

«РАСЧЁТ ЗАПАСОВ МЕДИЦИНСКИХ СИЛ И СРЕДСТВ ПРИ АВАРИИ С АХОВ»

Клюжин А.В., Баулин С.И., Егорова Ю.А.

*Кафедра Природной и техносферной безопасности Саратовского государственного
технического университета имени Гагарина Ю. А.*

Как показывает статистика аварий и катастроф на химически опасных предприятиях, в подавляющем большинстве аварий веществами, образующими с воздухом взрывоопасные смеси, являются метан, этан, пропан, изобутан, ацетилен, природный газ и др., либо пары легколетучих горючих жидкостей.

Кроме того, многие АХОВ взрывоопасны. Детонационная волна способствует распространению ВУВ за пределами ПГВС, что приводит к телесным повреждениям различной степени тяжести у человека и разрушению различных конструкций, т.е. взрывоопасность на этих предприятиях обуславливает возможность сочетания острых отравлений с термическими ожогами и травмами. В связи с этим при определении величины индивидуального риска при авариях на химически опасных объектах следует учитывать влияние нескольких факторов.[1] Величину индивидуального риска R_v при объемном взрыве рассчитывают по формуле:

$$R_v = Q_{Bi} \cdot Q_{Bni},$$

где Q_{Bi} - вероятность возникновения i -го типа аварии со взрывом газо-, паро- или пылевоздушной смеси на предприятии, раз/год;

Q_{Bni} - условная вероятность поражения человека, находящегося на заданном расстоянии от установки, избыточным давлением при реализации указанной аварии i -го типа;

n – количество типов рассматриваемых аварий.

Используя предложенный нами методический подход можно рассчитать радиусы зон различной степени тяжести поражения и прогнозируемые в них потери. Необходимо отметить, что возможные потери при ЧС принято делить на общие, санитарные и летальные (смертельные). Санитарные потери являются разностью между общими и летальными потерями. Формулы для расчета радиусов зон поражения $R_A, R_B, R_C, R_{D1}, R_D$ с соответствующими им степенями поражения A, B, C, D_1, D имеют вид:

- A (крайне тяжелая степень поражения) – величина избыточного давления в зоне с радиусом $R_A > 0,3$ МПа :

$$R_A = R_{исх} \cdot 0,109. \quad (2)$$

- B (тяжелая степень поражения) – величина избыточного давления в зоне с радиусом R_B составляет от 0,1 до 0,3 МПа :

$$R_B = R_{исх} \cdot 0,142. \quad (3)$$

- C - (средняя степень поражения) - величина избыточного давления в зоне с радиусом R_C составляет от 0,06 до 0,1 МПа :

$$R_C = R_{исх} \cdot 0,197. \quad (4)$$

- D_1 (легкая степень поражения) - величина избыточного давления в зоне с радиусом R_{D1} составляет от 0,04 до 0,06 МПа

$$R_{D1} = R_{исх} \cdot 0,236. \quad (5)$$

- D (пороговый эффект) - величина избыточного давления в зоне с радиусом R_D составляет от 0,02 до 0,04 МПа

$$R_D = R_{исх} \cdot 0,280 \quad (6)$$

Степени тяжести травматических поражений от избыточного давления ВУВ можно условно разделить на пять нижеописанных степеней:

- крайне тяжелая степень поражения - травма легких 4 - 5 степени; потеря сознания; ушибы и кровоизлияния;

- тяжелая степень поражения – травма легких 2 - 3 степени; множественные ушибы внутренних органов; потеря сознания до 30 минут; переломы костей конечностей и позвоночника;

- средняя степень поражения – травма легких 1 степени; потеря сознания до 3 мин; длительное расстройство речи, слуха; выраженные вестибулярные и вегетативные расстройства; неврологические нарушения; контузии средней степени тяжести всего организма; кровотечения из носа и ушей; вывихи и переломы костей конечностей;

- легкая степень поражения – легкая контузия всего организма; ушибы и вывихи костей конечностей; баротравма ушей с дезориентацией до 1 минуты и последующим расстройством вестибулярных и вегетативных функций. Рассчитав значения радиусов зон поражения по формулам (2-6), подставим полученное значение каждого радиуса в выражение для расчета санитарных потерь в данной i-ой зоне:

$$N_{PCi} = \pi \cdot R_i^2 \cdot n_i, \quad (7)$$

где N_{PCi} – расчетное значение санитарных потерь i-ой степени тяжести поражения, чел;

R_i – величина радиуса зоны поражения i-ой степени тяжести, м;

n_i – плотность населения (персонала объекта) в данной i-ой зоне поражения, чел/км².

Тогда запасы необходимых медицинских сил и средств будут определяться выражением:

$$Q_{необх.р.} = \pi \cdot R_i^2 \cdot n_i \cdot q_i, \quad (8)$$

где $Q_{необх.р.}$ – необходимое рассчитанное количество запасов медицинских сил и средств для i-ой зоны поражения;

q_i – расход медицинских сил и средств на одного пораженного в i-ой зоне поражения.

Для получения уточненных данных воспользуемся системой расчета, представленной в работе.[2] Величина летальных потерь из числа санитарных определяется выражением:

$$\Delta N_L = k_1 \cdot N_C, \quad (9)$$

где k_1 – коэффициент, показывающий долю санитарных потерь, переходящих в летальные при отсутствии лечения;

N_C – величина санитарных потерь, чел.

По материалу, если запасы медицинских сил и средств рассчитаны на лечение N_{PC} человек, а санитарные потери превысили эту величину и составили N_C человек, то тогда число $(N_C - N_{PC})$ человек не будет обеспечено медицинской помощью, и дополнительные летальные потери составят:

$$\Delta N_L = k_1 \cdot (N_C - N_{PC}). \quad (10)$$

Тогда дополнительные летальные потери (ΔN_{Li}) в i-ой зоне поражения составят:

$$\Delta N_{Li} = | (k_1 \cdot (N_{Ci} - \pi \cdot R_i^2 \cdot n_i)) |, \quad (11)$$

где N_{Ci} – величина санитарных потерь в i-ой зоне поражения, чел.

При значениях $N_{Ci} < N_{PCi}$ значение ΔN_{Li} выражается абсолютным значением.

По аналогии со схемой, представленной в работе, можно определить порядок создания целесообразного количества запасов сил и средств для ликвидации последствий объемных взрывов. Используя функцию плотности распределения дополнительных летальных потерь, представленную в данной работе, можем выразить математическое ожидание дополнительных летальных потерь следующим выражением:

$$M_{Bi}(\Delta N_{Li}) = k_{1i} k_B \int_{N_{PCi}}^{N_{i \max}} f_B(N_B) (N_B - \pi R_i^2 \cdot n_i) d(N_B), \quad (12)$$

где k_{1i} – коэффициент, показывающий, какая часть людей погибнет в i -ой зоне дополнительно без оказания медицинской помощи;

k_B – среднее число взрывов на химически опасном объекте в течение года в стране или регионе;

$N_{i \max}$ – максимально возможная величина санитарных потерь в i -ой зоне поражения, чел;

$f_B(N_B)$ – плотность распределения числа людей в i -ой зоне поражения, чел/км².

Общая величина ожидаемых дополнительных летальных потерь в зонах различной степени тяжести поражения определяется выражением:

$$M(\Delta N_{Li}) = \sum_{j=1}^n M_{B_j}(\Delta N_{L_j}), \quad (13)$$

где n – количество радиусов зон поражения.

Значения математических ожиданий $M_0(N)$ и $M_i(N)$ определяются по выражению (3.20), принимая при расчетах $M_0(N)$ в качестве N_{PC} значения $N_{PC} = 0$, а при определении $M_i(N)$ – заданное значение $N_{PCi} = \pi \cdot R_i^2 \cdot n_i$. Равенство $N_{PC} = 0$ означает, что в данном случае вообще не создаются запасы медицинских сил и средств.

В работе [3] приводится расчет критерия, характеризующего потери среди людей при реализации ЧС:

$$\eta_i = \frac{C_i}{M_0(N) - M_i(N)}, \quad (14)$$

где C_i – размер затрат на проведение i -го мероприятия;

$M_0(N)$ – математическое ожидание потерь без проведения i -го мероприятия за расчетный период;

$M_i(N)$ – то же, но после проведения i -го мероприятия.

Применительно к созданию запасов сил и средств, уточним смысл величин C_i , $M_0(N)$ и $M_i(N)$:

C_i – размер затрат на создание и хранение запасов сил и средств в расчете на один год;

$M_0(N)$ – математическое ожидание потерь без создания запасов сил и средств в течение одного года;

$M_i(N)$ – то же, но после создания запасов сил и средств.

Эффективность создания запасов медицинских сил и средств характеризуется критерием, который зависит от N_{PC} : чем большее количество поражающих факторов при этом будет учитываться, тем более точными будут расчеты.

Как упоминалось ранее, некоторые АХОВ способны образовывать в воздухе взрывоопасные смеси. Однако в основном зоны поражения рассчитываются только для токсического воздействия АХОВ, не учитывая при этом влияния ВУВ (2). Это приводит к снижению точности расчетов по санитарным потерям в сторону их занижения, а также не учитывается поражающий характер комбинированного воздействия. Так как вероятность взрыва газовой смеси АХОВ носит случайный характер (как и токсическое воздействие), то можем записать уточненное выражение для определения санитарных потерь:

$$N_{PC} = N_{PC1} + N_{PC2}, \quad (15)$$

где N_{PC1} – расчетное значение санитарных потерь от воздействия ВУВ, чел;

N_{PC2} – расчетное значение санитарных потерь от токсического воздействия АХОВ, чел.

Выразим N_{PC1} через величину радиуса зоны поражения ВУВ, тогда величина необходимых запасов медицинских сил и средств с учетом комбинированного воздействия факторов будет определяться выражением:

$$Q_{\text{необх.}} = \pi \cdot R_i^2 \cdot n_i \cdot q_i + N_{PC2}. \quad (16)$$

При этом следует учитывать, что состав запасов медицинских сил и средств будет определяться характером поражения ВУВ в каждой зоне. Величина N_{PC2} будет рассчитываться по методикам, представленным в работах.[2,3]

Тогда математическое ожидание дополнительных летальных потерь с учетом комбинированного действия поражающих факторов примет вид:

$$M(\Delta N_L) = M_1(\Delta N_{L1}) + M_2(\Delta N_{L2}), \quad (17)$$

где $M_1(\Delta N_{L1})$ – математическое ожидание дополнительных летальных потерь от воздействия ВУВ;

$M_2(\Delta N_{L2})$ – математическое ожидание дополнительных летальных потерь от токсического воздействия АХОВ.

Предыдущее выражение можно также представить в следующем виде:

$$M(\Delta N_L) = k_1 k_B \int_{N_{PC1}}^{N_{\max 1}} f_B(N_B) (N_B - N_{PC_B}) d(N_B) + k_2 k_a \int_{N_{PC2}}^{N_{\max 2}} f_a(N_a) (N_a - N_{PC_a}) d(N_a), \quad (18)$$

где k_1 – коэффициент, показывающий, какая часть людей погибнет от воздействия ВУВ без оказания медицинской помощи;

k_B – среднее число взрывов в течение года в стране или регионе, в зависимости от масштабов создания сил и средств;

$N_{\max 1}$ – максимальное количество людей, оказавшихся в зонах поражения ВУВ, чел;

N_{PC1} – расчетное количество пострадавших от действия ВУВ, чел;

$f_B(N_B)$ – плотность распределения числа людей в зонах поражения ВУВ, чел/км²;

N_B – текущее значение числа людей, оказавшихся в зонах поражения ВУВ, чел;

k_2 – коэффициент, показывающий, какая часть людей дополнительно погибнет в зоне токсического воздействия АХОВ без оказания медицинской помощи;

k_a – среднее число аварий с выбросом или проливом АХОВ;

$N_{\max 2}$ – максимальное количество людей, чел;

N_{PC2} – расчетное количество людей, оказавшихся в зонах токсического воздействия АХОВ, чел;

$f_a(N_a)$ – плотность распределения числа людей в зонах токсического воздействия АХОВ, чел/км²;

N_a – текущее значение числа людей, оказавшихся в зонах токсического воздействия АХОВ.

Общая величина математического ожидания дополнительных летальных потерь от комбинированного воздействия поражающих факторов с учетом возможности аварии на каждом объекте определяется по формуле:

$$M(\Delta N_L) = \sum_{j=1}^n M_j(\Delta N_L), \quad (19)$$

где n – количество поражающих факторов при аварии.

Таким образом, предложенный методический подход и уточненный метод расчета объемов запасов сил и средств для ликвидации последствий аварий может быть использован специалистами научно-исследовательских институтов, проектных организаций, промышленных предприятий, нацеленных на обеспечение промышленной безопасности и т.д.

ЛИТЕРАТУРА

1. Управление риском в социально-экономических системах, концепция и методы ее реализации // ВИНТИ. Проблемы безопасности при чрезвычайных ситуациях. – 1996. - № 2. – С. 18-60.
2. Костин А.А., Костин А.И. Критерии социального риска при авариях на химически опасных объектах // ВИНТИ. Проблемы безопасности при чрезвычайных ситуациях. – 1997. - № 1. – С. 63-77.
3. Махутов Н.А., Костин А.И. Эффективность мер по снижению опасности при чрезвычайных ситуациях // ВИНТИ. Проблемы безопасности при чрезвычайных ситуациях. – 1997. - № 10. – С. 64-72.