

УДК 614.878

ИССЛЕДОВАНИЕ АБСОРБЦИИ АММИАКА ДВИЖУЩИМИСЯ ВОДЯНЫМИ КАПЛЯМИ ИЗ АММИАЧНО-ВОЗДУШНОЙ СМЕСИ

Котов Г.В., Еремин А.П., Елисеев С.Ю.

Представлены результаты исследования абсорбции аммиака каплями воды из аммиачно-воздушной среды. Исследования проведены с помощью специально изготовленной лабораторной установки, моделирующей условия, возникающие при использовании водяных завес для ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций, связанных с выбросом аммиака.

Введение. Среди чрезвычайных ситуаций, связанных с химически опасными веществами, первое место занимают чрезвычайные ситуации, обусловленные выбросом или проливом аммиака. Аммиак широко используется в качестве самостоятельного вещества в холодильных установках и сельском хозяйстве, а также в технологических процессах получения и переработки целого ряда веществ.

Причины попадания аммиака в окружающую среду носят, как правило, технический характер. Прежде всего, это разгерметизация технологического оборудования, применяемого при переработке и использовании аммиака, или емкостей хранения и транспортировки. Аммиак обладает достаточно высокой токсичностью, поэтому чрезвычайные ситуации, связанные с его выбросом или проливом, представляют серьезную угрозу здоровью и жизни людей.

Аммиак способен вызывать тяжелые отравления, а также повреждение слизистых оболочек и кожных покровов. При определенных условиях могут происходить заражение окружающей среды и массовые отравления людей. Облако зараженного воздуха, распространяющегося по направлению ветра, способно сохранять высокую концентрацию аммиака достаточно продолжительное время.

Основным способом ограничения распространения и обеззараживания аммиачно-воздушного облака является использование водяных завес. Водяные завесы создаются с применением перфорированных рукавов или других специальных устройств. Водяные завесы формируются струями воды, направленными вверх, и образуют динамическую преграду. Эта преграда является полупроницаемой и оказывает двойственное действие надвигающееся аммиачно-воздушное облако. Во-первых, проходя сквозь эту преграду, аммиак частично связывается за счет растворения в воде. Во-вторых, водяные завесы препятствуют распространению облака, создавая

дополнительные конвективные потоки, способствуют его турбуляризации и рассеиванию.

Аммиак имеет очень высокую растворимость в воде (700 объемов аммиака в 1 объеме воды при 20 °С), но это еще не обеспечивает необходимую степень обеззараживания при использовании водяных завес. Для повышения эффективности применения водяных завес требуется проведение всестороннего анализа протекающих в них процессов. На первом этапе необходимо провести исследования закономерностей абсорбции аммиака движущимися водяными каплями.

Конструкция экспериментальной установки

С этой целью создана экспериментальная установка, позволяющая определять ряд характеристик процесса абсорбции аммиака капельным методом. Общая схема установки представлена на рисунке 1. Активная зона установки представляет собой вертикальную абсорбционную колонну (1), изготовленную из стеклянной трубы диаметром 30 мм и высотой 1,2 м.

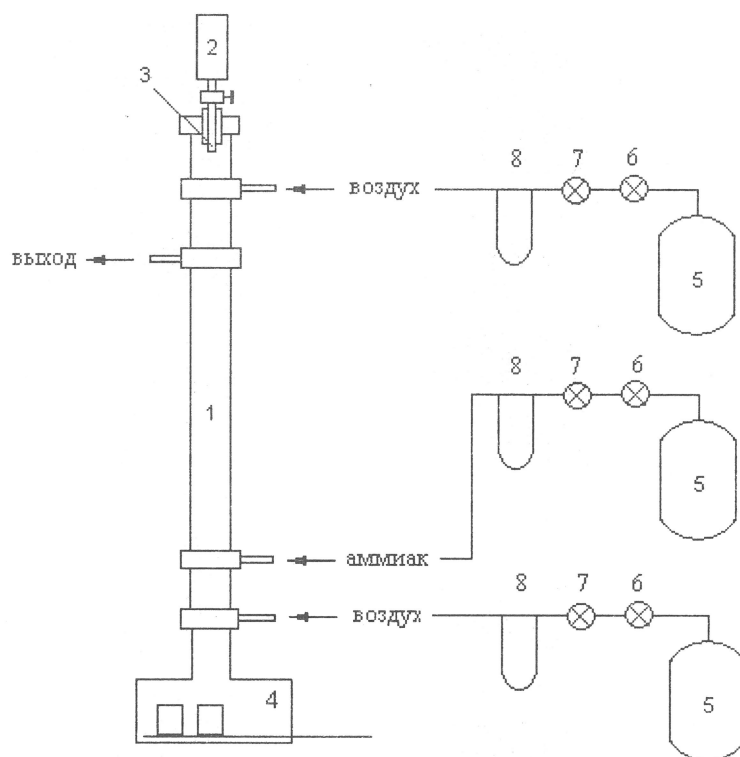


Рисунок 1 – Схема экспериментальной установки для исследования абсорбции аммиака падающими каплями воды

Поглощение аммиака падающими каплями воды происходит только на определенном участке колонны. Для обеспечения беспрепятственного падения водяных капель установка снабжена устройствами вертикального центрирования колонны.

В верхней части абсорбционной колонны установлен дозатор (2) для подачи воды, снабженный капилляром (3). Подбор капилляра осуществляется с учетом диаметра выходного отверстия, обеспечивающего требуемый размер водяных капель. Скорость подачи воды устанавливается по количеству падающих капель, в условиях опыта она составляла от 50 до 120 капель в минуту.

В нижней части колонны находится приемник падающих водяных капель, абсорбировавших аммиак. Приемник представляет собой герметизированный бокс (4), оборудованный передвижным столиком, на котором установлены стаканы для полученного раствора аммиака.

Конструкция колонны обеспечивает изоляцию приемной части колонны и капилляра от аммиака за счет организации потоков воздуха. Воздух и аммиак в абсорбционную колонну подаются из баллонов (5) через систему кранов (6), понижающих редукторов (7) и расходомеров (8). Места ввода аммиака и воздуха в абсорбционную колонну отмечены на схеме. На схеме также отмечена точка отвода аммиачно-воздушной смеси, которая удаляется через вентиляционную систему.

Результаты исследований

Проведение лабораторных исследований с применением данной установки направлено на получение ряда характеристик, важнейшей из которых является зависимость концентрации аммиака в водном растворе от: его концентрации в воздушной смеси, скорости движения аммиачно-воздушной смеси, расхода аммиака, размеров водяных капель.

На рисунке 2 представлен характер полученной зависимости концентрации аммиака в водной фазе от скорости его подачи в абсорбционную колонну. Скорость подачи аммиака, выраженная в $\text{дм}^3/\text{ч}$, определена по величинам

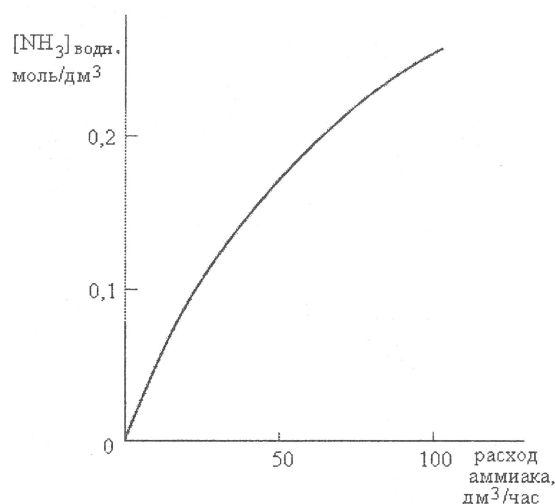
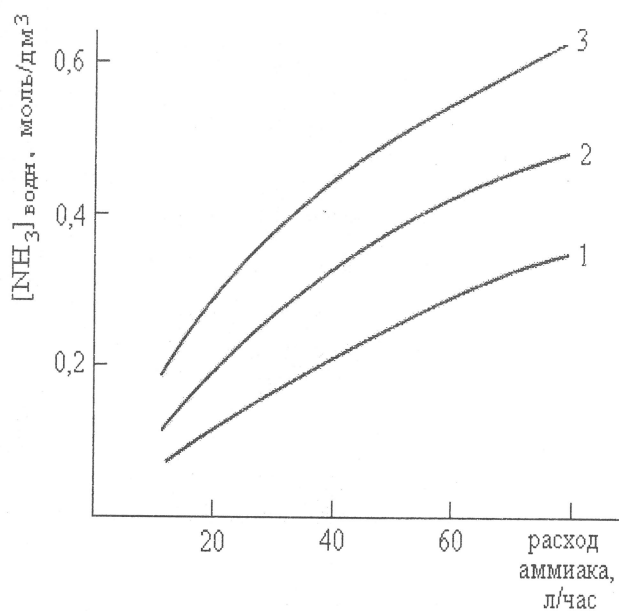


Рисунок 2 – Характер зависимости концентрации аммиака в водной фазе от его расхода

концентрации и расхода аммиачно-воздушной смеси. Смесь образовывалась непосредственно в нижней части абсорбционной колонны при подаче контролируемых количеств воздуха и аммиака. Концентрация аммиака в растворе, полученном при падении капель воды через аммиачно-воздушную смесь, определялась титриметрическим методом при соблюдении требований ГОСТ 29237-91 (ИСО 7108-85).

Общий вид полученной зависимости свидетельствует о том, что в условиях проведения эксперимента изменение концентрации аммиака в водном растворе имеет нелинейный характер. При больших величинах расхода аммиака интенсивность его поглощения снижается, что можно объяснить влиянием кинетических факторов. Очевидно, что установившаяся скорость связывания аммиака водой не обеспечивает постоянный уровень его поглощения из воздушной смеси с ростом эффективной концентрации, определяемой не только содержанием аммиака, но и скоростью движения потока.



1 – 0,036 г; 2 – 0,040 г; 3 – 0,045 г

Рисунок 3 – Зависимость концентрации аммиака в водной фазе от его расхода для капель воды различной массы

рез абсорбционную колонну, по-разному сказывается на концентрации аммиака в водной фазе. Увеличение массы капель сопровождается значи-

С практической точки зрения определенный интерес представляет исследование влияния на процесс поглощения аммиака размера падающих капель. Знание оптимального размера капель, формирующих водяные завесы, применяемые при ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций, позволит систематизировать принципы, лежащие в основе способов создания этих завес. На рисунке 3 представлен характер изменения концентрации аммиака в водной фазе от его расхода для капель различной массы. Установлено, что увеличение расхода аммиака, проходящего че-

тельным повышением концентрации аммиака в водной фазе при одинаковой величине расхода газа.

Следующим этапом становится определение зависимости поглощательной способности водяных капель различного размера. На рисунке 4 представлена зависимость концентрации аммиака в получаемом растворе от массы капель. Установлен линейный характер зависимости в исследуемой области. Концентрация аммиака в водном растворе прямо пропорциональна массе капель. Полученный характер зависимости не позволяет сделать однозначный вывод о характере влияния на скорость абсорбции аммиака величины водяных капель.

Изменения массы капель, площади их поверхности, концентрации

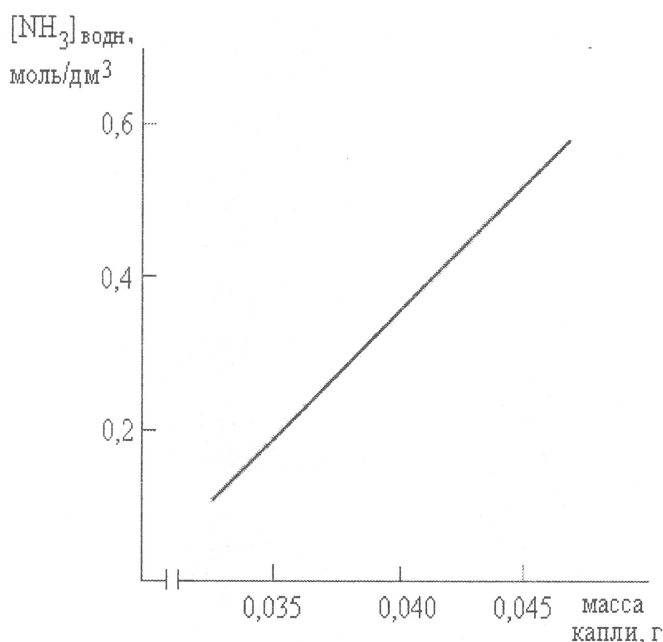


Рисунок 4 – Зависимость концентрации аммиака в водной фазе от массы капли

аммиака в воде и газовой фазе, а также скорости движения капли вносят неоднородный вклад в величину поглощательной способности. Изменение любого из этих параметров, а также условий осуществления процесса абсорбции может изменить установленный характер зависимости. Например, предварительные расчеты показали, что интенсивное влияние на процесс поглощения аммиака

падающими водяными каплями оказывает скорость их движения. Найдено, что увеличение скорости движения капель приводит к улучшению абсорбции аммиака, что объясняется ростом числа Рейнольдса и интенсивности конвективного массообмена.

Заключение. Найденные зависимости были подтверждены результатами теоретических расчетов, выполненных на основе математического моделирования экспериментальной установки и проведенных экспериментов. Построение более полной математической модели позволит перейти к

моделированию процесса абсорбции аммиака массивомдвигающихся водяных капель. Знание закономерностей, определяющих характер улавливания и рассеивания аммиака водяными завесами, позволит более эффективно применять водяные завесы для ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций, связанных с выбросом аммиака.

ЛИТЕРАТУРА

1. Дильман, В.В. Методы модельных уравнений и аналогий в химической технологии / В.В. Дильман, А.Д. Полянин. – М.: Химия, 1988. – 304 с.
2. Хаппель, Дж. Гидродинамика при малых числах Рейнольдса / Дж. Хаппель, Г. Бреннер. – М.: Мир, 1976. – 631 с.
3. Рид, Р. Свойства газов и жидкостей / Р. Рид, Дж. Праусниц, Т. Шервуд. – Л.: Химия, 1982. – 592 с.
4. ГОСТ 29237-91 (ИСО 7108-85). Раствор аммиака технический. Определение содержания аммиака. Титриметрический метод. – Введ. 01.01.1993.

Поступила в редакцию 8 ноября 2006 г.