

УДК 614.878

ОЦЕНКА ПАРАМЕТРОВ ФАКТИЧЕСКОЙ ЗОНЫ ПРИ ПОСТАНОВКЕ ВОДЯНЫХ ЗАВЕС В ХОДЕ ЛИКВИДАЦИИ ПОСЛЕДСТВИЙ ЧРЕЗВЫЧАЙНОЙ СИТУАЦИИ, СВЯЗАННОЙ С ВЫБРОСОМ (ПРОЛИВОМ) АММИАКА

Котов Г.В., к.х.н., доцент, Еремин А.П.

The article offers the results of development and use of semi-empirical model for calculation of actual contamination zone depth, caused by an emergency situation connected with spillage or emission of ammonia. Facts about quantities of the depth actual zone of contamination in dependence on the area of the flood and the velocity of wind are given. It also provides the concept of the water curtains efficiency factor and the system of its application for calculation of ammonia concentration change in the surface air after application of water curtains.

(Поступила в редакцию 30 марта 2008 г.)

В настоящее время основным нормативным документом, регламентирующим расчет параметров зоны заражения при выбросе опасного химического вещества (ОХВ), является «Методика прогнозирования масштабов заражения сильнодействующими ядовитыми веществами при авариях (разрушениях) на химически опасных объектах и транспорте: РД 52.04.253–90» [1], позволяющая рассчитывать глубину зоны заражения и площадь фактической зоны заражения с учетом объема хранящегося ОХВ. Среди зарубежных методик следует отметить методику «ТОКСИ», на основе данных о объеме хранения позволяющую рассчитывать глубину зоны заражения и концентрацию ОХВ. Методики, регламентирующие проведение аварийно-спасательных работ (АСР), плохо согласуются с методиками прогнозирования параметров зоны заражения, дают рекомендации общего характера, не позволяющие, как правило, рассчитывать количество сил и средств, необходимых для проведения аварийно-спасательных работ.

В соответствии с планом проведения работ, предусмотренных по заданию Государственной научно-технической программы «Защита от чрезвычайных ситуаций», с использованием результатов лабораторных исследований процесса абсорбции аммиака движущимися водяными каплями [2] и натурных испытаний по определению влияния водяных завес (ВЗ) на концентрацию аммиака в приземном слое воздуха [3] разработана полуэмпирическая модель расчета глубины фактической зоны заражения, возникающей в результате пролива или выброса аммиака. Для определения параметров фактической зоны заражения использована модель, базирующаяся на результатах натурных испытаний, позволяющая с помощью известных закономерностей распространения примеси воздуха как спутного следа осуществлять экстраполяционные оценки глубины фактической зоны заражения, возникающей в случаях проливов аммиака различной площади при различной скорости ветра. В таблице 1 представлены данные, полученные с использованием разработанной модели, позволяющие прогнозировать значения глубины фактической зоны заражения при чрезвычайных ситуациях (ЧС), связанных с проливом аммиака, для наиболее типичных случаев метеорологических условий, характеризующихся скоростью ветра 2, 5 и 7 м/с.

Полученные данные могут быть использованы не только для расчета глубины фактической зоны заражения, формирующейся при проливах жидкого аммиака, но и в случаях выброса в атмосферу газообразного аммиака. При этом используется пересчетный коэффициент, в качестве которого принимается коэффициент массообмена аммиака между поверхностью пролива и атмосферой. Расход аммиака сопоставляется с приведенной площадью пролива, расчет которой производится по формуле:

$$S_{\text{прив}} = \frac{G_{\text{ам}}}{\gamma_{\text{ам}}} \rho_{\text{ам}}, \quad (1)$$

где $S_{\text{прив}}$ – приведенная площадь поверхности пролива, м²;
 $G_{\text{ам}}$ – объемный расход аммиака, м³/с;
 $\gamma_{\text{ам}}$ – коэффициент массообмена, кг/м²·с;
 $\rho_{\text{ам}}$ – плотность аммиака, кг/м³.

Таблица 1 – Глубина фактической зоны заражения в зависимости от площади пролива и скорости ветра

Площадь пролива, м ²	Глубина фактической зоны заражения в зависимости от скорости ветра, м		
	2 м/с	5 м/с	7 м/с и выше
6	190	155	140
10	230	185	170
20	300	240	220
30	350	275	255
40	390	305	280
50	420	335	305
70	480	375	345
100	545	430	395
200	705	555	510
400	915	720	660
600	1060	835	765

Имеющиеся статистические данные о случаях ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций, связанных с проливом или выбросом аммиака, свидетельствуют о том, что основным средством воздействия на распространяющееся аммиачно-воздушное облако являются водяные завесы. Постановка водяных завес на пути движения облака зараженного воздуха способствует значительному снижению концентрации аммиака в приземном слое воздуха, происходящему вследствие рассеивания и абсорбции аммиака водяными струями и движущимися водяными каплями.

При принятии решения о постановке водяных завес необходимо прогнозирование влияния, которое они окажут на распространение облака зараженного воздуха. Разработанная полуэмпирическая модель позволяет рассчитывать параметры фактической зоны заражения в зависимости от площади пролива или интенсивности газообразного выброса аммиака при свободном развитии чрезвычайной ситуации и при постановке водяных завес с учетом метеорологической обстановки. В качестве характеристики интенсивности влияния водяных завес на распространение токсичных примесей могут использоваться изменения глубины фактической зоны заражения или концентрации опасного химического вещества в заданной точке.

Решение о постановке водяных завес принимается руководителем АСР с учетом обстановки, сложившейся на момент прибытия аварийно-спасательных подразделений, и поставленных задач. В зависимости от выбранной схемы постановки водяных завес определяется количество эшелонов завес и протяженность перфорированных линий. При планировании необходимых мероприятий и расчете требуемого количества сил и средств для постановки завес предусматриваются два возможных варианта расчета:

- по значениям площади пролива, объема газообразного выброса и скорости ветра;
- по значениям концентрации аммиака в контрольных точках и требуемого уровня ее снижения.

Первый вариант применяется в случаях, когда основные усилия подразделений по ликвидации чрезвычайной ситуации направляются на локализацию выброса (пролива) и предотвращение распространения аммиачно-воздушного облака. Последовательность действий при использовании первого варианта:

- определение площади пролива;
- оценка метеорологической обстановки;
- расчет глубины фактической зоны заражения;
- расчет количества эшелонов водяных завес с учетом требуемого уменьшения глубины фактической зоны заражения;
- определение мест прокладки рукавных распылителей;
- расчет количества рукавных распылителей;
- определение количества необходимых технических средств.

Второй вариант расчета используется в случаях необходимости защиты конкретных объектов, оказавшихся в пределах фактической зоны заражения.

Последовательность действий при использовании второго варианта:

- определение направления ограничения распространения аммиачно-воздушного облака;
- определение концентрации аммиака в приземном слое воздуха в заданных точках;
- определение требуемого уровня снижения концентрации аммиака;
- расчет количества эшелонов водяных завес с учетом значений коэффициента эффективности;
- определение мест прокладки рукавных распылителей;
- расчет количества рукавных распылителей;
- определение количества необходимых технических средств.

Для принятия решения о месте постановки ВЗ и количестве эшелонов производится замер концентрации аммиака в приземном слое воздуха (на высоте порядка 1,5 м) в точке, выбор которой зависит от расположения объектов, подлежащих защите от распространяющегося токсичного облака. Такими объектами могут быть, например, отдельные здания или секторы промышленной или жилой застройки, оказавшиеся в пределах зон как фактического, так и возможного заражения. При отсутствии выраженной необходимости защиты конкретных объектов можно использовать стандартный выбор точки замера – на расстоянии 25 м от границы пролива аммиака или места его газообразного выброса. На рисунке 1а представлена схема расположения такой контрольной точки для замера концентрации в случае пролива аммиака.

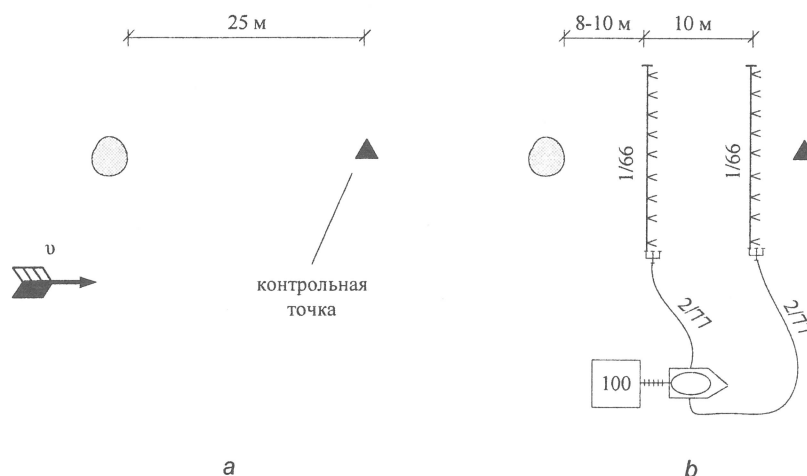


Рисунок 1 – Постановка водяных завес в два эшелона с учетом значений концентрации аммиака в контрольной точке

Постановка водяной завесы осуществляется с помощью прокладки рукавного распылителя на расстоянии 8–10 м от границы пролива аммиака и вызывает значительное снижение его концентрации. Величина падения концентрации аммиака в заданной точке может быть рассчитана с применением коэффициента эффективности водяной завесы, зависящего от ее высоты, расхода воды и скорости ветра. В результате проведенных исследований был определен массив значений коэффициента эффективности для водяных завес с различными параметрами при различных скоростях ветра. В таблице 2 в качестве примера представлены значения коэффициента эффективности для наиболее типичных случаев применяемых параметров ВЗ, создаваемых с использованием рукавных распылителей, соответствующих формуле $(20 \times 0,066 \times 0,5 \times 0,005)$, где 20 – длина рукавного распылителя, м; 0,066 – диаметр, м; 0,5 – расстояние между соплами, м; 0,005 – диаметр сопел [4]. Следует отметить, что изменение конструкции рукавного распылителя приведет к изменению величины коэффициента эффективности, определение которого потребует применения экспериментальных или полумпирических методов.

Таблица 2 – Значения коэффициента эффективности водяной завесы, создаваемой с помощью рукавного распылителя

Высота завесы, м	Расход воды, дм ³ /с	Коэффициент эффективности при скорости ветра		
		2 м/с	5 м/с	7 м/с и выше
4,5	7	0,7	0,25	0,1
5	9	0,85	0,65	0,5
5,5	11	0,9	0,8	0,75
6	12,5	0,9	0,85	0,8

Используя значения коэффициента эффективности и пользуясь формулой:

$$[\text{NH}_3] = [\text{NH}_3]_0 (1 - K_{\text{эфф}}) \quad (2)$$

где $[\text{NH}_3]_0$ – начальная концентрация аммиака в заданной точке, мг/м³;

$[\text{NH}_3]$ – концентрация аммиака в заданной точке после постановки ВЗ, мг/м³;

$K_{\text{эфф}}$ – коэффициент эффективности водяной завесы,

можно оперативно производить расчеты снижения концентрации аммиака в заданной точке при условии постановки перед ней водяной завесы. Например, если в контрольной точке концентрация аммиака при скорости ветра 5 м/с составляла 600 мг/м³, то при постановке завесы высотой 5 м концентрация аммиака установится в пределах $600(1 - 0,65) = 210$ мг/м³.

В случае необходимости большего снижения концентрации аммиака может производиться постановка двух эшелонов завес, как представлено на рисунке 1б. Оценка снижения концентрации аммиака при постановке нескольких эшелонов завес производится с использованием коэффициента эффективности и количества эшелонов по формуле:

$$[\text{NH}_3] = [\text{NH}_3]_0 (1 - K_{\text{эфф}})^N, \quad (3)$$

где N – количество эшелонов водяных завес.

Данный способ расчета снижения концентрации аммиака пригоден и для случаев использования иных распылителей, но потребуются предварительное определение соответствующих коэффициентов эффективности создаваемых ими завес.

ЛИТЕРАТУРА

1. Методика прогнозирования масштабов заражения сильнодействующими ядовитыми веществами при авариях (разрушениях) на химически опасных объектах и транспорте: РД 52.04.253–90. – Л.: Гидрометеоиздат, 1991. – 23 с.
2. *Еремин, А.П.* Абсорбция аммиака движущимися каплями воды / А.П. Еремин [и др.] // Инженер.-физ. журн. – 2007. – Т. 80, № 3. – С. 36–42.
3. *Котов, Г.В.* Влияние водяных завес на снижение концентрации аммиака в воздухе / Г.В. Котов, А.П. Еремин, В.Г. Тищенко // Чрезвычайные ситуации: предупреждение и ликвидация. – 2007. – № 1 (21). – С. 114–121.
4. *Котов, Г.В.* Определение коэффициента пропускания водяных завес при ликвидации чрезвычайных ситуаций, связанных с проливом аммиака / Г.В. Котов, А.П. Еремин // Оралдын ғылым жаршысы. Техника. – 2007. – № 2 (3). – С. 44–50.