

УДК 614.8+621.3.035.221.352

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ВОДЯНЫХ ЗАВЕС ПРИ ЛИКВИДАЦИИ ПОСЛЕДСТВИЙ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ, СВЯЗАННЫХ С ВЫБРОСОМ ОПАСНЫХ ХИМИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ

Котов Г.В., к.х.н., доцент, Булва А.Д., Смоляков А.Б.
Командно-инженерный институт МЧС Республики Беларусь
e-mail: bulva@list.ru

Основным способом обеззараживания и ограничения распространения облака зараженного воздуха при ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций (ЧС), связанных с выбросом опасных химических веществ (ОХВ), является постановка водяных завес. Однако вследствие их низкой абсорбционной активности по отношению ко многим из наиболее распространенных ОХВ возникает необходимость применения устройств, обеспечивающих более эффективное снижение остаточной концентрации токсичных веществ. В статье описаны устройства (устройство для очистки и обеззараживания воздуха, смачиваемый непроницаемый экран), использование которых как в отдельности, так и комбинированно при ликвидации последствий ЧС позволит значительно повысить эффективность проводимых мероприятий. Также предлагается новая конструкция рукавных распылителей, обладающих большей абсорбционной и распыляющей эффективностью.

The basic method of disinfection and limitation of distribution of cloud of the infected air at liquidation of consequences of emergencies related to the troop landing of hazardous chemical substances is rising of aquatic curtains. However, there is the necessity of application of devices providing more effective decline of remaining concentration of toxic matters because of their low absorption activity in relation to many of most widespread hazardous chemical substances. The devices (device for cleaning and disinfection of air, wetting impenetrable screen) the use of which individually are described in the article, so combined at liquidation of consequences of emergencies will allow considerably to promote efficiency of the conducted measures. New construction of sleeves nebulizers possessing greater absorption and nebulizing efficiency is also offered.

(Поступила в редакцию 1 ноября 2009 г.)

Введение

В настоящее время вклад отраслей химической промышленности в общий объем производства экономически развитых стран составляет от 10 до 20 % [1, 2]. Необходимость поддержания высоких темпов развития машиностроения, производства строительных материалов, деревообрабатывающей, целлюлозно-бумажной, легкой, пищевой промышленности и др. определяет крупные объемы потребления, и соответственно, выпуска химической продукции.

Подавляющее большинство веществ и материалов, применяемых в химической промышленности, представляет опасность для окружающей среды, здоровья и жизни человека. В связи с этим производство, переработка, транспортирование, хранение и использование химических веществ определяют высокий уровень риска возникновения ЧС в случаях химических аварий.

В Республике Беларусь функционирует около 250 химически опасных объектов с общим запасом опасных химических веществ (ОХВ) свыше 40 тыс. тонн. Количество одного только используемого, хранящегося и производимого аммиака на территории страны составляет около 20 тыс. тонн. Так, например, 17 тыс. тонн аммиака сосредоточено на ОАО «Гродно Азот» концерна «Белнефтехим», 80 тонн хлора используется на очистной водопроводной станции УП «Минскводоканал», кроме того, 340 тонн сероуглерода обращается в технологическом процессе ОАО «Могилевский ЗИВ». Значительные количества отравляющих веществ постоянно перемещаются железнодорожным и автомобильным транспортом.

Территорию Республики Беларусь ежемесячно пересекает 400–1 500 железнодорожных вагонов с опасными химическими веществами [3–6].

Известны примеры крупных химических аварий в мире, а также в Беларуси, связанных с выбросом ОХВ, имевших тяжелые последствия и нанесших большой ущерб как окружающей среде, так и здоровью и жизни людей.

Наибольшую опасность представляют аварии, сопровождающиеся выбросом ОХВ в атмосферу. Это связано с тем, что распространение токсичных веществ в воздухе происходит с большой скоростью и максимальные значения концентраций наблюдаются при формировании первичного облака. Облако зараженного воздуха может переноситься ветром на значительные расстояния, а негативное влияние газообразных или парообразных токсичных веществ способно проявляться даже при небольших концентрациях [7–9].

Основная часть

Учитывая мировой опыт ликвидации аварий, сопровождающихся выбросом ОХВ, можно сделать вывод, что основным применяемым способом воздействия на распространяющееся облако зараженного воздуха является использование водяных завес [7, 8, 10]. Применение водяных завес в целях ограничения распространения ОХВ и снижения концентрации токсичных веществ обусловлено рядом преимуществ по сравнению с другими способами. Прежде всего, это высокая мобильность и простота применяемых устройств, а также использование штатных технических средств, имеющихся на вооружении аварийно-спасательных подразделений МЧС Республики Беларусь.

Вместе с тем, следует отметить, что существующие рекомендации по применению водяных завес зачастую не учитывают особенностей осаждаемых ОХВ и не определяют путей повышения эффективности применения завес [9, 11, 12].

При проведении аварийно-спасательных работ в ходе ликвидации последствий ЧС, связанных с выбросом ОХВ, основные усилия, как правило, направлены на локализацию и обеззараживание формирующегося облака зараженного воздуха.

Постановка водяных завес осуществляется с использованием распылителей, обеспечивающих эффективное влияние на распространение зараженного облака.

Для распыления воды при постановке водяных завес в подразделениях МЧС Республики Беларусь в настоящее время применяются различные технические устройства: ручные и лафетные стволы с турбинными и щелевыми насадками, рукавные распылители различной конструкции. Кроме этого, имеются установки, включающие в свой состав распылительные стволы различных типов, а также их комбинацию, собранные в отдельные пакеты [7, 9–11].

Результаты проведенных испытаний по определению параметров водяных завес, создаваемых различными распылителями, позволили провести сравнительный анализ эффективности их применения и показали, что наиболее целесообразно для рассеивания и обеззараживания зараженного облака, формирующегося при выбросе ОХВ в атмосферу, использовать рукавные распылители.

Их применение позволяет достичь оптимального соотношения между требуемым расходом воды и параметрами формируемой водяной завесы. В качестве основных параметров создаваемой завесы рассматриваются ее высота, ширина и плотность массива водяных капель.

Рукавные распылители, используемые в настоящее время, отличаются как диаметром рукава, так и диаметром и количеством сопел. Производство таких распылителей до недавнего времени не было регламентировано.

Полученные в ходе натурных испытаний данные о параметрах водяных завес, создаваемых рукавными распылителями различной конструкции, позволили сделать вывод о том, что при ликвидации последствий ЧС, связанных с выбросом ОХВ низкой плотности (например, аммиака), наиболее эффективно применять рукавный распылитель, соответствующий формуле $20 \times 0,066 \times 0,5 \times 0,005$ (длина, диаметр, расстояние между соплами, диаметр сопла распылителя, м) [10–12].

Схема такого распылителя представлена на рис. 1, а.

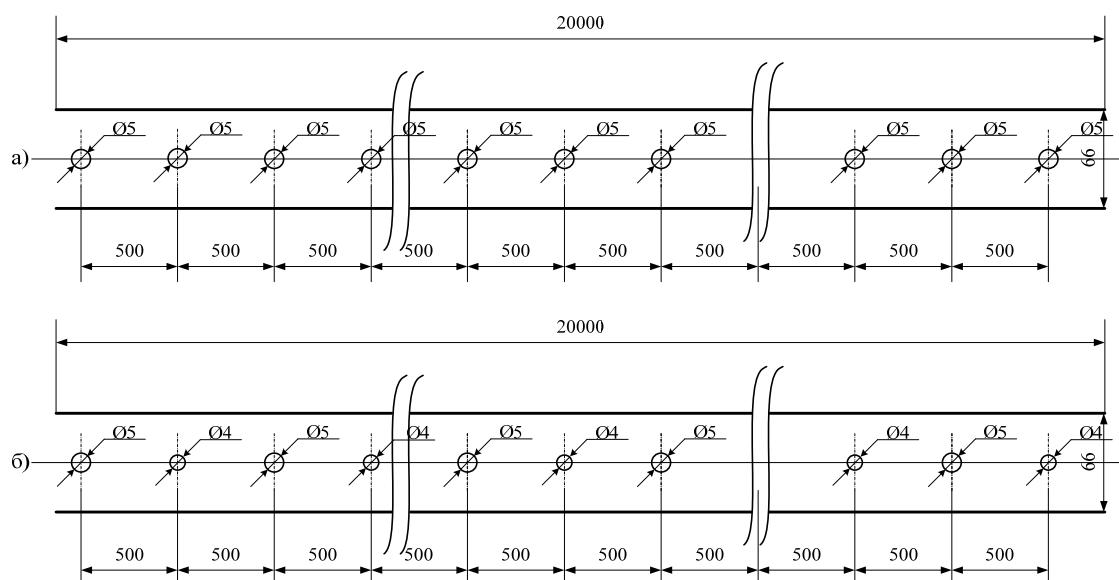


Рисунок 1 – Рукавный распылитель

Рукавный распылитель такой конструкции выбран с учетом того, что определяющим параметром водяной завесы, оказывающим наиболее интенсивное влияние на эффективность ее воздействия на распространяющееся облако токсичного воздуха, является высота. Водяная завеса, создаваемая таким распылителем, соответствует оптимальному соотношению между расходом воды и высотой создаваемой завесы. Ее эффективность обеспечивается малой пропускной способностью и более надежной механической преградой распространению токсичных веществ.

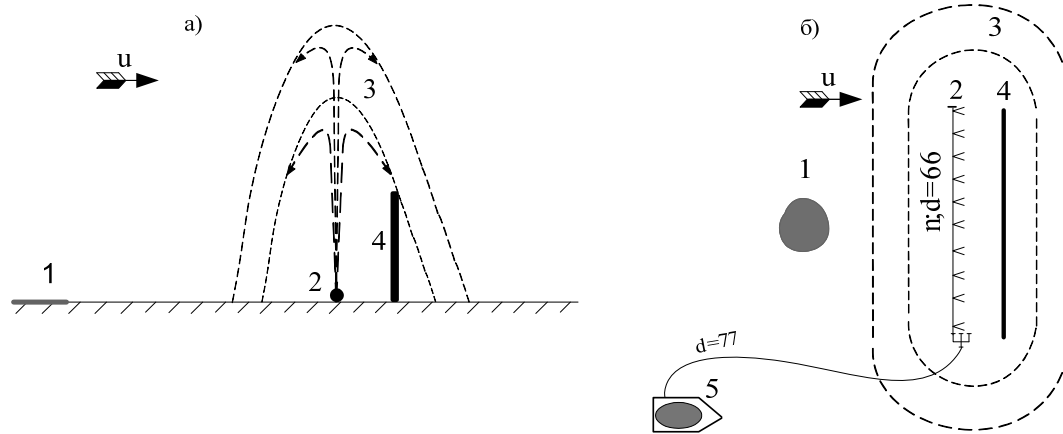
Однако проведенные исследования показали, что водяные завесы, создаваемые с использованием указанного выше рукавного распылителя, оказывают недостаточное воздействие на набегающий воздушный поток в своей нижней части, на высоте менее 1 м. Это может оказаться существенным недостатком при использовании водяной завесы в ходе ликвидации последствий ЧС, связанной с выбросом ОХВ высокой плотности, таких как хлор. При этом было отмечено, что увеличение скорости ветра способствует проникновению воздушного потока сквозь нижнюю часть завесы между компактными струями.

Возникающая проблема может быть решена за счет создания устройств, способствующих интенсификации процессов турбулентного рассеивания в нижней части потока. Одним из выходов может быть оборудование непроницаемых экранов, отсекающих нижнюю часть проникающего потока зараженного воздуха.

С этой целью разработано устройство [12], использующее смачиваемый непроницаемый экран и препятствующее распространению облака зараженного воздуха, прошедшего между компактными восходящими струями воды. Такой экран может быть изготовлен из тканых материалов, например, брезента или из других подручных материалов. Смачиваемый непроницаемый экран высотой 0,8–1,0 м устанавливается в зоне действия водяной завесы перпендикулярно направлению вектора скорости ветра [12].

На рис. 2 представлена схема постановки такого экрана. Рукавная линия 2 прокладывается на расстоянии 8–10 м от границы пролива 1 или от точки газообразного выброса (либо от линии вертикальной проекции при высотном выбросе) с подветренной стороны. Непроницаемый экран 4 устанавливается таким образом, чтобы происходило его орошение падающими водяными каплями. Расстояние между экраном и перфорированной линией зависит от скорости ветра и высоты завесы.

Постановка смачиваемого экрана обеспечивает наряду с уменьшением проницаемости нижней части завесы дополнительное крупномасштабное вихреобразование. Инициирование крупномасштабных вихревых потоков способствует рассеиванию ОХВ в атмосфере, а образующаяся водяная пленка на поверхности экрана дополнительно абсорбирует токсичное вещество, что обеспечивает снижение концентрации ОХВ в воздухе позади завесы.



а – вид сбоку; б – вид сверху

1 – пролив ОХВ; 2 – рукавный распылитель; 3 – водяная завеса; 4 – непроницаемый экран; 5 – автоцистерна

Рисунок 2 – Схема постановки непроницаемого экрана

Другим эффективным средством влияния на пропускную способность водяной завесы в нижней ее части является разработка конструкции распылителя, способного формировать завесу, обладающую большей однородностью по высоте. Неоднородность массива водяных капель становится следствием различия скорости движения капель, а также струй в нижней и верхней частях завесы. Начальная скорость струй и конечная скорость капель, формирующих нижнюю часть завесы, значительно превышают скорость движения распадающихся струй и капель, образующихся в верхней части завесы. Результатом этого становится то, что именно в этой части завесы сосредоточена основная часть массива водяных капель.

Более равномерному распределению водяных капель по высоте будет способствовать использование комбинированных рукавных распылителей, имеющих сопла различного диаметра. С этой целью нами предлагается использовать рукавный распылитель, соответствующий формуле $20 \times 0,066 \times 0,5 \times (0,005-0,004)$ (длина; диаметр распылителя; расстояние между соплами; диаметр сопел, м). Схема такого распылителя представлена на рис. 1, б.

Применение сопел различного диаметра (4 и 5 мм) позволяет получать струи различной высоты, геометрической формы и плотности, что приводит к созданию завесы более однородной по высоте и являющейся, по сути, комбинацией двух различных завес.

Следует отметить, что в качестве эффективного средства влияния на распространение хлора и других токсичных веществ в атмосфере могут быть использованы устройства не только создающие препятствия движению зараженного воздуха, но и активно формирующие газовые и жидкостные потоки. В данном случае могут использоваться различные вентиляторы, компрессоры, насосы и прочие технические устройства. Суть их действия заключается в интенсификации перемешивания примеси с воздухом, ее поглощения твердым или жидким сорбентом, либо комбинированного воздействия.

При проведении аварийно-спасательных работ на месте выброса ОХВ, обладающих высокой токсичностью, таких как хлор, необходимо применение устройств, которые бы не только снижали их концентрацию за счет разбавления воздухом, но и активно абсорбировали отравляющие вещества. С этой целью в настоящее время применяются устройства, содержащие вентилятор, встроенный в воздуховод, внутри которого устанавливаются кассеты, заполненные сорбентом.

Основными недостатками таких устройств являются:

- необходимость применения дорогостоящего сорбента с коротким сроком службы;
- низкая эффективность очистки воздуха из-за малой рабочей поверхности сорбента;
- относительно высокое аэродинамическое сопротивление;
- возможность использования только стационарно;
- способность очищать относительно небольшие объемы зараженного воздуха;
- высокие удельные энергозатраты.

В Командно-инженерном институте разработано устройство для очистки и обеззараживания воздуха, которое может быть использовано подразделениями МЧС в случаях возникновения аварий на объектах производства, использования, хранения и переработки ОХВ или при их транспортировке. Это устройство позволяет осуществлять очистку воздуха от токсичной примеси в условиях ликвидации последствий ЧС, в частности, от паровой, газовой, парогазовой и аэрозольно-дисперсной фазы отравляющих веществ при их аварийном выбросе в окружающую среду.

Устройство представляет собой абсорбционную камеру, соединенную с пожарным дымососом ДП-7 и оборудованную защитным экраном свободного хода. Внутри абсорбционной камеры установлен перфорированный шланг, который образует замкнутый контур с гидравлическим насосом и сливной емкостью.

Отличительными признаками предлагаемого устройства являются использование дымососа ДП-7, обеспечивающего всасывание зараженного воздуха и получение мелкодисперсной абсорбирующей жидкости, контактирующей с токсичной примесью. В качестве абсорбирующей жидкости может использоваться вода, в частности, в случаях необходимости обеззараживания воздуха, содержащего растворимые в воде или аэрозольно-дисперсные токсичные примеси. Использование замкнутого водяного контура позволяет использовать устройство при значительном удалении места проведения аварийно-спасательных работ от водоисточника.

На рис. 3 представлена схема устройства, разработанного для обеззараживания воздуха. Устройство содержит пожарный дымосос ДП-7 *1*, всасывающий рукав ($d = 520$ мм) *10*, абсорбционную камеру, в которой происходит улавливание токсичной примеси ($1000 \times 890 \times 1340$ мм) *2*. В камере закреплен перфорированный резиновый шланг ($d = 30$ мм) *3*, образующий замкнутый контур с гидравлическим насосом *8*, соединительным шлангом *9*, сливной емкостью *5*. В выходной части абсорбционной камеры с помощью соединительных креплений *6* фиксируется защитный экран *7*. Дымосос и абсорбционная камера устанавливаются на сливную емкость *5* при помощи креплений *4*.

Устройство работает следующим образом: через всасывающий рукав *10* зараженный воздух непосредственно от источника выброса, например, пролива, течи и т.п. пожарным дымососом ДП-7 *1* подается в абсорбционную камеру *2*. Вода или абсорбирующий раствор поступают в объем абсорбционной камеры из сопел перфорированного шланга *3*, укрепленного по периметру камеры, при этом происходит контакт капель с турбуляризованным воздушным потоком, содержащим токсичную примесь. При столкновении воздушного потока, содержащего водяные капли с растворенной в них токсичной примесью, с защитным экраном *7* происходит отделение водяных капель. Свободный ход защитного экрана обеспечивает снижение избыточного давления в абсорбционной камере.

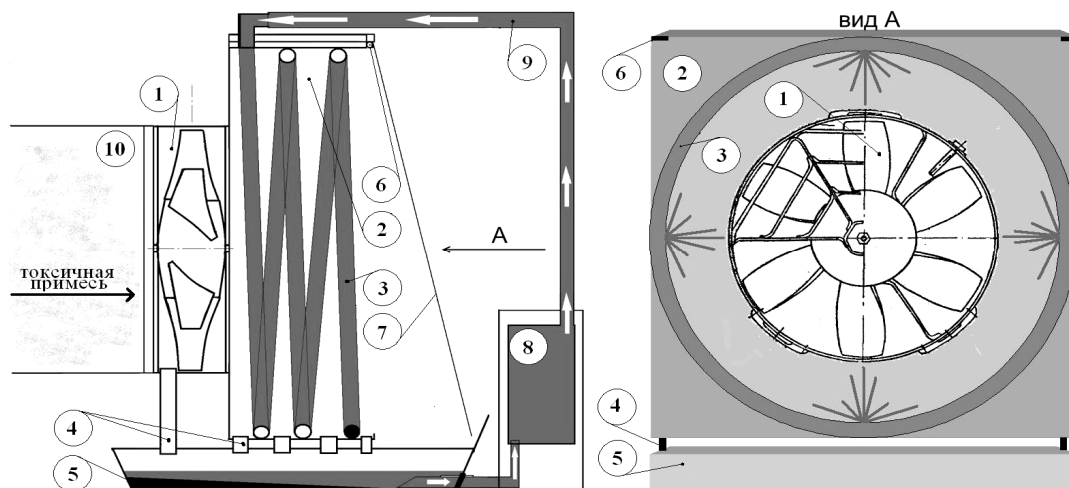
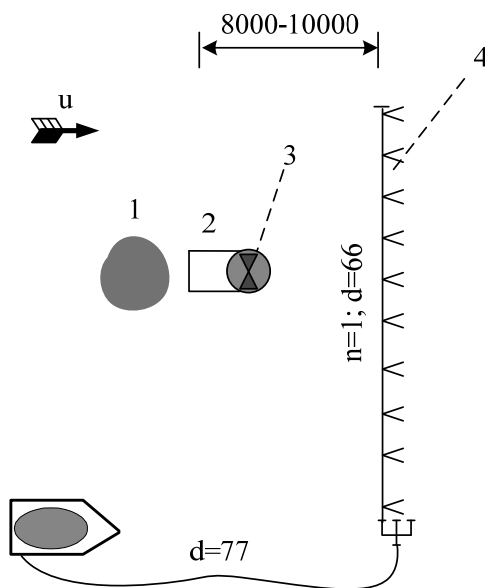


Рисунок 3 – Устройство для обеззараживания воздуха

Образующийся раствор токсичной примеси по стенкам камеры 2 и защитному экрану 7 стекает в сливную емкость 5. Использование креплений 4 позволяет обеспечить необходимую устойчивость конструкции. Скапливающийся в сливной емкости раствор с помощью гидравлического насоса 8 через соединительный шланг 9 подается в перфорированный шланг 3. Циркуляция абсорбирующего раствора производится до его насыщения, после чего раствор (или вода) заменяется. Образовавшийся насыщенный раствор токсичной примеси направляется на утилизацию.

Применение устройства для обеззараживания воздуха при выбросах ОХВ может сочетаться с одновременной постановкой водяных завес. Тактическое использование данного устройства заключается в том, что его устанавливают непосредственно у границы пролива или места газообразного выброса с подветренной стороны с таким расчетом, чтобы обеспечить максимальный забор паров ОХВ всасывающим рукавом. Схема одновременной постановки устройства для обеззараживания воздуха и водяной завесы представлена на рис. 4.



1 – пролив ОХВ; 2 – всасывающий рукав; 3 – устройство для обеззараживания воздуха; 4 – водяная завеса

Рисунок 4 – Схема постановки устройства для обеззараживания воздуха и водяной завесы

Заключение

С учетом того, что основным используемым способом ликвидации последствий ЧС, связанных с выбросом ОХВ, является постановка водяных завес, необходимо разработать методику их применения и повышения эффективности.

Разработанные устройства для постановки водяных завес и обеззараживания воздуха позволяют оказывать интенсивное влияние на распространение облака зараженного воздуха и абсорбцию токсичной примеси. Наиболее перспективными представляются устройства, сочетающие в себе как интенсивное перемешивающее действие (турбулизирующее воздействие), так и абсорбцию ОХВ с помощью нейтрализующих или связывающих компонентов.

Разработанные устройства позволяют применять их комплексно, что обеспечивает значительное увеличение эффективности обеззараживания, особенно в случаях ликвидации последствий ЧС, связанных с выбросом веществ высокой токсичности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Современная Беларусь : энциклопедический справочник : в 3 т. / редкол.: М.В. Мясникович [и др.]. – Минск : Белорусская наука, 2007. – Т. 2. Экономический и научный потенциал. – 680 с.
2. Мировая экономика. Экономика зарубежных стран : учеб. для экон. специальностей вузов / Е.Ф. Авдокумин [и др.]; под ред.: В.П. Колесова, М.Н. Осьмовой. – М. : Флинта, 2000. – 478 с.

3. Защита населения и хозяйственных объектов в чрезвычайных ситуациях. Радиационная безопасность: учеб. пособие : в 3 ч. / С.В. Дорожко, В.Т. Пустовит, Г.И. Морзак. – Минск : Техно-принт, 2001. – Ч. 1. Чрезвычайные ситуации и их предупреждение. – 222 с.
4. Левкевич, В.Е. Экологический риск – закономерности развития, прогноз и мониторинг / В.Е. Левкевич. – Минск : Право и экономика, 2004. – 152 с.
5. Защита населения и хозяйственных объектов в чрезвычайных ситуациях. Радиационная безопасность / В.А. Круглов [и др.]; под общ. ред. В.А. Круглова. – Минск : Амалфея, 2003. – 368 с.
6. Химически опасные объекты, находящиеся на территории Республики Беларусь на 01.01.2009 г. : статистические данные РЦУ и РЧС Беларуси.
7. Влияние водяных завес на снижение концентрации аммиака в воздухе / Г.В. Котов, А.П. Еремин, В.Г. Тищенко // Чрезвычайные ситуации: предупреждение и ликвидация. – № 1(21). – 2007. – С. 114–121.
8. Маршалл, В. Основные опасности химических производств / В. Маршалл; под ред. Б.Б. Чайванова, А.Н. Черноплекова. – М. : Мир, 1989. – 671 с.
9. Чрезвычайные ситуации с химически опасными веществами : учеб. пособие для курсантов и слушателей высших учебных заведений по специальности «Предупреждение и ликвидация чрезвычайных ситуаций» / Э.Р. Бариев [и др.]. – Минск : ИВЦ Минфина, 2008. – 256 с., ил.
10. Абсорбция аммиака водяными завесами в условиях ликвидации последствий чрезвычайной ситуации / Г.В. Котов, А.П. Еремин // Современный научный вестник. – № 28(54). – 2008. – С. 10–15. – (Экология, география).
11. Об утверждении инструкции по расчету сил и средств для постановки водяных завес при ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций, связанных с выбросом (проливом) аммиака : приказ МЧС Респ. Беларусь от 07.07.2008 г., № 89 // Консультант Плюс : Беларусь. Технология ПРОФ [Электронный ресурс] / ЮрСпектр, Нац. центр правовой информ. Беларуси. – Минск, 2009.
12. Установка для абсорбции и рассеяния в атмосфере облака ядовитых газов : пат. 3418, Респ. Беларусь, U, В 05В 1/00, В 05С 11/00, А 62В 15/00. Оpubл. 30.04.2007 / С.П. Фисенко, В.И. Байков, Ю.М. Дмитренко, А.П. Еремин, Г.В. Котов // Офиц. бюл. / Нац. центр интеллект. собственности. – 2007. – № 2. – С. 194.