

Научная статья

УДК 614.8 (045); DOI: 10.61260/1998-8990-2024-2-34-44

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СПОСОБОВ ЛИКВИДАЦИИ ПОСЛЕДСТВИЙ АВАРИЙ С РАЗГЕРМЕТИЗАЦИЕЙ РЕЗЕРВУАРОВ С АММИАКОМ ПРИ ТРАНСПОРТИРОВКЕ ИХ АВТОМОБИЛЬНЫМ ТРАНСПОРТОМ

✉ Савчук Олег Николаевич.

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России, Санкт-Петербург, Россия

✉ oleg-savchuk@mail.ru

Аннотация. На основе анализа роста производства аммиака и доставки его на терминалы автомобильным транспортом в России рассматриваются проблемы обеспечения безопасности населения при авариях автотранспорта с аммиаком на маршрутах его перемещения в населенных пунктах и особенности организации ликвидации последствий аварий с разгерметизацией резервуаров. Приводятся расчетные данные по глубине распространения зараженного облака и высоте его подъема. Предлагаются способы локализации первичного облака заражения аммиака на базе оперативного использования личным составом бригад, сопровождающих опасный груз, тепловых пушек и малогабаритных реактивных двигателей, а также включения в эскорт колонны расчета ГПС МЧС России с аварийно-спасательным контейнером для ликвидации последствий дорожно-транспортных происшествий, связанных с аварией химически опасными веществами «АСК-АХОВ».

Ключевые слова: аварийно химически опасное вещество, локализация аварии, водяная отсекающая завеса, тепловая завеса, беспилотный летающий аппарат

Для цитирования: Савчук О.Н. Совершенствование способов ликвидации последствий аварий с разгерметизацией резервуаров с аммиаком при транспортировке их автомобильным транспортом // Проблемы управления рисками в техносфере. 2024. № 2 (70). С. 34–44. DOI: 10.61260/1998-8990-2024-2-34-44.

Scientific article

IMPROVEMENT OF METHODS OF LIQUIDATION OF CONSEQUENCES OF ACCIDENTS WITH DEPRESSURIZATION OF AMMONIA TANKS DURING THEIR TRANSPORTATION BY MOTOR TRANSPORT

✉ Savchuk Oleg N.

Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia, Saint-Petersburg, Russia

✉ oleg-savchuk@mail.ru

Abstract. Based on the analysis of the growth of ammonia production and its delivery to terminals by road in Russia, the problems of ensuring the safety of the population in case of accidents of vehicles with ammonia on the routes of its movement in settlements and the specifics of the organization of liquidation of the consequences of accidents with depressurization of reservoirs are considered. Calculated data on the depth of contaminated cloud spreading and height of its rise are given. Methods of localization of the primary cloud of ammonia contamination on the basis of operative use of heat guns and small-sized jet engines by the personnel of the brigades accompanying the dangerous cargo, as well as inclusion in the escort of the convoy of the calculation of State fire service of EMERCOM of Russia with an emergency rescue container for liquidation of the consequences of road traffic accidents associated with ASK-AHOV.

Keywords: emergency chemical hazardous substance, accident localization, water cut-off curtain, thermal curtain, unmanned aerial vehicle

For citation: Savchuk O.N. Improvement of methods of liquidation of consequences of accidents with depressurization of ammonia tanks during their transportation by motor transport // Problemy upravleniya riskami v tekhnosfere = Problems of risk management in the technosphere. 2024. № 2 (70). P. 34–44. DOI: 10.61260/1998-8990-2024-2-34-44.

Введение

Из общего количества аварийно химически опасных веществ (АХОВ), перевозимых разными видами транспорта, на долю автомобильного транспорта приходится около 20 %. Значительное количество из них перевозится в виде хлора и аммиака. Спрос в мире на поставки аммиака возрастает, что соответственно приводит к росту его ежегодного производства до 30 % в России и экспорта в последние годы. В связи с вводом санкций и трудностей экспорта по трубопроводу «Гольяты – Одесса» идет переориентация этого груза на другие морские терминалы, на которые доставка аммиака осуществляется автомобильным транспортом. Так, например, в г. Кингисеппе Ленинградской обл. был построен в 2019 г. завод по производству аммиака мощностью до 1 млн т в год. С этого завода транспортируется аммиак автомобильным транспортом на терминалы порта Усть-Луга.

Следует отметить, что доля аварийности при транспортировке автомобильным транспортом АХОВ составляет более 2 % от общего количества перевозимого опасного груза транспортом [1]. В настоящее время повышается риск аварий на транспорте, перевозящем АХОВ, в связи с возможным ростом террористических актов на маршрутах их перемещения в населенных пунктах. Обеспечение безопасности населения в случае аварий при перевозке аммиака автомобильным транспортом является проблемным при доставке его на объекты, использующие его в технологическом цикле, в связи с тем, что маршруты перевозок вынужденно проходят в населенных пунктах.

Возможные сценарии и характер аварий на автотранспорте, перевозящем аммиак, имеют особенности в обеспечении безопасности населения при проведении ликвидации их последствий по сравнению с авариями на стационарных химически опасных объектах.

Эти особенности заключаются в следующем:

- невозможность оперативного прибытия аварийно-спасательных подразделений и аварийных бригад для своевременной локализации аварий, особенно в дневное время, вследствие загруженности трасс автотранспортом, больших удалений от мест их расположения;
- отсутствие возможности изменения маршрута для отдаления его от объектов с массовым скоплением людей в черте населенных пунктов;
- необходимость быстрой ликвидации последствий аварий с проливом аммиака на дорогах в целях восстановления движения автотранспорта.

Поэтому актуальны в современных условиях поиск совершенствования мероприятий по обеспечению безопасности и оперативной ликвидации последствий аварий (разрушений) резервуаров с аммиаком, перевозимых автотранспортом, особенно в связи с возрастающей угрозой террористических актов.

Анализ возможных сценариев аварий автотранспорта, перевозящего аммиак на маршрутах перемещения

Аварийные ситуации при транспортировке аммиака сопряжены с более высокой степенью опасности вследствие их масштабов и частотностью возникновения крупных автомобильных катастроф, которые составляют 120 ... 150 год⁻¹ [2]. Кроме того, по статистике свыше 50 % совершаемых террористических актов связано с транспортом [3].

На близкие расстояния аммиак перевозят автотранспортом в баллонах, контейнерах (бочках) или автоцистернах. Наиболее часто АХОВ перевозят в баллонах емкостью от 0,016

до 0,05 м³. Специальный автотранспорт, перевозящий аммиак, имеет грузоподъемность 3,2; 10 и 16 т.

Рассмотрим особенности аварий на маршрутах перемещения автотранспорта, перевозящего аммиак, и возможные сценарии разгерметизации резервуаров с аммиаком [4].

Главная особенность при перевозке жидкого аммиака, с температурой кипения -33,2 °С и находящегося в емкости под давлением, состоит в том, что он находится в перегретом состоянии. При разгерметизации емкости в течение нескольких минут до 10–40 % от общей массы идет на «мгновенное» парообразование, которое формирует первичное облако химического заражения, представляющее наибольшую опасность.

Путем испарения пролившейся части аммиака образуется вторичное облако химического заражения.

Если аммиак перевозится в изотермических емкостях при температуре ниже температуры кипения, то в случае разгерметизации емкости в первичное облако переходит только 3–5 % от общего количества. Оставшаяся часть жидкости перейдет в режим стационарного испарения. Наиболее опасные поражающие факторы в данном случае – вторичное облако паров аммиака [4].

Начальные размеры первичного облака химического заражения определяются количеством «мгновенного» парообразования от исходной массы АХОВ и температуры окружающей среды, а вторичного облака – площадью разлива, плотностью аммиака и толщиной разлива [5, 6].

При распространении зараженного облака в атмосфере по мере его удаления от источника аварии происходит постепенное изменение его высоты и формы за счет архимедовых и гравитационных сил, а также за счет трения о поверхность и турбулентного рассеяния газов в процессе атмосферной диффузии [7].

Влияние на распространение зараженного облака обычно зависит от размеров зданий, плотности их застройки, характера размещения, оврагов, деревьев и других естественных препятствий.

На распространение облака заражения воздуха влияние оказывают также метеорологические условия: температура окружающего воздуха, скорость приземного ветра, стратификация атмосферы.

Основными иницирующими факторами, приводящими к химически опасным авариям на автотранспорте, перевозящем аммиак, могут являться:

– аварии с автотранспортным средством, который столкнулся с чем-либо или перевернулся, в результате чего имел место удар, пробой или термическое воздействие (при возгорании топлива), приводящие к разгерметизации цистерны;

– взрывы и пожары из-за несанкционированной утечки взрывоопасных и легковоспламеняющихся веществ на объектах вблизи возможного пребывания автотранспорта с аммиаком на маршрутах его перемещения, приводящие к полному или частичному разрушению цистерны с аммиаком;

– пожар на автотранспорте с аммиаком, приводящий к возникновению высоких температур, перегреву аммиака, находящегося в емкости, в результате чего может произойти разрыв ее оболочки и выброс аммиака;

– падение на автотранспорт, перевозящий аммиак, летательного аппарата, сопровождающееся его возгоранием и взрывом топлива, результатом чего может стать полное разрушение в нем емкости с высвобождением аммиака;

– разгерметизация перевозимых емкостей с аммиаком в результате воздействия поражающих факторов природных чрезвычайных ситуаций.

На современном этапе вероятность разгерметизации (пробоя, разрушения) перевозимых автотранспортом емкостей с аммиаком повышается с учетом возможных террористических актов, иницирующими событиями которых могут стать:

- диверсионный обстрел автотранспортных средств, перевозящих емкости с аммиаком, результатом чего может быть частичная или полная разгерметизация емкости;
- преднамеренные подрывы зарядами взрывчатого вещества автотранспорта с аммиаком, что приведет к полному или частичному разрушению емкости;
- полное разрушение емкости с аммиаком, перевозимой автотранспортом, в результате диверсионного применения беспилотного летательного аппарата (БПЛА) с зарядом взрывчатого вещества.

Таким образом, все вышеперечисленные иницирующие события могут приводить к частичному или полному разрушению емкостей с аммиаком, перевозимых автотранспортом на маршрутах их перемещения.

Кроме того, особенностями таких аварий на автотранспорте, перевозящем аммиак, являются:

- непредсказуемость возникновения аварий, связанных с выбросом (разливом) аммиака, быстрое распространение облака химического заражения воздуха с массовым поражением населения и животных;
- необходимость оперативного проведения аварийно-спасательных и других неотложных работ (АСДНР) в очаге химического поражения для восстановления движения на участке аварии.

На организацию обеспечения безопасности населения, персонала на автотранспорте, а также ликвидацию последствий аварии на автотранспорте, перевозящего аммиак, будет влиять способ перевозки его, количество пролитого аммиака, характер разгерметизации цистерны, метеоусловия, условия формирования площади разлива аммиака, которая в основном определяет глубину вторичного облака химического заражения.

Разгерметизация емкости с аммиаком с отверстием, расположенным выше уровня жидкости ее заполнения, приводит к длительному истечению газа аммиака при отсутствии пролива его жидкой фазы. После спада давления в емкости (давление в емкости становится равным атмосферному давлению) поступление аммиака в окружающую среду будет обусловлено лишь испарением его с поверхности жидкости в емкости. При этом в атмосфере образуется вторичное облако аммиака, состоящее из газообразного, поступающего из разгерметизированной емкости за счет испарения его из нее. Вторичное облако будет формироваться на месте аварии до тех пор, пока не испарится весь аммиак из емкости. Прекращение выброса возможно путем герметизации отверстия.

Разрушение оболочки емкости ниже уровня жидкости и истечение жидкой фазы из разрушенного оборудования приводит к образованию пролива на месте аварии.

При разгерметизации цистерны в процессе движения часть аммиака может пролиться на дорогу как на участке торможения, так и в районе аварийной остановки в зависимости от расположения высоты уровня пробоя (разгерметизации) емкости, расположенной ниже ее первоначального уровня заполнения. При разгерметизации в днище емкости возможен пролив всей жидкой фазы аммиака. В этом случае осуществить прекращение поступления аммиака в окружающую среду возможно за счет прекращения истечения из отверстия цистерны при снижении первоначального уровня заполнения емкости до уровня отверстия (разгерметизации) и локализации аварийного отверстия либо путем ликвидации пролива в любой момент времени.

Таким образом, при ликвидации последствий таких аварий определяющими факторами, влияющими на организацию и применение сил и средств на предотвращение распространения первичного облака заражения и оперативной ликвидации пролива аммиака, будут [8, 9]:

- сценарий развития аварии: полное разрушение или частичная разгерметизация в процессе движения или стоянки на маршруте;
- количество пролитого аммиака, площадь пролива, характер подстилающей местности;

- метеорологические условия в районе аварии;
- возможности оперативного оповещения и передачи информации о характере разгерметизации и величины пробоины;
- расположения подразделений ГПС МЧС России, привлекаемых для ликвидации последствий, от места аварии.

Исследование применения и совершенствование способов ликвидации последствий аварий при транспортировке аммиака автомобильным транспортом

Особенности организации ликвидации последствий аварий при транспортировке аммиака автомобильным транспортом будут определяться сценарием аварии (полная или частичная разгерметизация), осуществлением ее в процессе движения или остановки на маршруте, количеством пролитого аммиака, видом подстилающей поверхности дороги.

В случаях полной или частичной разгерметизации цистерны с аммиаком при остановке транспорта на маршруте перемещения площадь пролива аммиака формируется в зависимости от количества истечения жидкого аммиака в районе аварии, подстилающей поверхности и будет представлять круг или эллипс в зависимости от уклона дороги.

В случае частичной разгерметизации автоцистерны с аммиаком в движении на маршруте перемещения площадь разлива будет состоять из двух частей:

- полосы заражения на участке аварийного торможения в виде прямоугольника, размеры сторон которого будут определяться длиной участка торможения и шириной, определяемой диаметром разгерметизации (пробоя);

- площади разлива в районе аварийной остановки, характерной как при аварии при кратковременной остановке.

Расчеты [4] показывают (табл. 1), что в случаях разгерметизации (разрушении) цистерны при кратковременных остановках на маршруте при полном истечении аммиака глубина химического заражения будет в основном зависеть от количества пролитого аммиака и стратификации атмосферы (А – конвекция; D – изотермия; F – инверсия) при метеоусловиях (скорость ветра 1 м/с, температура воздуха +20 °С). Согласно графику зависимости глубины химического заражения от количества пролитого аммиака при полной разгерметизации емкости и различной степени стратификации (рис. 1) наименьшее значение глубины химического заражения будет при меньшем количестве пролитого аммиака и стратификации атмосферы конвекции.

Таблица 1

Зависимость глубины химического заражения (м) от количества пролитого аммиака при полной разгерметизации емкости при скорости ветра $u = 1$ м/с

Стратификация	Количество аммиака, т									
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
для А	498	640	741	822	891	952	1007	1057	1103	1145
для D	1216	1577	1836	2045	2224	2381	2523	2653	2773	2885
для F	2499	3273	3832	4285	4674	5017	5327	5611	5874	6119

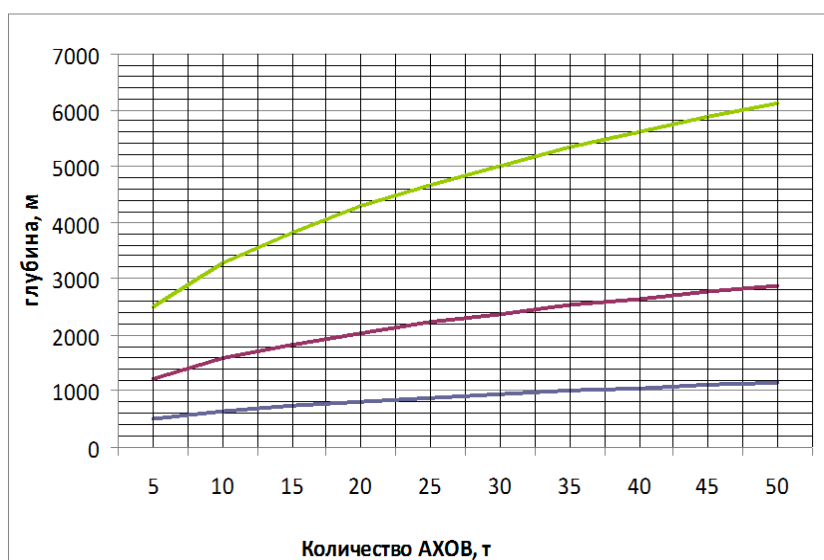


Рис. 1. График зависимости глубины химического заражения от количества пролитого аммиака при полной разгерметизации емкости и различной степени стратификации (А – синий; D – коричневый; F – зеленый цвет) при скорости ветра $u=1$ м/с

Согласно расчетам [4] (табл. 2) высота подъема облака химического заражения при полном истечении аммиака из цистерны будет в основном зависеть от количества пролитого аммиака и стратификации атмосферы.

Таблица 2

Зависимость высоты подъема зараженного облака с пороговой концентрацией (м) от количества пролитого аммиака на соответствующих глубинах химического заражения ($u = 1$ м/с)

Стратификация	Количество аммиака, т									
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
для А	24	30	34,7	38,1	41	43,5	45,7	47,8	49,6	51
для D	19,8	24	27	29,5	31,4	33	34,6	35,9	37	38
для F	17	20	22	24	26,6	26,8	28	29	29,8	30,7

Согласно графику зависимости высоты подъема зараженного облака с пороговой концентрацией от количества пролитого аммиака на соответствующих глубинах химического заражения при различной степени стратификации (рис. 2) наибольшее значение высоты подъема зараженного облака будет при большем количестве пролитого аммиака и конвекции. Однако с учетом расположения зданий на расстояниях до 50 м от аварийной остановки цистерны с аммиаком на маршруте зараженное облако не поднимется выше высоты ближайших зданий (табл. 1, 2) даже при такой благоприятствующей при аварии стратификации атмосферы, как конвекция.

В зависимости от сценария аварии специфика пролива аммиака в случаях перевозки автотранспортом вызывает необходимость пересмотра подходов к организации проведения оперативной ликвидации последствий аварии и совершенствованию способов ее проведения в целях обеспечения безопасности населения, особенно на участках прохождения маршрута в населенных пунктах.

Существующая практика по ликвидации последствий аварий на подвижных химически опасных объектах (ХОО) и обеспечению безопасности населения предусматривает проведение следующих мероприятий: постановку водяных отсекающих завес, изоляцию площади пролива АХОВ пеной, устранение течи путем использования накладок (бандажей), пластырей на пробоины, нейтрализацию пролива путем разбавления водой, засыпкой сорбентами [10].

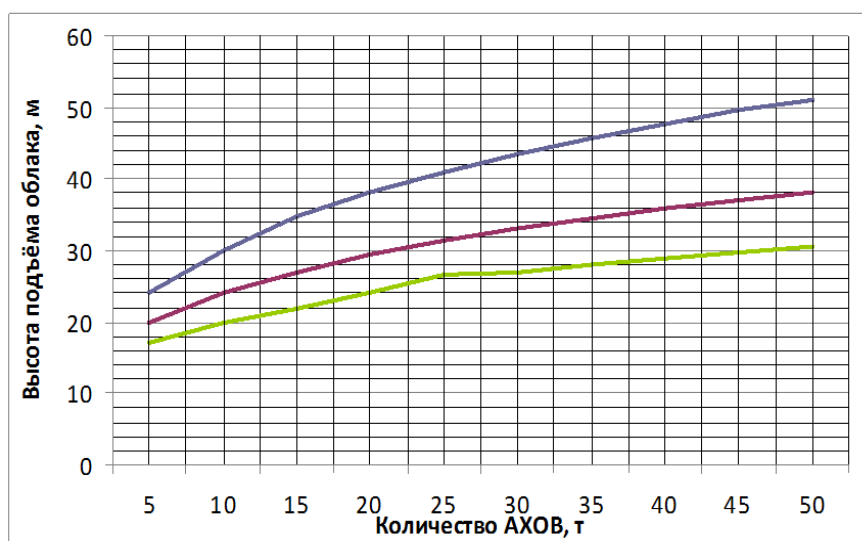


Рис. 2. График зависимости высоты подъема зараженного облака с пороговой концентрацией от количества пролитого аммиака на соответствующих глубинах химического заражения при скорости ветра 1 м/с

Однако исследования, проведенные в работе [4], показали, что в условиях прохождения маршрута в населенных пунктах, при удалении домов на 25–50 м от дороги при разгерметизации цистерны с аммиаком с размером отверстия свыше 5 см остается риск поражения людей в домах табл. 3.

Таблица 3

Значения допустимых величин разгерметизации $L_{отв}$ (отверстие в днище) на участке торможения в зависимости от удаления селитебной части населенного пункта $L_{н.п.}$ от маршрута и стратификации атмосферы (аммиак 10 т, $t^{\circ}=+20^{\circ}\text{C}$, $u=1$ м/с, начальная скорость торможения автотранспорта 60 км/ч)

Удаление $L_{н.п.}$, м	Допустимая величина отверстия разгерметизации $L_{отв}$, см	Масса пролитого АХОВ, кг	Глубина заражения $\Gamma_{г}$, м
инверсия			
25	2,7	15,0	24,7
50	4,1	32,7	49,4
100	7,6	111,4	99,2
150	11,5	254,4	149,9
200	15,4	452,4	199,9
изотермия			
25	4,1	32,7	24,9
50	6,0	71,1	49,2
100	9,1	159,2	99,5
150	11,4	248,7	149,5
200	13,6	352,2	199,8
конвекция			
25	6,7	88,4	24,9
50	9,5	174,5	44,8
100	15,1	437,4	98,9
150	19,2	697,9	148,0
200	22,9	986,4	199,4

Примечание: $L_{отв}$ – сторона квадратного отверстия разгерметизации

Как известно, наибольшая концентрация аммиака наблюдается в первичном облаке химического заражения и представляет наибольшую опасность для населения по сравнению с вторичным облаком заражения.

В случаях внезапной разгерметизации (пробоя) автоцистерны с аммиаком невозможно оперативно привлечь для постановки водяной или тепловой завесы силы и средства ГПС МЧС России для предотвращения распространения первичного облака химического заражения на ближайшие дома в населенном пункте с учетом времени их прибытия и развертывания. Так, например, только на развертывание сил и средств ГПС МЧС России для постановки водяной или тепловой завесы требуется не менее 10–12 мин (Справочник руководителя тушения пожара).

Решение проблемы обеспечения безопасности населения от воздействия первичного облака заражения предлагается путем оснащения и использования мобильных портативных средств создания тепловой завесы и рассеивания первичного облака заражения составом бригады, сопровождающей опасный груз.

Это могут быть устройства на основе малогабаритных мобильных портативных тепловых пушек на подобии используемых для обогрева теплиц и открытых площадок (рис. 3) с установкой в них более мощных вентиляторов по производительности скоростного потока для рассеивания зараженного облака. Целесообразно применение таких тепловых пушек оперативно с момента разгерметизации цистерны личным составом бригад, сопровождающих опасный груз, в районе аварийной остановки. Это достигается путем задействования их на удалении не ближе 5 м впереди автоцистерны с аммиаком по ходу движения транспорта (вдоль улицы). При этом угол установки сопла тепловой пушки по горизонту должен быть примерно 45° и направлен в сторону поднятия зараженного облака. Время работы их будет определяться временем прибытия и развертывания расчетов ГПС МЧС России для постановки отсекающих водяных завес.

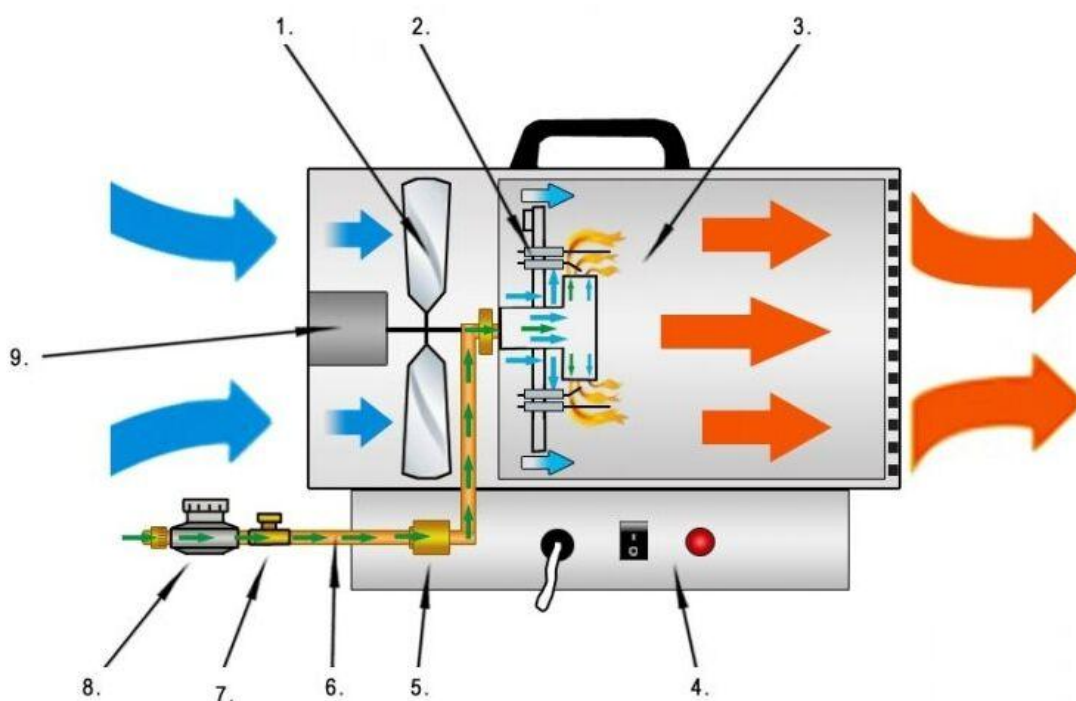


Рис. 3. Устройство тепловой газовой пушки: 1 – лопастной вентилятор; 2 – горелка; 3 – емкость сгорания топлива; 4 – кнопка запуска и индикатор работы; 5 – обратный клапан; 6 – газопровод; 7 – вентиль; 8 – редуктор; 9 – электрический мотор (<http://remoo.ru>otoplenie/gazovaya-pushka-teplovaya>)

Кроме того, перспективно использование БПЛА типа квадрокоптеров с малогабаритными газотурбинными двигателями, установленными на его подвесной платформе. Целесообразно осуществлять задействование таких БПЛА для сопровождения автотранспорта с аммиаком на опасных участках маршрута вблизи объектов с массовым пребыванием людей по локализации облака химического заражения при авариях в целях рассеяния и создания дополнительного конвективного восходящего потока подъема зараженного облака. Это достигается путем оперативного создания над цистерной с аммиаком с момента ее разгерметизации конвективно-восходящего потока воздуха и рассеяния его газотурбинными двигателями, установленными на подвесной платформе БПЛА, что позволит «поднять» распространение зараженного облака выше ближайших зданий.

В случае разгерметизации (пробоя) резервуара с аммиаком подвесную платформу квадрокоптера оператор опускает над аварийным объектом на высоту приблизительно около 2 м и включает установленные на ней два малогабаритных реактивных двигателя, которые создают конвективно-восходящий поток, втягивающий в себя облако заражения аммиака. При этом сопла малогабаритных реактивных двигателей должны быть направлены в противоположные стороны параллельно над объектом, сам квадрокоптер располагается над восходящим потоком облака аммиака. Оператор, управляющий квадрокоптером, периодически осуществляет подъем платформы его на высоту свыше 10 м с возвращением ее на первоначальную высоту.

Это длится по времени до подхода и развертывания расчетов ГПС МЧС России, привлекаемых для постановки водяных отсекаемых завес и последующей ликвидации аварии.

Данное устройство должно быть компактным, мобильным, время приведения в рабочее состояние должно не превышать 30 с. Например, в настоящее время уже разработаны образцы малогабаритных газотурбинных двигателей весом до 2 кг [11], которые предусматриваются для установки на БПЛА.

В целях оперативной локализации и обезвреживания участка пролива аммиака при авариях целесообразно включение в состав колонны сопровождения автоцистерны с аммиаком расчета пожарно-спасательной части на автоцистерне, заправленной нейтрализующим водным раствором соляной, уксусной или щавелевой кислоты для постановки водяных нейтрализующих завес в районе аварийной остановки на маршруте.

Для оперативной локализации и обезвреживания участков пролива аммиака на участке аварийного торможения и в районе аварийной остановки целесообразно включение в состав сопровождения колонны транспортирования аммиака расчета подразделения ГПС МЧС России с аварийно-спасательным контейнером для ликвидации последствий дорожно-транспортных происшествий, связанных с АХОВ, «АСК-АХОВ» (разработан по заказу МЧС России по целевой федеральной программе «Повышение безопасности дорожного движения в 2006–2012 гг.»). Применение его позволит провести локализацию пролива и нейтрализацию с помощью автономного прибора специальной обработки, а также сбора в контейнеры и вывоза пролитого аммиака.

Заключение

В целях обеспечения безопасности населения при авариях на автотранспорте, перевозящем аммиак, на маршрутах перемещения в населенных пунктах и оперативности в ликвидации последствий целесообразны поиски новых способов по локализации первичного и вторичного облаков химического заражения и обеззараживания проливов аммиака. Особенно остро стоит проблема по локализации первичного облака химического заражения вследствие невозможности оперативного привлечения сил и средств по ликвидации таких аварий.

Предлагаемые способы тепловой локализации распространения облака химического заражения и привлечения необходимых сил и средств ГПС МЧС России для локализации таких аварий позволят повысить безопасность населения в населенных пунктах при прохождении по ним автотранспорта с аммиаком.

Список источников

1. Разработка предложений технического и организационного характера для обеспечения безопасности перевозки АХОВ автомобильным транспортом. URL: megalektsii.ru/s40536t3.html (дата обращения: 19.02.2024).
2. Атлас природных и техногенных опасностей в Российской Федерации. М.: ИП «Дизайн. Информация. Картография», 2005. 269 с.
3. Попова Г.И., Стешин Ю.Н. О транспортной безопасности в Российской Федерации // Альтернативные источники энергии в транспортно-технологическом комплексе: проблемы и перспективы рационального использования. 2015. Т. 2. Вып. 1 (2).
4. Савчук О.Н. Прогнозирование и ликвидация последствий при авариях (разрушениях) подвижных химически опасных объектов: монография. СПб.: С.-Петербург. ун-т ГПС МЧС России, 2014.
5. Прогноз ингаляционного поражения человека при аварийном выбросе аммиака и хлора методом динамических концентраций / Н.Н. Литвинов [и др.]. М.: Медицина труда и промышленная экология. 2000. № 8. С. 10–16.
6. Хабибулин И.И. Определение риска токсического поражения при авариях на химически опасных объектах: дис. ... канд. техн. наук. Казань: Гос. технол. ун-т, 2011. С. 30.
7. Чернявский С.А. Экспериментальные методы расчета коэффициента турбулентной диффузии для анализа рассеивания химических загрязнителей в атмосферу. М.: Экология урбанизированных территорий. 2020. № 1. С. 22–26.
8. Особенности оценки последствий аварий, связанных с выбросом опасных веществ / А.В. Пчельников [и др.] // Актуальные проблемы регулирования природной и техногенной безопасности в XXI в.: материалы X Междунар. науч.-практ. конф. по проблемам защиты населения и территорий от ЧС. М.: МЧС России, 2005. С. 310–314.
9. Дорфман Н.Н., Перегудов А.Н., Бокадаров С.А. Разработка мероприятий по ликвидации возможных химических аварий на перерабатывающем предприятии // Вестник Воронежского института ГПС МЧС России. 2017. № 1 (22). С. 7–14.
10. Савчук О.Н. Пути решения проблемы обеспечения безопасности при транспортировке аммиака автомобильным транспортом // Проблемы управления рисками в техносфере. 2013. № 1 (25). С. 42–52.
11. Ломазов В., Костюченков А. Двигатель, который ждали. Миниатюрный ГТД для малой авиации // Беспилотная авиация – 2015: материалы II Междунар. конф. М.: ФГУП «Центральный институт авиационного моторостроения им. П.И. Баранова», 2015.

References

1. Razrabotka predlozhenij tekhnicheskogo i organizacionnogo haraktera dlya obespecheniya bezopasnosti perevozki AHOV avtomobil'nym transportom. URL: megalektsii.ru/s40536t3.html (data obrashcheniya: 19.02.2024).
2. Atlas prirodnyh i tekhnogennyh opasnostej v Rossijskoj Federacii. M.: IP «Dizajn. Informaciya. Kartografiya», 2005. 269 s.
3. Popova G.I., Steshin Yu.N. O transportnoj bezopasnosti v Rossijskoj Federacii // Al'ternativnye istochniki energii v transportno-tekhnologicheskom komplekse: problem i perspektivy racional'nogo ispol'zovaniya. 2015. T. 2. Vyp. 1 (2).
4. Savchuk O.N. Prognozirovanie i likvidaciya posledstvij pri avariyah (razrusheniyah) podvizhnyh himicheski opasnyh ob"ektov: monografiya. SPb.: S.-Peterb. un-t GPS MCHS Rossii, 2014.

5. Prognoz ingyacionnogo porazheniya cheloveka pri avarijnom vybrose ammiaka i hlora metodom dinamicheskikh koncentracij / N.N. Litvinov [i dr.]. M.: Medicina truda i promyshlennaya ekologiya. 2000. № 8. S. 10–16.

6. Habibulin I.I. Opredelenie riska toksicheskogo porazheniya pri avariayah na himicheski opasnyh ob"ektah: dis. ... kand. tekhn. nauk. Kazan': Gos. tekhnol. un-t, 2011. S. 30.

7. Chernyavskij S.A. Eksperimental'nye metody rascheta koefficienta turbulentnoj diffuzii dlya analiza rasseivaniya himicheskikh zagryaznitelej v atmosferu. M.: Ekologiya urbanizirovannyh territorij. 2020. № 1. S. 22–26.

8. Osobennosti ocenki posledstvij avarij, svyazannyh s vybrosom opasnyh veshchestv / A.V. Pchel'nikov [i dr.] // Aktual'nye problemy regulirovaniya prirodnoj i tekhnogennoj bezopasnosti v XXI v.: materialy II Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. po problemam zashchity naseleniya i territorij ot CHS. M.: MCHS Rossii, 2005. S. 310–314.

9. Dorfman N.N., Peregudov A.N., Bokadarov S.A. Razrabotka meropriyatij po likvidacii vozmozhnyh himicheskikh avarij na pererabatyvayushchem predpriyatii // Vestnik Voronezhskogo instituta GPS MCHS Rossii. 2017. № 1 (22). S. 7–14.

10. Savchuk O.N. Puti resheniya problemy obespecheniya bezopasnosti pri transportirovke ammiaka avtomobil'nym transportom // Problemy upravleniya riskami v tekhnosfere. 2013. № 1 (25). S. 42–52.

11. Lomazov V., Kostyuchenkov A. Dvigatel', kotoryj zhdali. Miniatyurnyj GTD dlya maloj aviatsii // Bepilotnaya aviatsiya – 2015: materialy II Mezhdunar. konf. M.: FGUP «Central'nyj institut avyacionnogo motorostroeniya im. P.I. Baranova», 2015.

Информация о статье:

Статья поступила в редакцию: 22.01.2024; одобрена после рецензирования: 05.04.2024; принята к публикации: 14.05.2024

The information about article:

The article was submitted to the editorial office: 22.01.2024; approved after review: 05.04.2024; accepted for publication: 14.05.2024

Сведения об авторах:

Савчук Олег Николаевич, профессор кафедры сервиса безопасности Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России (196105, Санкт-Петербург, Московский пр., д. 149), кандидат технических наук, профессор, заслуженный работник высшей школы Российской Федерации, e-mail: sb@igps.ru, oleg-savchuk@mail.ru, SPIN-код: 5156-1928

Information about the authors:

Savchuk Oleg N., professor of the department of security service of the Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia (196105, Saint-Petersburg, Moskovsky ave., 149), candidate of technical sciences, professor, honored worker of the higher school of the Russian Federation, e-mail: sb@igps.ru, oleg-savchuk@mail.ru, SPIN: 5156-1928