

*А.Е. Басманов, д.т.н., профессор, гл. научн. сотр., НУГЗУ,
Я.С. Кулик, ад'юнкт, НУГЗУ*

АЛГОРИТМ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ИСТОЧНИКА ЧРЕЗВЫЧАЙНОЙ СИТУАЦИИ НА ОСНОВАНИИ ДАННЫХ ОТ ДАТЧИКОВ ЕЕ ОПАСНОГО ФАКТОРА

Построен алгоритм определения параметров источника чрезвычайной ситуации, использующий информацию от датчиков ее опасного фактора и позволяющий уточнить местоположение очага за счет дополнительной обработки полученной информации.

Ключевые слова: очаг чрезвычайной ситуации, датчик опасного фактора чрезвычайной ситуации.

Постановка проблемы. Одной из опасных чрезвычайных ситуаций в резервуарном парке с нефтепродуктами является разлив нефтепродукта в обваловании резервуара и дальнейшее его воспламенение. Основными причинами возникновения такой ситуации являются перелив нефтепродукта через край резервуара или разгерметизация подводящих к резервуару продуктопроводов. Опасность чрезвычайной ситуации данного типа связана с угрозой ее распространения на резервуар с нефтепродуктом вследствие теплового воздействия пожара на резервуар и продуктопроводы. Поэтому скорейшая ликвидация чрезвычайной ситуации является актуальной задачей. Наиболее радикальным решением задачи является построение автоматической системы ослабления последствий чрезвычайной ситуации. Такие системы широко используются для ликвидации пожаров в резервуарах с нефтепродуктами, однако их использование в обваловании затруднено, во-первых, необходимостью покрытия пеной большой площади внутри обвалования (для резервуаров РВС-10000 – около 350 м²), а, во-вторых, худшим растеканием пены по грунту по сравнению с растеканием по поверхности жидкости, что еще больше увеличивает расход пенообразователя. Таким образом, возникает задача определения очага чрезвычайной ситуации и подачи огнетушащего вещества именно в этот очаг, а не по всей площади внутри обвалования резервуара.

Анализ последних исследований и публикаций. В работе [1] построена математическая модель воздействия опасного фактора чрезвычайной ситуации на чувствительный элемент датчика на примере теплового воздействия пожара в обваловании на чувствительный элемент теплового пожарного извещателя. Модель позволяет определить время срабатывания датчика, но не позволяет определить очаг чрезвычайной ситуации – расположения и размеров разлива.

Постановка задачи и ее решение. Целью работы является построение алгоритма определения параметров источника чрезвычайной ситуации на основании информации от датчиков опасного фактора чрезвычайной ситуации (на примере определения очага горения нефтепродукта в обваловании резервуара по информации от тепловых пожарных извещателей, расположенных на резервуаре и его обваловании).

Разобьем пространство внутри обвалования на отдельные области с помощью прямых, равноотстоящих друг от друга и параллельных сторонам обвалования. Будем аппроксимировать область разлива нефтепродукта с помощью полученных таким образом прямоугольных областей (рис. 1).

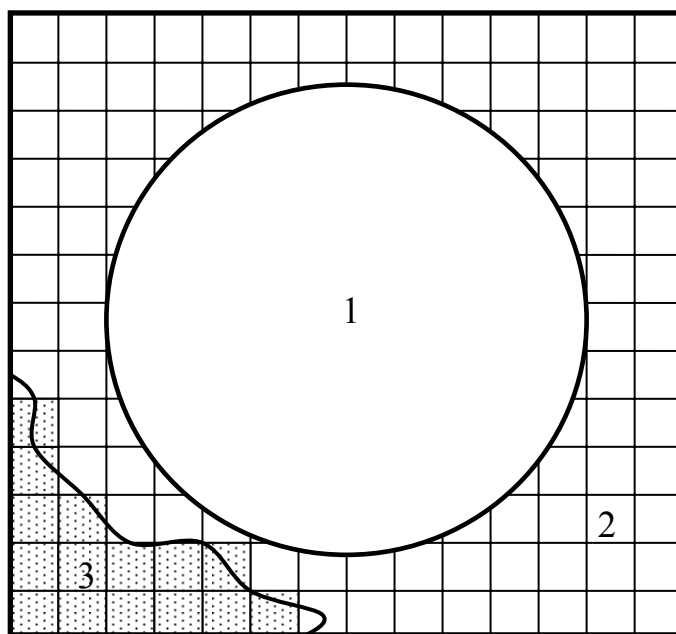


Рис. 1. Разбиение пространства внутри обвалования на отдельные области: 1 – резервуар; 2 – пространство внутри обвалования; 3 – область разлива и ее аппроксимация

Будем также предполагать, что область горения представляет собой односвязную область, а ее граница – односвязная, если разлив не охватывает полностью резервуар, и двухсвязная, если разлив охватывает резервуар. Это означает, что разлив является сплошным и внутри него не может быть негорящих «пятен».

Рассмотрим множество $\Omega = \{\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_N\}$ всех возможных очагов горения, состоящих из подобластей прямоугольной формы и удовлетворяющим приведенным выше условиям связности.

Пусть на резервуаре и обваловании установлены m тепловых пожарных извещателей $\{I_1, I_2, \dots, I_m\}$. Для каждого из возможных разливов ω_i определим тепловой поток, приходящийся на каждый из извещателей. Температура чувствительного элемента извещателя в форме прямоугольной пластины описывается дифференциальным уравнением [1]:

$$\frac{dT}{dt} = \frac{c_0 \varepsilon_\phi \varepsilon_d}{\rho \delta c} \left[\left(\frac{T_\phi}{100} \right)^4 - \left(\frac{T}{100} \right)^4 \right] \psi_\phi + \frac{c_0 \varepsilon_d}{\rho \delta c} \left[\left(\frac{T_0}{100} \right)^4 - \left(\frac{T}{100} \right)^4 \right] (1 - \psi_\phi) + \frac{\alpha (T_B - T)}{\rho \delta c}, \quad (1)$$

где T – температура чувствительного элемента; $c_0 = 5,67 \text{ Вт/м}^2\text{К}^4$; $\varepsilon_\phi, \varepsilon_d$ – степени черноты поверхностей пламени и чувствительного элемента; T_ϕ – температура излучающей поверхности пламени; T_0 – температура окружающей среды; ρ, c – плотность и теплоемкость материала чувствительного элемента; δ – толщина пластины; ψ_ϕ – локальный коэффициент облучения факелом; T_B – температура воздушной среды в месте соприкосновения с чувствительным элементом; α – коэффициент конвективного теплообмена [2]:

$$\alpha = \frac{0,0364 \lambda w^{0,8} \text{Pr}^{0,4} \varepsilon_t}{L^{0,2} \nu^{0,8}}; \quad (2)$$

λ – коэффициент теплопроводности воздуха; L – характерный размер, равный диаметру резервуара; w – скорость движения воздушного потока, соприкасающегося с пластиной (обусловленного как ветром, так и восходящими потоками от очага горения); ν – кинематическая вязкость воздуха; $\text{Pr} \approx 0,7$ – число Прандтля воздуха; ε_t – поправочный коэффициент:

$$\varepsilon_t = \begin{cases} (\mu_f / \mu_w)^{0,11}, & T < T_B \\ (\mu_f / \mu_w)^{0,25}, & T > T_B, \end{cases} \quad (3)$$

μ_f, μ_w – динамическая вязкость воздуха при температурах T_B и T соответственно.

Используя выражения (1)-(3) для каждого извещателя I_i составим множество возможных вариантов разлива P_i , при которых этот извещатель срабатывает, и множество возможных вариантов разлива Q_i , при которых он не срабатывает:

$$P_i = \{\omega_{i_1}, \omega_{i_2}, \dots, \omega_{i_p}\}, \quad Q_i = \Omega \setminus P_i.$$

Предположим теперь, что произошло срабатывание извещателей $I_{i_1}, I_{i_2}, \dots, I_{i_k}$, а извещатели $I_{i_{k+1}}, I_{i_{k+2}}, \dots, I_{i_m}$ не сработали. Это означает, что множество всех возможных разливов, которые приводят к данному набору сработавших и несработавших извещателей, имеет вид

$$\Omega_0 = P_{i_1} \cap P_{i_2} \cap \dots \cap P_{i_k} \cap Q_{i_{k+1}} \cap Q_{i_{k+2}} \cap \dots \cap Q_{i_m},$$

извещатели $I_{i_1}, I_{i_2}, \dots, I_{i_k}$, и пересечение всех множеств разливов, при которых не срабатывают извещатели $I_{i_{k+1}}, I_{i_{k+2}}, \dots, I_{i_{k_m}}$. Знание множества возможных разливов позволяет определить минимально возможный разлив ω_i :

$$\omega_{\min} = \bigcap_{\omega_j \in \Omega_0} \omega_j,$$

и максимально возможный разлив

$$\omega_{\max} = \bigcup_{\omega_j \in \Omega_0} \omega_j.$$

Это означает, что огнетушащее вещество должно быть подано таким образом, чтобы покрыть область ω_{\max} .

Выводы. На примере определения параметров очага горения нефтепродукта в обваловании резервуара по информации от тепловых пожарных извещателей, расположенных на резервуаре и его обваловании, построен алгоритм определения параметров источника чрезвычайной ситуации на основании информации от датчиков опасного фактора чрезвычайной ситуации. Указанный подход может быть использован в автоматических системах ослабления последствий чрезвычайных ситуаций. В частности, его применение для выявления местоположения горящего разлива в обваловании резервуара позволяет сократить расход огнетушащего вещества.

ЛИТЕРАТУРА

1. Басманов А.Е. Математическая модель нагрева температурного датчика под тепловым воздействием пожара разлива нефтепродукта / А.Е. Басманов, Я.С. Кулик, А.А. Михайлюк // Проблемы пожарной безопасности. – Х.: НУГЗУ, 2012. – № 32. – С. 17-21.
2. Луканин В.Н. Теплотехника / В.Н. Луканин, М.Г. Шатров, Г.М. Камфер и др. – М.: Высш. шк., – 2002. – 671 с.

О.Є. Басманов, Я.С. Кулик

Алгоритм визначення параметрів джерела надзвичайної ситуації на підставі даних від датчиків її небезпечного фактора

Побудовано алгоритм визначення параметрів джерела надзвичайної ситуації, який використовує інформацію від датчиків її небезпечного фактора і дозволяє уточнити місцезнаходження осередку за рахунок додаткової обробки отриманої інформації.

Ключові слова: осередок надзвичайної ситуації, датчик небезпечного фактору надзвичайної ситуації.

A.E. Basmanov, Y.S. Kulik

Algorithm of determining of emergency location based on data from hazard sensors

Algorithm of determining of emergency location which uses information from hazard sensors is built. It allows to specify the location of emergency source due to the additional processing of the information from sensors.

Keywords: location of emergency, hazard sensor.