовательно, к случайным изменениям плотности теплового потока  $q$  от очага горения. Учитывая вышесказанное, целесообразно представлять плотность теплового потока от очага горения в виде случайного процесса

$$q = \eta \psi_y Q = \xi(t),$$

где  $\xi(t)$  – стационарный случайный процесс [4]. Такой случай процесс полностью характеризуется плотностью распределения  $p_\xi(x)$  и корреляционной функцией

$$K_\xi(\tau) = M[\xi(t) - M\xi(t)][\xi(t + \tau) - M\xi(t + \tau)]. \quad (3)$$

Особенностью стационарного случайного процесса является независимость от времени функции плотности распределения. Следовательно, математическое ожидание  $M\xi$  и дисперсия  $D\xi$  также не будут зависеть от времени.

Типичные корреляционные функции стационарных случайных процессов имеют вид [4]

$$K_{\xi}(\tau) = \sigma_{\xi}^2 e^{-\alpha|\tau|}, \quad (4)$$

$$K_{\xi}(\tau) = \sigma_{\xi}^2 e^{-\alpha\tau^2}, \quad (5)$$

$$K_{\xi}(\tau) = \sigma_{\xi}^2 e^{-\alpha|\tau|} \cos \beta\tau, \quad (6)$$

$$K_{\xi}(\tau) = \sigma_{\xi}^2 e^{-\alpha\tau^2} \cos \beta\tau, \quad (7)$$

где  $\sigma_{\xi}^2$  – дисперсия случайного процесса  $\xi(t)$ ;  $\alpha, \beta$  – параметры. При этом с физической точки зрения корреляционные функции вида (6) и (7) означают наличие периодических колебаний в системе. Очевидно, что для плотности теплового потока от очага горения таких предпосылок нет. Функции вида (4) и (5) представляют собой монотонно убывающие к нулю функции, основное различие между которыми состоит в дифференцируемости функции (5) в точке  $\tau = 0$  (а значит, и дифференцируемости случайного процесса  $\xi(t)$ ) и недифференцируемости (4) (соответственно, недифференцируемости случайного процесса). Поскольку дифференцируемость случайного процесса  $\xi(t)$  для нас несущественна, то в качестве корреляционной функции выберем функцию (4), как более простую.

Приведенный коэффициент конвективного теплообмена определяется геометрией ограждающих конструкций, материалом их покрывающим, качеством поверхности (шероховатость) и т.д., что и отражается в неопределенности константы  $d$ . Поэтому его также целесообразно считать величиной случайной. Но, в отличие от плотности теплового потока, приведенный коэффициент теплообмена не изменяется со временем, т.к. зависит только от особенностей помещения. Поэтому он может быть охарактеризован только функцией плотности распределения  $p_{\alpha_0}(y)$ .

Для оценки закона распределения случайной величины  $\alpha_0$  примем во внимание то, что в соотношении (2) параметр  $d$  принимает значения от  $a = 0,78$  до  $b = 0,9$ . Поэтому будем считать величину  $d$  случайной, равномерно распределенной на отрезке  $[a, b]$

$$p_d(x) = \begin{cases} \frac{1}{b-a}, & x \in [a, b] \\ 0, & x \notin [a, b]. \end{cases}$$

Тогда закон распределения случайной величины  $\alpha_0$  может быть определен следующим образом [1]

$$p_{\alpha_0}(x) = p_d(y(x))y'(x), \quad (8)$$

где  $x(y) = 1,74y^{4/3}$ . Выражая из последнего соотношения  $y(x)$  и подставляя его в (8), получим

$$p_{\alpha_0}(x) = \begin{cases} \frac{1}{B^{3/4} - A^{3/4}} \frac{0,75}{\sqrt[4]{x}}, & x \in [A, B] \\ 0, & x \notin [A, B], \end{cases} \quad (9)$$

где  $A = 1,74a^{4/3} \approx 1,25$ ;  $B = 1,74b^{4/3} \approx 1,51$ .

Тогда уравнение (1) примет вид

$$\frac{dT}{dt} = \frac{T}{c_p \rho_0 T_0 V} \left[ \xi(t)F - \alpha_0 F_1 (T - T_0)^{4/3} \right], \quad (10)$$

где  $\xi(t)$  – стационарный случайный процесс с корреляционной функцией вида (4);  $\alpha_0$  – случайная величина, распределенная по закону (9).

Ввиду того, что правая часть уравнения (10) в каждый фиксированный момент времени  $t$  представляет собой случайную величину, то и левая часть (прирост температуры  $dT$ ) также будет случайной величиной. Таким образом, изменение среднеобъемной температуры будет описываться случайной функцией.

**Выводы.** Построена математическая модель стохастического типа, описывающая изменение среднеобъемной температуры в помещении в результате чрезвычайной ситуации, вызванной проливом и возгоранием горючей жидкости в помещении. Предложен и обоснован выбор законов распределения и корреляционных функций для параметров модели.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Боровков А.А. Теория вероятностей. – М.: Наука, 1986. – 432 с.
2. Кошмаров Ю.А. Прогнозирование опасных факторов пожара в помещении. – М.: Академия ГПС, 2000. – 118 с.
3. Кошмаров Ю.А., Рубцов В.В. Процессы нарастания опасных факторов пожара в производственных помещениях и расчет критической продолжительности пожара. – М.: МИПБ МВД России, 1999. – 89 с.
4. Свешников А.А. Прикладные методы теории случайных функций. – М.: Наука, 1968. – 463 с.  
nuczu.edu.ua

УДК 504.064.36:574

*Бессонный В.Л., преп., УГЗУ*

### **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДА ИНФОРМАЦИОННОЙ ИЗБЫТОЧНОСТИ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДОСТОВЕРНОСТИ РЕЗУЛЬТАТОВ МОНИТОРИНГА ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ**

(представлено д-ром техн. наук Прохачем Э.Е.)

Предлагается использование метода информационной избыточности для обеспечения достоверности результатов мониторинга чрезвычайных ситуаций путем введения в систему дополнительных переменных с целью получения контрольных соотношений между переменными, а также с использованием соответствующих организационных мер.

**Постановка проблемы.** Учет факторов, влияющих на снижение достоверности, позволяет еще на этапе проектирования систем мониторинга чрезвычайных ситуаций (СМЧС) заложить основы не только для контроля и анализа, но и для обеспечения и даже повышения достоверности информации в системе. Это повышение можно осуществить на основе системного подхода путем введения информационной избыточности в сочетании с использованием высоконадежных и помехозащищенных технических и программных средств, постоянным контролем и прогнозированием состояния всех компонентов СМЧС, а также с использованием соответствующих организационных мер и методов оценки результа-