

УДК 614.878

РАСЧЕТ КОЛИЧЕСТВА РУКАВНЫХ РАСПЫЛИТЕЛЕЙ ДЛЯ ПОСТАНОВКИ ВОДЯНЫХ ЗАВЕС ПРИ ЛИКВИДАЦИИ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ, СВЯЗАННЫХ С ПРОЛИВОМ АММИАКА

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

Тищенко В.Г.*, к.с.-х.н.

*Министерство по чрезвычайным ситуациям Республики Беларусь

Представлены принципы расчета количества рукавных распылителей для постановки водяных завес при ликвидации чрезвычайных ситуаций, связанных с проливом аммиака. Дано понятие глубины фактической зоны заражения и способов ее определения с учетом площади пролива и скорости ветра. Представлены схемы рациональной постановки водяных завес и конструкция рукавного распылителя для их создания. Изложены правила расчета эффективной длины завесы и площади пролива, который может быть перекрыт завесой определенной длины. С учетом количества рукавных распылителей предлагаются способы расчета расхода воды, численности личного состава и количества пожарных автомобилей.

Введение. По объемам производства, переработки и транспортировки аммиак занимает первое место среди всех опасных химических веществ. Соответственно, инциденты, связанные с проливом или выбросом аммиака, занимают первое место среди всех чрезвычайных ситуаций (ЧС), связанных с опасными химическими веществами. Утечка аммиака часто ведет не только к необратимым последствиям для технологического процесса, но и к созданию неблагоприятной экологической ситуации, а также опасности для здоровья и жизни людей. Причины попадания аммиака в окружающую среду достаточно разнообразны, как правило, выброс аммиака становится результатом разгерметизации технологического оборудования, применяемого при переработке и использовании аммиака, а также емкостей хранения и транспортировки.

При проведении аварийно-спасательных работ в ходе ликвидации ЧС для ограничения распространения и обеззараживания аммиачно-воздушного облака, формирующегося в результате попадания аммиака во внешнюю среду, как правило, используются водяные завесы. Водяные завесы создаются с применением специальных устройств и образуют динамическую преграду, препятствующую распространению аммиачно-воздушного облака, и способствующую снижению концентрации аммиака. Водяные завесы проявляют свойства полупроницаемой преграды, которая аммиак частично рассеивает, а частично связывает за счет абсорбции водой.

Постановка водяных завес требует привлечения большого количества сил и средств, хотя вопросы тактики их применения и обеспечения эффективности до настоящего времени нормативно не регламентируются. Эффективность применения водяных завес зависит от ряда факторов, основными из которых являются выбор их параметров и схем постановки. Выбор схемы постановки завес требует использования определенного количества сил и средств, расчет которых должен производиться с использованием объема выброса и условий, сложившихся на момент проведения аварийно-спасательных работ.

Основная часть. Для использования методики расчета сил и средств, разработанной на кафедре тактики проведения аварийно-спасательных работ и тушения пожаров Командно-инженерного института МЧС Республики Беларусь, необходим учет ряда параметров, определяемых с использованием данных разведки на момент начала действий по ликвидации последствий ЧС. При оценке ситуации, сложившейся на месте аварии, связанной с выбросом (проливом) аммиака, необходим учет следующих параметров: площади пролива, расхода газообразного выброса, направления и скорости ветра.

Проведенные исследования показали, что наибольшей эффективностью обладают водяные завесы, создаваемые с использованием рукавных распылителей. Такой рукавный распылитель изготавливается из стандартного прорезиненного или латексного пожарного рукава длиной 20 м и диаметром 66 мм. Распылитель должен иметь отверстия для распыления воды диаметром 5 мм, расположенные вдоль одной линии, по всей длине рукава с интервалом порядка 0,5 м. Свободный конец распылителя перекрывается с помощью заглушки. Рукавный распылитель подключается к насосу пожарного автомобиля, на котором поддерживается давление порядка 5—9 атм для обеспечения высоты завесы 5—6 м.

В основе расчета сил и средств, необходимых для ликвидации последствий ЧС с аммиаком, лежит использование схем постановки водяных завес с учетом глубины фактической зоны заражения, площади пролива и угла горизонтального рассеивания аммиака. Использование имеющихся методик не позволяет определить границы области, нахождение внутри которой без средств индивидуальной защиты (прежде всего органов дыхания) опасно для жизни и здоровья людей, предлагаемый расчет зоны фактического заражения дает ответ на этот вопрос. Как правило, мы имеем дело со случаями, когда в результате поступления аммиака в атмосферу фактическая зона заражения формируется под действием ветра. Глубина фактической зоны заражения — расстояние от места выброса или границы пролива аммиака в направлении распространения ветра до точки, соответствующей его содержанию в воздухе, равному 1 ПДК.

Руководитель аварийно-спасательными работами, прежде всего, определяет места, в которых будет осуществляться постановка водяных завес. Это зависит от условий, сложившихся на момент прибытия подразделений к месту аварии: площади пролива, высоты точки газообразного выброса, рельефа местности, направления и скорости ветра. Следующим этапом становится расчет глубины фактической зоны заражения. Зависимость глубины фактической зоны заражения от площади пролива для скорости ветра 2, 5 и 7 м/с представлена на рисунке 1. Кривая 1 соответствует скорости ветра 2 м/с, кривая 2 — скорости ветра 5 м/с, 3 — скорости ветра 7 м/с.

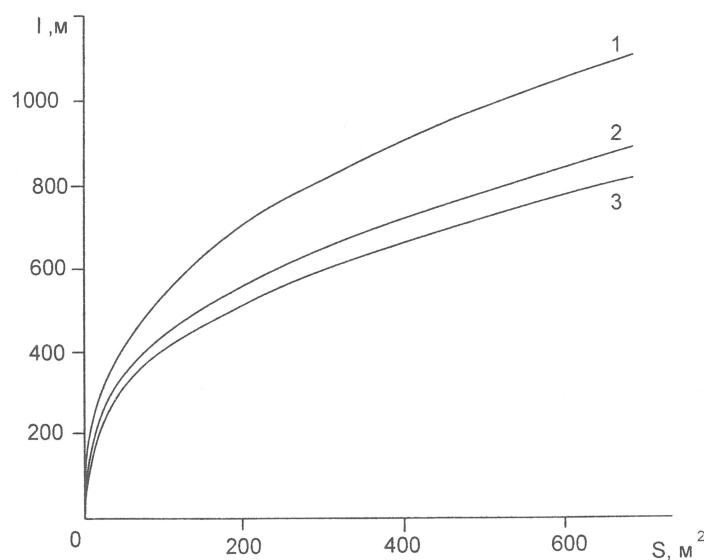


Рисунок 1 — Зависимость глубины фактической зоны заражения от значений площади пролива и скорости ветра

Выбор схемы постановки завес осуществляется с учетом местных условий и расхода газообразного выброса либо площади пролива. Максимальная эффективность использования водяных завес достигается при комбинированной схеме их постановки, сочетающей два

эшелона и резервную линию. Пример комбинированной схемы постановки водяных завес с использованием резервной линии при площади пролива 100 м^2 и скорости ветра около 7 м/с представлен на рисунке 2. Первый эшелон завес устанавливается на расстоянии $8\text{—}10 \text{ м}$ от границы пролива, второй эшелон — параллельно первому, на расстоянии 10 м . Резервная линия прокладывается на расстоянии 40 м от первой линии и вводится в действие в случае необходимости при значительных площадях пролива и повышенных требованиях к уровню безопасности, а также при возможности изменения реальной обстановки в неблагоприятную сторону.

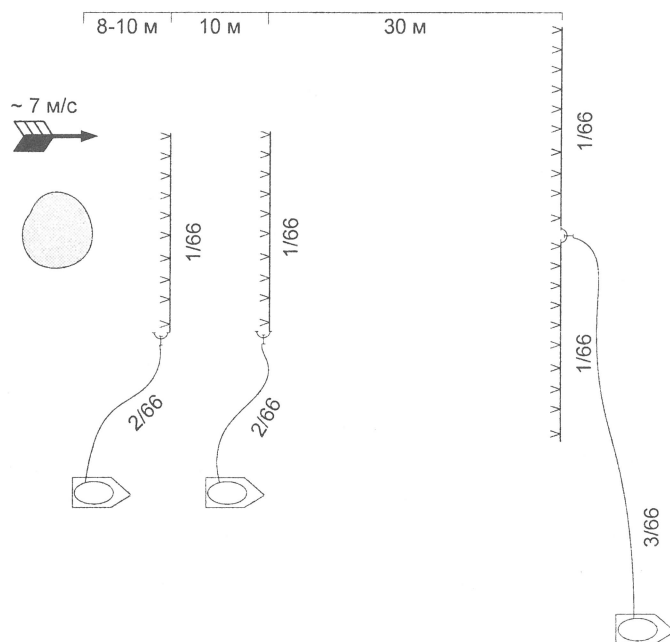


Рисунок 2 — Комбинированная схема постановки водяных завес с использованием резервной линии

При определении необходимой протяженности водяных завес учитывается угол горизонтального рассеивания аммиака, определяющий ширину фактической зоны заражения. При скорости ветра до 2 м/с угол горизонтального рассеивания аммиака составляет 90° , при скорости ветра порядка 5 м/с он составляет 45° , при скорости 7 м/с и более — 24° .

В реальной обстановке необходимы четкие и недвусмысленные инструкции для принятия решений, поэтому с целью упрощения работы с методикой расчета сил и средств рациональнее всего представление необходимых данных в виде таблиц, обращение с которыми потребовало бы минимального объема предварительной работы. Для этого в качестве отправной точки принимается количество рукавных распылителей для постановки водяных завес. Количество рукавных распылителей определяется с учетом площади пролива и скорости ветра для каждого из устанавливаемых эшелонов.

Для оценки ширины фронта распространения аммиачно-воздушного облака используется понятие эффективной длины завесы. В данном случае эффективная длина водяной завесы определяется как расстояние между точками, ограничивающими область эффективного действия завесы. Эффективная длина водяной завесы, как правило, превышает длину используемого для ее создания устройства вследствие бокового рассеивания водяных струй. Эффективная длина завесы, создаваемой с помощью рукавного распылителя, может быть определена по формуле

$$l_{\text{эфф}} = l + h, \quad (1)$$

где l — длина рукавного распылителя, м;
 h — высота завесы, м.

Использование величины $l_{эфф}$ позволяет определять площадь пролива, который может перекрыть водяная завеса. Для определения ориентировочной площади пролива, который может перекрыть водяная завеса, имеющая известную эффективную длину, применяется формула

$$S = \pi \left[\frac{1}{2} (l_{эфф} - (2 r \operatorname{tg} \alpha/2)) \right]^2, \quad (2)$$

где S — площадь пролива, м²;
 r — расстояние от границы пролива до линии прокладки рукавных распылителей, м;
 α — угол горизонтального рассеивания аммиака, град.

Пример. Определить площадь пролива жидкого аммиака, который может быть перекрыт с использованием водяной завесы высотой 5,5 м при длине перфорированной рукавной линии 20 м, проложенной на расстоянии 10 м от границы пролива.

Эффективная длина водяной завесы определяется по формуле

$$l_{эфф} = l + h;$$

$$l_{эфф} = 20 + 5,5 = 25,5 \text{ м.}$$

При скорости ветра 2 м/с максимальная площадь пролива составит

$$S = \pi \left[\frac{1}{2} (l_{эфф} - (2 r \operatorname{tg} \alpha/2)) \right]^2 = \pi \left[\frac{1}{2} (25,5 - (2 \cdot 10 \operatorname{tg} 90/2)) \right]^2;$$

$$S = 3,14 \left[\frac{1}{2} (25,5 - 20 \operatorname{tg} 45^\circ) \right]^2 = 3,14 \cdot 2,75^2 = 24 \text{ м}^2.$$

При скорости ветра 5 и 7 м/с максимальная площадь пролива составит соответственно 232 м² и 354 м².

Требуемая величина эффективной длины водяной завесы определяется с учетом ширины пролива в направлении, перпендикулярном направлению ветра и может быть найдена по формуле

$$l_{эфф} = 2 r \operatorname{tg} \alpha/2 + D, \quad (3)$$

где D — ширина пролива, определенная, м.

Использование различных значений r — расстояния от границы пролива до линии прокладки рукавных распылителей позволяет рассчитывать требуемую протяженность перфорированной линии для любого эшелона, следовательно, и количество необходимых рукавных распылителей. Например, принимая форму пролива округлой, при площади пролива 100 м² количество рукавных распылителей, необходимых для постановки первого, второго эшелонов и резервной линии, составит 2, 2 и 5 при скорости ветра до 2 м/с, 2, 2 и 3 при скорости ветра 5 м/с, 1, 1 и 2 при скорости ветра 7 м/с и выше.

В случаях невозможности четкого определения направления распространения аммиачно-воздушного облака или при штилевой погоде применяется круговая схема постановки водяных завес, представленная на рисунке 3. Количество рукавных распылите-

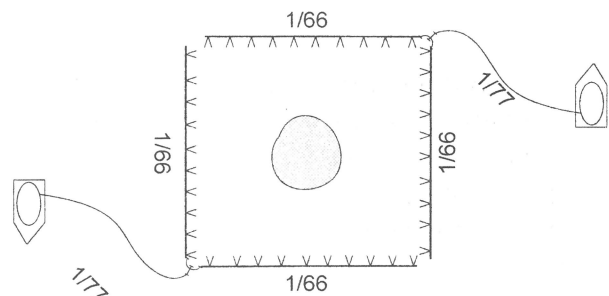


Рисунок 3 — Круговая схема постановки водяных завес

лей, необходимых для постановки первого эшелона водяных завес по круговой схеме, составляет при площади пролива до 200 м² — 4 шт., при площади пролива 200—500 м² — 5 шт., 500—1000 м² — 6 шт. При определенных обстоятельствах такая схема может применяться частично, с учетом выбора наиболее опасных направлений.

Определение количества эшелонов водяных завес производится с учетом либо изменения глубины фактической зоны заражения, либо требуемого уровня снижения концентрации аммиака в контрольной точке. Снижение концентрации аммиака в выбранной точке зоны заражения производится по формуле

$$[\text{NH}_3]_N = [\text{NH}_3]_0 (1 - K_{\text{эфф}})^N, \quad (4)$$

с использованием значений эмпирического или полуэмпирического коэффициента эффективности водяной завесы $K_{\text{эфф}}$. Известные значения $[\text{NH}_3]_0$ (начальной концентрации аммиака в воздухе) позволяют определять значения концентрации при условии постановки водяных завес перед контрольной точкой на пути распространения аммиачно-воздушного облака ($[\text{NH}_3]_N$). N — количество эшелонов водяных завес. Данный вариант расчета применим для случаев выражения концентрации аммиака как в мг/м³, так и в единицах ПДК.

Знание количества рукавных распылителей, необходимых для ликвидации последствий ЧС, позволяет рассчитывать расход воды:

$$G = n G_1, \quad (5)$$

где n — количество рукавных распылителей;

G_1 — расход воды по одному распылителю, дм³/с.

С учетом требуемого расхода воды определяется количество пожарных аварийно-спасательных машин, необходимых для постановки водяных завес:

$$N_1 = G / \Pi, \quad (6)$$

где N_1 — количество машин, шт.;

Π — подача воды от одной машины, дм³/с.

Численность личного состава формирований, участвующих в постановке завес:

$$N_2 = K N_1, \quad (7)$$

где K — численность личного состава для обеспечения работы одной пожарной машины.

Заключение. Для оперативного расчета количества сил и средств, необходимых для ликвидации последствий ЧС, связанной с проливом аммиака, необходима разработка методик, которые позволяли бы достаточно адекватно прогнозировать параметры фактической зоны заражения с использованием наиболее характерных признаков пролива и метеорологических условий. Определяющими параметрами при выборе схемы постановки водяных завес являются площадь пролива и скорость ветра. Выбор схемы постановки завес с учетом величины угла горизонтального рассеивания аммиака позволяет выполнять расчет необходимого количества рукавных распылителей. Использование количества рукавных распылителей позволяет рассчитывать количество личного состава, пожарных машин и воды.

ЛИТЕРАТУРА

1. Котов, Г.В. Разработка теоретических основ улавливания аммиака с применением водяных завес / Г.В. Котов, А.П. Еремин // Чрезвычайные ситуации: теория, практика, инновации: материалы докл. Междунар. науч.-практ. конф., Гомель, 27—28 сент. 2006. — Гомель: ГИИ, 2006. — С. 229—230.
2. Котов, Г.В. Изучение влияния водяных завес на распространение аммиачно-воздушного облака при возникновении чрезвычайных ситуаций / Г.В. Котов, С.П. Фисенко, А.П. Еремин // Обработка информации и управление в чрезвычайных и экстремальных ситуациях: докл. Пятой Междунар. конф., Минск, 24—26 окт. 2006. — Минск: ОИПИ НАН Беларуси, 2006. — Т.1. — С. 68—71.
3. Dandrieux, A. The DVS model: a new concept for heavy gas dispersion by water curtain / A. Dandrieux, G. Dusserre, O. Thomas // Environmental Modelling & Software, 2003. — Vol. 18. — P. 253—259.
4. Котов, Г.В. Методика проведения натурных испытаний по определению влияния водяных завес, создаваемых перфорированными рукавными линиями, на концентрацию аммиака в воздухе / Г.В. Котов, В.Г. Тищенко, А.П. Еремин // Чрезвычайные ситуации: предупреждение и ликвидация. — 2006. — № 2 (20). — Минск: НИИ ПБ и ЧС, 2006. — С.13—20.

Поступила в редакцию 10 мая 2007 г.