

Vasil'ev M.V., Strelec V.M., Kovregin V.V.

Analysis of the tightness of the complex PPE of the first level

It is shown that single-factor model according to time complying with the operational work of the selected vocational importance of the quality of those obtained with stabilization of other qualities, provide a quantitative assessment of how the exercise of this quality during this phase of the effect on the outcome of the rescuers.

Key words: insulating suit, SCBA, the front part, the coefficient of protection, the coefficient of toxic hazards

УДК 614.8

Говаленков С.С., науч. сотр., НУГЗУ,

Басманов А.Е., д-р техн. наук, гл. науч. сотр., НУГЗУ

ОЦЕНКА ИНТЕНСИВНОСТИ ИСТЕЧЕНИЯ ОПАСНЫХ ХИМИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ ИЗ ИСТОЧНИКА ВЫБРОСА

(представлено д-ром техн. наук Комяк В.М.)

Построена математическая модель определения интенсивности истечения опасных химических веществ в воздухе при непрерывно действующем источнике выброса этих веществ. Модель позволяет определять необходимые средства защиты и зоны, в которых может находиться личный состав подразделений МЧС при ликвидации таких аварий.

Ключевые слова: авария, чрезвычайная ситуация, опасные химические вещества

Постановка проблемы. При авариях на объектах, использующих опасные химические вещества (ОХВ), необходимо знать интенсивность истечения этих веществ с места аварии. Однако на практике эта величина не может быть известна априори и требует оценки, которая может быть получена, как правило, после прибытия подразделений МЧС к месту ликвидации аварии.

Анализ последних исследований и публикаций. Как отмечается в [1,2], использование стохастических моделей для прогнозирования возможного поражения людей – одно из наиболее широко используемых направлений при моделировании аварий и чрезвычайных ситуаций (ЧС), связанных с выбросом ОХВ. Учитывая недостатки используемых моделей, методик и методов,

в частности, учета среднего значения направления и скорости ветра при прогнозировании развития аварии и ее последствий, в [3] предложена математическая модель диффузии паров ОХВ в воздухе при мгновенной утечке газа, позволяющая оценить вероятность превышения концентрацией выброшенного вещества некоторого критического значения. В [4] проведена оценка вероятности достижения концентрацией вещества критических значений и вероятность превышения величины токсической дозы критического значения при мгновенном выбросе ОХВ. В [5] получена модель определения концентрации ОХВ в воздухе при его медленном истечении и позволяющая прогнозировать границы зон, в которых концентрация ОХВ превышает допустимые значения, что позволяет руководителю ликвидации аварии, связанной с утечкой ОХВ в атмосферу, принимать меры безопасности для личного состава подразделений МЧС и населения.

Постановка задачи и ее решение. Полученные в [3-5] модели предполагают знание интенсивности истечения E , кг/с, ОХВ с места аварии.

Математическое ожидание концентрации паров в воздухе $q(x, y, z, t)$ в заданной точке пространства и заданный момент времени при медленном истечении газа определяется выражением (6) [5] и может быть записано следующим образом

$$\bar{q}(x, y, z, t) = E \cdot F(x, y, z, t).$$

Пусть имеются измерения q_1, q_2, \dots, q_n концентрации ОХВ в воздухе, выполненные одним или несколькими газоанализаторами в моменты времени t_1, t_2, \dots, t_n в точках пространства $(x_1, y_1, z_1), (x_2, y_2, z_2), \dots, (x_n, y_n, z_n)$ соответственно. С этой целью могут быть использованы, например, переносные газоанализаторы типа ДОЗОР-С-П, предназначенные для измерения концентрации одного газа в воздухе, или стационарные ДОЗОР-С, либо комплект ВПХР, позволяющий определять превышение некоторого порога q_n концентрации [6, 7].

Возможны два случая:

1) известно точное время аварии и, следовательно, моменты времени t_1, t_2, \dots, t_n , в которые проводились измерения концентрации ОХВ, указываются относительно времени аварии;

2) точное время аварии неизвестно, и времена t_1, t_2, \dots, t_n отсчитываются относительно времени прибытия подразделений МЧС к месту аварии.

В первом случае для оценки интенсивности истечения ОХВ из источника воспользуемся методом наименьших квадратов

$$L = \sum_{i=1}^n (q_i - E \cdot F(x_i, y_i, z_i, t_i))^2 \rightarrow \min_E. \quad (1)$$

В результате решения задачи минимизации (1), получим оценку интенсивности источника ОХВ

$$\tilde{E} = \frac{\sum_{i=1}^n q_i F(x_i, y_i, z_i, t_i)}{\sum_{i=1}^n F^2(x_i, y_i, z_i, t_i)}. \quad (2)$$

Полученная оценка позволяет использовать построенную модель выброса ОХВ для прогнозирования концентрации опасного вещества, если известно точное время аварии.

Если же точное время аварии не известно (случай 2), то, наряду с интенсивностью источника E , требует оценки интервал времени τ , прошедший с момента аварии до прибытия подразделений МЧС

$$L = \sum_{i=1}^n (q_i - E \cdot F(x_i, y_i, z_i, \tau + t_i))^2 \rightarrow \min_{E, \tau}. \quad (3)$$

Вычисляя производные по E и τ и приравнивая их к нулю, получим систему уравнений

$$\begin{cases} 2 \sum_{i=1}^n [q_i - E \cdot F(x_i, y_i, z_i, t_i + \tau)] F(x_i, y_i, z_i, t_i + \tau) = 0, \\ 2E \sum_{i=1}^n [q_i - E \cdot F(x_i, y_i, z_i, t_i + \tau)] \frac{\partial F(x_i, y_i, z_i, t_i + \tau)}{\partial \tau} = 0, \end{cases} \quad (4)$$

где

$$\frac{\partial F}{\partial \tau} = \frac{1}{4\pi^{3/2} \sqrt{a_z}} \frac{1}{\sqrt{t+\tau}} \cdot \frac{1}{\sqrt{D_\theta(t+\tau)D_\rho(\tau+\tau)\sqrt{1-r_{\theta\rho}^2(t+\tau)}}} \times$$

$$\times \exp\left[-\frac{X^2 + Y^2 - 2r_{\theta\rho}XY}{2(1-r_{\theta\rho}^2(t+\tau))}\right] \times \left\{ \exp\left[-(Z-Z_0)^2\right] + \exp\left[-(Z+Z_0)^2\right] \right\},$$

$$X = \frac{x - \bar{v}_x(t+\tau)}{\sqrt{D_\theta(t+\tau)}}, \quad Y = \frac{y - \bar{v}_y(t+\tau)}{\sqrt{D_\rho(t+\tau)}}, \quad Z = \frac{z - v_z(t+\tau)}{2\sqrt{a_z(t+\tau)}}, \quad Z_0 = \frac{z_0}{2\sqrt{a_z(t+\tau)}}.$$

Ввиду нелинейной зависимости функций $F(x_i, y_i, z_i, t_i + \tau)$ и $\frac{\partial F(x_i, y_i, z_i, t_i + \tau)}{\partial \tau}$ от τ аналитическое решение системы уравнений

(4) относительно переменных E и τ оказывается невозможным. Применение численных методов решения также неоправданно, т.к. удобнее применять численные методы непосредственно для решения задачи (3). Для решения (3) воспользуемся методом наискорейшего спуска [8], суть которого заключается в том, что произвольно выбирается начальная точка (E_0, τ_0) . После этого последовательно выполняются итерации, на каждой из которых вычисляются производные $\frac{\partial L}{\partial E}$ и $\frac{\partial L}{\partial \tau}$, и в направлении той переменной, по которой абсолютное значение производной оказалось большим, делается шаг для перехода к новому значению E_{k+1} или τ_{k+1} соответственно

$$E_{k+1} = \frac{\sum_{i=1}^n q_i F(x_i, y_i, z_i, t_i + \tau_k)}{\sum_{i=1}^n F^2(x_i, y_i, z_i, t_i + \tau_k)}, \quad \tau_{k+1} = \tau_k, \quad (5)$$

либо

$$E_{k+1} = E_k, \quad \tau_{k+1} = \tau_k - \frac{\partial L / \partial \tau}{\partial^2 L / \partial \tau^2}.$$

Здесь учтена квадратичная зависимость функции цели L от параметра E . Итерации повторяются до тех пор, пока не будет

превышено заданное количество шагов, либо окажется, что обе производные удовлетворяют условию

$$\left| \frac{\partial F}{\partial E} \right| < \varepsilon, \quad \left| \frac{\partial F}{\partial \tau} \right| < \varepsilon,$$

где $\varepsilon > 0$ – априори заданное число, характеризующее точность нахождения экстремума.

Описанная вычислительная процедура допускает эффективную программную реализацию. При этом начальная точка (E_0, τ_0) выбирается следующим образом. В качестве τ_0 принимается количество времени, прошедшее от поступления сигнала об аварии до прибытия подразделений МЧС на место чрезвычайной ситуации, а величина E_0 рассчитывается по формуле, аналогичной (2) и (5)

$$E_0 = \frac{\sum_{i=1}^n q_i F(x_i, y_i, z_i, t_i + \tau_0)}{\sum_{i=1}^n F^2(x_i, y_i, z_i, t_i + \tau_0)}. \quad (6)$$

Выводы. При непрерывно действующем источнике выброса ОХВ перед подразделениями МЧС возникает задача ликвидации источника выброса. Это требует непосредственного контакта личного состава с источником выброса и, следовательно, пребывания личного состава в зоне с высокой концентрацией ОХВ. Поэтому возникает необходимость определения средств защиты и зон, в которых может находиться личный состав подразделений МЧС. Для решения такой задачи необходимо знать интенсивность истечения ОХВ с места аварии. Предложенная модель определения интенсивности медленного истечения ОХВ в воздухе позволяет решить эту задачу.

ЛИТЕРАТУРА

1. Моніторинг надзвичайних ситуацій. / [Абрамов Ю.О., Грінченко Є.М., Кірючкін О.Ю. та ін.]; під ред. Ю.О. Абрамова. – Х. : АЦЗУ, 2005. – 530 с.
2. Моделирование аварийных ситуаций на опасных производственных объектах. Программный комплекс ТОКСИ+ (версия

Оценка интенсивности истечения опасных химических веществ из источника выброса

- 3.0): Сборник документов. Серия 27. Выпуск 5 / [Колл. авт]. – М. : Научно-технический центр по безопасности в промышленности, 2006. – 252 с.
3. Басманов А.Е. Математическая модель диффузии паров опасных химических веществ в воздухе. / А.Е. Басманов, С.С. Говаленков // Проблемы надзвичайних ситуацій. – 2008. – № 8. – С.29-39.
 4. Басманов А.Е. Оценка вероятности превышения концентрацией вещества в воздухе допустимого значения. / А.Е. Басманов, С.С. Говаленков, Е.А. Панина // Проблемы надзвичайних ситуацій. – 2008. – № 8. – С. 39-45.
 5. Басманов А.Е. Определение безопасных зон при ликвидации аварии, связанной с выбросом опасных химических веществ. / А.Е. Басманов, С.С. Говаленков // Проблемы надзвичайних ситуацій. – 2009. – № 10. – С. 44-51.
 6. Полегаев Ю.А. Радиационная, химическая и биологическая защита. Учебное пособие. / Полегаев Ю.А., Голуб Н.В., Чайка М.Ю. – Воронеж : ВГУ, 2003. – 69 с.
 7. Тихонов А.Н. Уравнения математической физики / А.Н. Тихонов, А.А. Самарский. – М. : Наука, 1977. – 735 с.
 8. Сухарев А.Г. Курс методов оптимизации. / Сухарев А.Г., Тимохов А.В., Федоров В.В. – М. : Наука, 1986. – 382 с.

Говаленков С.С., Басманов О.Є.

Оцінка інтенсивності витікання небезпечних хімічних речовин з джерела викиду

Побудована математична модель визначення інтенсивності витікання небезпечних хімічних речовин у повітрі при неперервно діючому джерелі викиду цих речовин. Модель дозволяє визначати необхідні засоби захисту та зони, в яких може перебувати особовий склад підрозділів МЧС під час ліквідації таких аварій.

Ключові слова: аварія, надзвичайна ситуація, небезпечні хімічні речовини

Govalenkov S.S., Basmanov A.Ye.

The evaluation of intensity discharge hazardous chemicals from source emissions

A mathematical model for determining the intensity of the expiration of hazardous chemicals in the air at a continuous current source emissions of these substances was built. The model allows to determine the necessary means of protection and areas that may contain the personnel of the MoES units during eliminating such accidents.

Key words: accident, emergency, dangerous chemical substances