

А.Е. Басманов, М.В. Васильев, С.В. Говаленков
(Украина)

ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ЛИКВИДАЦИИ НЕПРЕРЫВНО ДЕЙСТВУЮЩЕГО ИСТОЧНИКА ОПАСНОГО ХИМИЧЕСКОГО ВЕЩЕСТВА

Показано, что в отличие от аварии с мгновенным выбросом опасных химических веществ (ОХВ), когда перед подразделениями МЧС в качестве главной стоит задача ликвидации последствий аварии, при непрерывно действующем источнике перед оперативно-спасательными подразделениями возникает задача ликвидации источника выброса и, следовательно, пребывания личного состава в зоне высоких концентраций ОХВ. В то же время находящиеся на вооружении в пожарно-спасательных подразделениях, которые первыми прибывают к месту аварии, средства индивидуальной защиты рассчитаны для работы только при пожаре, условия которого могут существенно отличаться от условий, связанных с выбросом ОХВ. Таким образом, возникает необходимость определения зон, в которых может находиться личный состав в соответствующих средствах индивидуальной защиты.

В докладе рассматривается задача выбора комплекса средств индивидуальной защиты (КСИЗ) в результате оценки поля концентраций ОХВ вблизи непрерывно действующего источника выброса.

Для её решения предлагается при разбиении местности в районе аварии на зоны в качестве критерия использовать требование о том, что с заданной доверительной вероятностью $P_{довер}$ концентрация ОХВ q не превосходит некоторого критического значения $q_{кр}$:

$$P(q \leq q_{кр}) \geq P_{довер}. \quad (1)$$

Показано, что концентрация ОХВ в точке (x, y, z) в момент времени t может быть описана следующим образом:

$$\mu = \frac{E}{8\pi^{3/2} a \sqrt{a_z}} \cdot \int_0^t \frac{1}{\tau^{3/2}} \times \exp \left[- \frac{\left(x - \int_{t-\tau}^t \xi(s) ds \right)^2 + \left(y - \int_{t-\tau}^t \eta(s) ds \right)^2}{4a\tau} \right] \times \\ \times \left\{ \exp \left[- \frac{(z - v_z \tau - z_0)^2}{4a_z \tau} \right] + \exp \left[- \frac{(z - v_z \tau + z_0)^2}{4a_z \tau} \right] \right\} d\tau, \quad (2)$$

где E – интенсивность источника выброса ОХВ, $кг/с$;

a, a_z – коэффициент турбулентной диффузии в горизонтальном и вертикальном направлениях соответственно, $м^2/с$;

v_z – вертикальная составляющая скорости ветра (детерминированная), $м/с$;

$\xi(s), \eta(s)$ – нормальные стационарные случайные процессы, описывающие скорость ветра в направлении осей X и Y соответственно;

z_0 – высота, на которой произошел выброс ОХВ, $м$.

Анализ выражения (2) показал, что случайная величина μ имеет распределение, близкое к нормальному распределению, параметры которого (математическое ожидание и среднеквадратическое отклонение концентрации ОХВ в воздухе) позволяют определить необходимый КСИЗ, который обеспечит безопасное пребывание спасателей на месте проведения аварийно-спасательных работ. Критерием выбора является выполнение соотношения

$$K_z \geq K_{то}, \quad (3)$$

где K_z – коэффициент защиты КСИЗ;

$K_{то}$ – коэффициент токсической опасности среды:

$$K_{то} = \frac{q_{факт}}{q_{ПДК}}, \quad (4)$$

где $q_{факт}$ – фактическая концентрация ОХВ в воздухе, $мг/м^3$;

$q_{ПДК}$ – предельно допустимая концентрация ОХВ, $мг/м^3$.

Тактико-технические характеристики средств индивидуальной защиты позволяют определить границы зон, в которых должен использоваться КСИЗ: 1-я ("горячая") зона – $q > 5000$ ПДК (личный состав должен быть в изолирующем костюме, внутри которого находится изолирующий аппарат); 2-я ("тёплая") зона – $q = (200-5000)$ ПДК (личный состав должен быть в изолирующем аппарате); 3-я ("холодная") зона – $q = (1-200)$ ПДК (можно быть в фильтрующем противогазе).

Таким образом, границы зон определяются отношением концентрации вещества в воздухе q к величине его ПДК $q_{ПДК}$:

$$= \frac{q}{q_{ПДК}}. \quad (5)$$

Поскольку концентрация вещества в воздухе пропорциональна интенсивности его выброса E , то границы зон определяются величиной Ψ :

$$\Psi = \frac{E}{q_{ПДК}}. \quad (6)$$

Анализ численных экспериментов показал, что даже для такого высокотоксичного вещества, как хлор ($q_{ПДК}(Cl_2) = 1 \text{ мг/м}^3$) и значительной интенсивности выброса (1 кг/с) размеры 1-й зоны составляют порядка 2 м.

Это означает, что только личный состав, непосредственно участвующий в ликвидации непрерывно действующего источника высокотоксичного ОХВ, нуждается в средствах с максимальной защитой (такой комбинации изолирующего костюма и изолирующего аппарата, когда последний находится внутри защитной одежды). На больших расстояниях (при проведении, например, работ по постановке водяных завес) спасатели могут быть в изолирующих аппаратах поверх защитной одежды.

Также показано, что форма 1-й зоны близка к круговой, то есть ветер не оказывает существенного влияния на её границы.

В качестве примера ситуации с менее токсичным веществом, которое выбрасывается с меньшей интенсивностью, была рассмотрена утечка аммиака с интенсивностью $E = 0,1 \text{ кг/с}$ при тех же параметрах ветра, что приведены выше. Анализ полученных результатов показал, что в данном случае фактически отсутствует 1-я и 2-я зоны: граница 2-й зоны расположена на расстоянии не более 0,2 м от точки выброса ОХВ. Таким образом, только личный состав, непосредственно задействованный в ликвидации утечки, должен быть обеспечен изолирующими аппаратами.