

ЭФФЕКТИВНАЯ СИСТЕМА НЕЙТРАЛИЗАЦИИ АВАРИЙНЫХ ВЫБРОСОВ ХЛОРА В АТМОСФЕРУ

А.Б. Кожевников

ФСП «КРАВТ», г. Калуга, Россия

A. Arx

«Контролматик АБВ», г. Домжале, Словения

Обращается внимание на необходимость для хлорирования воды использовать надежное, эколого-экономически эффективное оборудование, исключающее утечку хлора. Рассматриваются технологии и оборудование по нейтрализации аварийных выбросов хлора. Предложен и описан авторский вариант системы нейтрализации газообразного хлора СНГХ М6000С.

Хлор и его соединения продолжают занимать доминирующее положение в существующей практике обеззараживания питьевой воды. Такая популярность хлорирования связана, прежде всего, с тем, что это единственный способ, обеспечивающий микробиологическую

безопасность воды в любой точке распространения сети в любой момент времени благодаря эффекту последействия а также, как показывает практика – хлорирование есть наиболее экономичный и эффективный метод в сравнении с любыми другими известными методами дезинфекции питьевой воды [1].

Применение хлора в технологическом процессе приводит к повышению требований к объектам его использующим, как к опасным производственным объектам, оборудование которых и функционирование должны соответствовать требованиям ПБ 09-594-03 «Правила безопасности при производстве, хранении, транспортировании и применении хлора». В частности отметим, что для повышения безопасности хлорных хозяйств необходимо базироваться на надежном и промышленном оборудовании, которое производится отечественными или зарубежными предприятиями, но под контролем Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору РФ. Необходим также более жесткий контроль за состоянием оборудования на опасных производственных объектах. Оборудование, выработавшее ресурс или срок эксплуатации, определенные технической документацией, в целях безопасности должно быть заменено на новое, либо подвергнуто капитальному ремонту предприятием-изготовителем с соответствующей аттестацией. И более того, с целью снижения влияния человеческого фактора на процесс хлорирования, повышения точности дозировки хлора и обеспечения большей безопасности обслуживающего персонала необходимо ориентироваться не просто на современное оборудование, а на оборудование, обеспечивающее автоматический процесс дозирования.

Конечно, наибольшую опасность для производственного персонала хлорных объектов представляют аварийные выбросы хлора. Причиной неконтролируемой утечки хлора является небрежность персонала, неправильная эксплуатация или выход из строя оборудования и другое. Наибольшую опасность представляет утечка хлора, находящегося под давлением, то есть на складах, где хранятся нормативные запасы хлора, и в трубопроводах их подачи к оборудованию, например, на участке между баллоном (контейнером) с хлором и вакуумным регулятором хлоратора. Как правило, утечка хлора связана с разрушением емкостей с хлором, запорных вентилей, иной арматуры и, собственно трубопроводов. Возникшая утечка хлора должна быть обнаружена, локализована и эффективно обезврежена в кратчайшие сроки. Эти функции и возлагаются на систему нейтрализации аварийных выбросов хлора в атмосферу. Кроме того, проектируя такую систему, необходимо руководствоваться также следующими критериями [2]:

1. Любая система нейтрализации аварийных выбросов хлора должна соответствовать ПБ 09-594-03. Все стадии проектирования, монтажа и

пуско-наладочных работ должны осуществляться организациями, имеющими соответствующие лицензии.

- Система поглощения хлора должна обеспечивать максимальную эффективность по качеству и скорости нейтрализации хлора, быть технологичной, т.е. простой в эксплуатации, и автоматизированной, т.е. полностью исключать человеческий фактор в чрезвычайной ситуации.
- При выборе системы нейтрализации должны учитываться факторы экономической целесообразности.

Первый и третий критерии в силу их очевидности и выполнения требований промышленной безопасности и экономической целесообразности должны выполняться всегда.

Рассмотрим технологии и оборудование, применяемые на объектах для нейтрализации аварийных выбросов хлора на их соответствие второму критерию. Известны адсорбционные и абсорбционные способы нейтрализации хлора и массообменные аппараты, применяемые для этих целей [3]. Адсорбционные способы нейтрализации хлора и устройства для их осуществления – адсорбера, где в качестве адсорбента применяют твердые среды (технические активированные угли), по степени нейтрализации считаются достаточно эффективными, но имеют существенные недостатки: не являются технологичными, так как требуют больших объемов адсорбентов, соответственно, габариты этого оборудования весьма значительны, а после регенерации адсорбента, которую обычно проводят водяным паром, снова выделяется хлор и снова встает задача его нейтрализации.

Абсорбционные способы нейтрализации хлора и устройства для их осуществления – абсорбера, насадочные колонны, традиционно используются в типовых проектах хлораторных и складах хлора, где в качестве адсорбента применяют жидкие щелочные среды. В насадочной колонне поглащающая хлор щелочная жидкость подается на насадку сверху через распределитель, а снизу противотоком подается воздух, инжекционный хлором. При столкновении потоков газа и жидкости на рыхлой поверхности насадки, смоченной поглащающей жидкостью, происходит взаимодействие хлора и жидкости. Очищенный от хлора воздух идет на выход, а поглащающий раствор перетекает в сливную камеру и выводится из колонны. Насадочная колонна для очистки газов содержит корпус с патрубками для ввода и вывода газа и жидкости, группу поддерживающих решеток, на которых размещены насадки, распределитель и перераспределители жидкости и камеру слива жидкости.

Данный способ и устройство для его осуществления имеют следующие существенные недостатки – недостаточно технологичны из-за того, что не обеспечивают полноту нейтрализации аварийных выбросов хлора, так как насадочная колонна при запуске должна быть заполнена нейтрализующим раствором, что требует значительного времени и

усугубляет результаты аварии. Во-вторых, при подаче хлора в колонну насадка требует выведения ее в рабочий режим, т.е. обеспечить равномерное пленочное течение жидкости по поверхности насадки. Поэтому в начальный период пуска колонны происходит проскок хлора, причем максимальной концентрации. К тому же насадочная колонна чрезмерно громоздка, требует наличия сложной схемы обвязки трубопроводами и занимает большое пространство.

Наиболее близким по технической сущности и достигаемому результату является способ нейтрализации хлора с помощью массообменного аппарата [4], реализованный в установках ОХТА-9000К и ХПА-9000К, которые эксплуатируются «Водоканалом» г. Санкт-Петербурга для нейтрализации аварийных выбросов хлора и по степени очистки удовлетворяют требованиям Правил ПБ 09-594-03.

Данный способ включает в себя: подачу хлора в поглощающую жидкость в пространство под газораспределительным контактным устройством (ГКУ) и подачу насосом жидкости из емкости на ГКУ со скоростью 0,3 – 4 м/сек. Поступающий газ выдавливает жидкость из пространства над ГКУ и реагирует с выделенной жидкостью, а также жидкостью, подаваемой насосом. Процесс продолжается до окончания поглощения газа. В качестве поглощающей жидкости используют раствор Na_2CO_3 . Объем и концентрацию поглощающей жидкости готовят в соответствии с объемом газа, который должен быть поглощен.

Данный способ нейтрализации хлора и устройство для его осуществления, хотя и исключают проскок хлора в начальный пусковой период, обеспечивая подачу хлора в поглощающий раствор с первых минут аварии, поэтому не требуется дополнительного времени на подготовку и запуск (т.е. процесс безинерционный). Этим обеспечивается полнота нейтрализации хлора, однако имеет место следующий существенный недостаток: при использовании в качестве поглощающего раствора 10 % Na_2CO_3 в силу невысокой его химической активности, требуется большее время взаимодействия хлора с поглощающим раствором, т.е. нужно вести процесс при невысоких скоростях газового потока 0,3 – 4 м/сек. Эти пределы достаточно узки и выход за эти пределы приводит к снижению полноты нейтрализации хлора. Так, при $V < 0,3 \text{ м/сек}$ не обеспечивается эффективный объем обработки газа, а при $V > 4 \text{ м/сек}$ происходит вторичный унос жидкости. Хотя данный способ и устройство для нейтрализации газообразного хлора значительно проще, технологичнее, эффективнее и более компактно по сравнению с известными аналогами, например, использующими скруббера, однако, не настолько, чтобы успокоить творческую мысль.

Коллектив конструкторов ФСП «КРАВТ» предложил свой вариант системы нейтрализации газообразного хлора, названной СНГХ М6000С (рис.1) и имеющей принципиальные отличия от предшествующих.

СНГХ М600С состоит из емкости для нейтрализующей жидкости 1, патрубка подачи хлоровоздушной смеси 2; патрубка вывода воздуха с воронкой 3; эжектора для смешивания хлора с нейтрализующей жидкостью 4; насоса 5, встроенного в магистраль 6 для прокачки раствора при нейтрализации хлора; эжектора 7 для приготовления раствора и рециркуляции нейтрализующей жидкости; нейтрализующей жидкости 8; патрубка с вентилем для слива отработанной жидкости 9; патрубка для всасывания щелочи 10; вентиля 11 для приготовления раствора и вентиля 12 для подачи жидкости на эжектор 4.

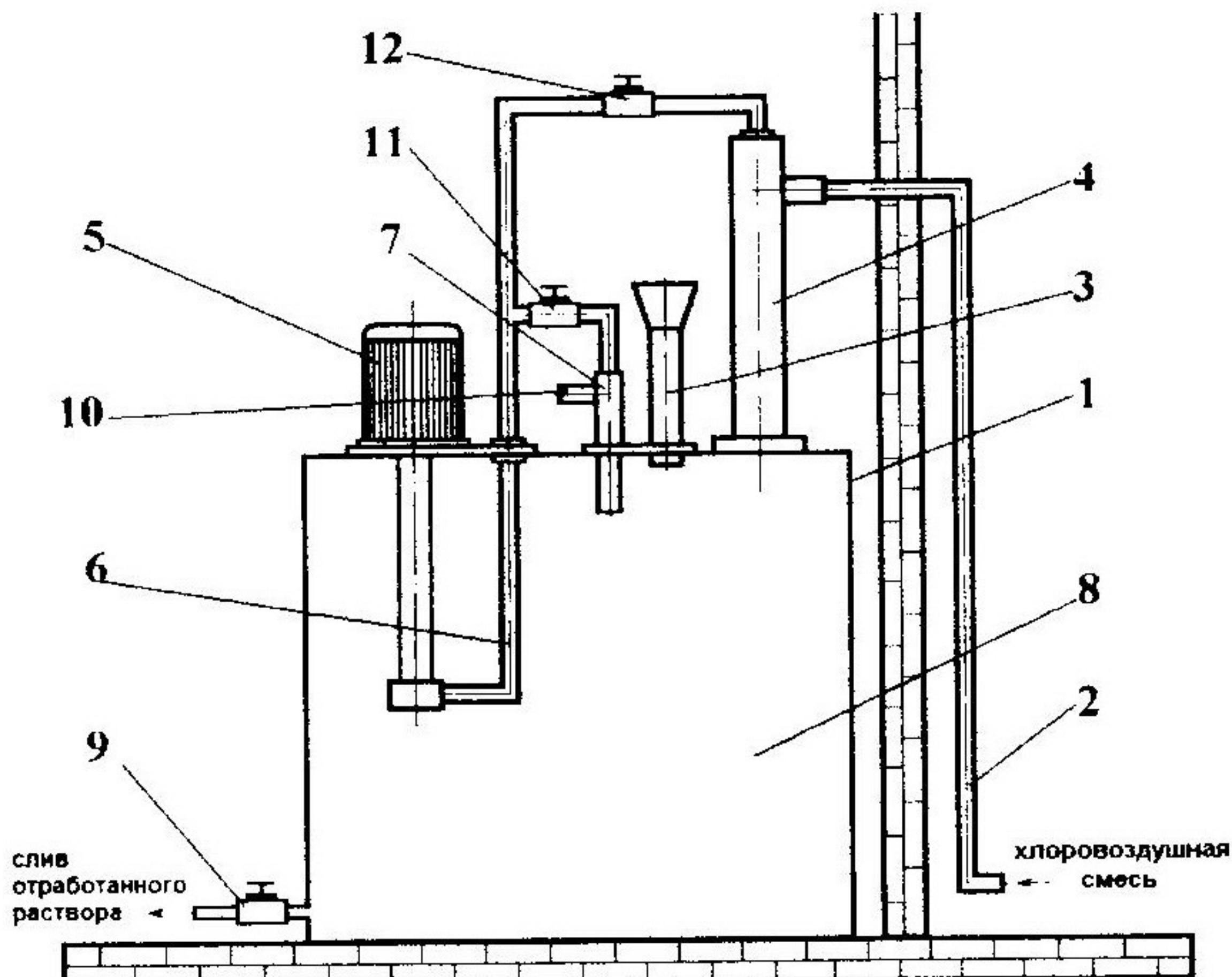


Рисунок 1. Система нейтрализации аварийных выбросов газообразного хлора СНГХ М6000С

В момент аварийного выброса (аварийная ситуация) детектор хлора обнаруживает присутствие газообразного хлора в помещении и автоматически включается система аварийной сигнализации и при повышении заданного порога ПДК автоматически включается насос 5, который обеспечивает движение потока нейтрализующего раствора 8 через создающий вакуум эжектор 4, благодаря которому хлоровоздушная среда через патрубок 2 засасывается из помещения непосредственно в поток нейтрализующего раствора и далее в емкость 1 с тем же нейтрализующим раствором 8. В результате поэтапно обеспечивается нейтрализация хлора: сначала в первый момент при его попадании в поток нейтрализующего раствора, затем химическое взаимодействие с нейтрализующим раствором в эжекторе 4, имеющем определенную длину выхода, а затем возможно и в емкости 1 с нейтрализующим раствором 8. Очищенный от хлора воздух

выделяется из емкости 1 через патрубок 3. По завершению процесса нейтрализации слив отработанного раствора осуществляется через вентиль 9.

Способ нейтрализации аварийных выбросов газообразного хлора, заключается и в том, что хлоровоздушная смесь подается в емкость со щелочной нейтрализующей жидкостью следующего состава: гидроксид натрия и тиосульфат натрия, а смешивание и взаимодействие двух сред происходит в процессе эжекции при вакуумном всасывании хлоровоздушной среды в поток нейтрализующего раствора.

Раствор гидроксида натрия в воде является стабильным, поэтому его концентрацию устанавливают максимальной и избыточной относительно ожидаемого количества хлора, выделившегося в результате аварии, так как при более высокой концентрации образующиеся соли при нейтрализации хлора при низких температурах кристаллизуются и приводят к разрушению насоса и других частей оборудования, и в свою очередь, к нарушению процесса нейтрализации. Низкие концентрации гидроксида натрия будут требовать дополнительных анализов и корректировок раствора, увеличивая трудоемкость. Раствор тиосульфата натрия является нестабильным, поэтому его концентрация в растворе должна соответствовать только ожидаемому количеству хлора, выделившемуся в результате аварии. Низкие концентрации тиосульфата натрия снижают восстановительные свойства нейтрализующего раствора.

Таким образом, способ поглощения хлора, заложенный в работу СНГХ М6000С, обеспечивает нейтрализацию хлора сразу же в начальный момент аварии, предотвращая проскок хлора в атмосферу в результате эжекции при вакуумном всасывании. Полнота нейтрализации достигается также благодаря составу и химическим свойствам нейтрализующего раствора, который представляет собой восстановительный раствор гидроксида натрия и тиосульфата натрия, их применение по отдельности не обеспечивало тех свойств, которые они проявляют благодаря их совместному использованию. Восстановительные свойства раствору придают ионы тиосульфата натрия, который легко в воде реагирует с хлором, и его в быту даже называют «антихлором». Нейтрализация хлора происходит следующим образом. Хлор растворяется в воде с последующим окислением ионов хлора тиосульфатом натрия. С увеличением pH раствора (с увеличением щелочности) растворимость хлора в воде увеличивается. Присутствие восстановителя ускоряет процесс растворения хлора и перевод его из токсического состояния в нейтральное.

Продуктами нейтрализации являются практически безвредные хлорид натрия и сульфат натрия.

По сравнению с установками ОХТА-9000К и ХПА-9000К, в СНГХ М6000С нет ограничений по скорости газового потока благодаря более эффективному эжекционному смешению двух сред (процессу, специально

предназначеному для смешения двух сред) и их взаимодействию, а также более высокой химической активности нейтрализующего раствора. Благодаря этим преимуществам СНГХ М6000С становится еще более компактным.

Дополнительно для повышения технологичности и упрощения конструкции устройства в линию рециркуляции нейтрализующей жидкости встроен второй специальный эжектор, позволяющий автоматизировать процесс приготовления нейтрализующего раствора и сделать эту операцию технологичной и безопасной.

Тестирование СНГХ М6000С производилось фирмой Controlmatik-Gesta (г. Вараждин, Хорватия). В процессе тестирования контролировались следующие параметры: поток хлоровоздушной смеси через нейтрализатор, температура нейтрализационного раствора и концентрация хлорного газа на выходе нейтрализатора. Испытуемый нейтрализатор имел резервуар объемом 2 м³, поток воздуха через нейтрализатор составлял около 180 м³/ч. Тест проводился для наиболее вероятного сценария аварии – утечка хлорного газа через вентиль 150-кг баллона вследствие его разрушения, при этом средняя концентрация хлорного газа в воздухе составляла 5000 РРМ, а в резервуаре 17000 РРМ.

Были получены следующие результаты:

1. Хлорный газ не выходил из помещения, где хранятся баллоны с хлором, что характеризует достаточную всасываемость эжекционного насоса.
2. Максимальная концентрация хлора на выпуске нейтрализатора не превышала 0,2 РРМ, что существенно ниже ПДК.
3. В процессе работы нейтрализатора наблюдался нагрев раствора на 5,4 °С, однако, со временем нагрев замедлялся из-за уменьшения истечения хлора из баллона и охлаждения емкости благодаря внешнему теплообмену.

ВЫВОДЫ

1. Нейтрализатор обладает высокой эффективностью (более 99,99 %).
2. Нейтрализатор полностью блокирует выход хлор-газа в атмосферу при разрушении вентиля, что является самым вероятным вариантом аварии.
3. Расчеты для наихудшего сценария аварии – разрушение баллона с хлором и, как следствие, заплывый выброс всего количества жидкого хлора показали, высокую эффективность СНГХ М6000С. Концентрация хлора в воздухе в первые 10 мин будет максимальна и в радиусе 50 м от помещения будет достигать 3 РРМ, в радиусе 100 м. не будет превышать 1 РРМ, т.с. в зоне загрязнения (в радиусе 90 м) средняя концентрация хлора в воздухе составит 0,7 РРМ, что означает отсутствие угрозы жизни и здоровью людей. Таким образом, нейтрализатор СНГХ М6000С

эффективен даже при залповом выбросе хлора вследствие разрушения контейнера.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кожевников А.Б., Петросян О.П. Для тех, кому не нравится хлор // «СтройПРОФИЛЬ», 2004. № 4/1.
2. Попов М.А. Новые методы обеззараживания // Промышленная безопасность труда, 2003, № 6.
3. Химическая энциклопедия. Т. 1, М. 1992. С. 4 – 14, 52 – 62. Т.3, М. 1992. С. 335 – 339.
4. Патент РФ 2195358, ВО1Д 53/18, ВО1Д 3/28.