

# НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ ОЦЕНКИ ХИМИЧЕСКОЙ ОБСТАНОВКИ ПРИ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ НА ПОДВИЖНОМ ХИМИЧЕСКИ ОПАСНОМ ОБЪЕКТЕ

**И.В. Дорошенко;**

**Б.В. Заборский, кандидат технических наук, доцент.**

**Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России**

Предложен алгоритм, учитывающий действительную высоту пролившейся жидкости в случае полного разрушения цистерны с разбросом содержимого аварийно химически опасного вещества. В качестве объекта исследования выступают аварии на подвижных химически опасных объектах.

*Ключевые слова:* аммиак, химически опасный объект, аварийно химически опасное вещество, высота пролившейся жидкости

## SOME ASPECTS OF THE SITUATION IN THE ASSESSMENT OF CHEMICAL DISASTER ON THE MOBILITY OF CHEMICALLY DANGEROUS OBJECTS

I.V. Doroshenko; B.V. Zaborsky.

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

The algorithm takes into account the actual height of the spilled liquid in the event of total destruction of the tank with a range of content of poisonous substances. As the object of the study is accident on mobile chemically hazardous objects.

*Keywords:* ammonia, chemically dangerous object, under abnormal condition-chemically dangerous substance, height of the liquid spilled

Возникновение чрезвычайных ситуаций (ЧС), обусловленных химическими авариями и катастрофами, является вполне реальным в сегодняшних условиях. С учетом прогресса в химической промышленности произошло возрастание техногенных опасностей, связанных с авариями (разрушениями) на химически опасных объектах (ХОО) и при транспортировке аварийно химически опасных веществ (АХОВ).

Согласно статистике за 2010–2015 гг., количество аварий на ХОО имеет тенденцию к уменьшению их появления (табл. 1).

Таблица 1. Статистика аварий с выбросом АХОВ за 2010–2015 гг.

Год	Кол-во аварий с выбросом АХОВ	Пострадало	Погибло
2010	4	8	8
2011	1	113	0
2012	2	24	3

2013	6	34	2
2014	0	0	0
2015	1	0	0

Однако еще сохраняется высокая потенциальная возможность их проявления, связанная с возможным осуществлением террористических актов в крупных населенных пунктах.

Несмотря на то, что в последние годы проводятся мероприятия по повышению безопасности (размещение ХОО за границей населенных пунктов, вдали от селитебной ее части, уменьшение количества АХОВ и т.д.), большинство ХОО располагаются или перемещаются вблизи проживающего вокруг них населения и тем самым представляют значительную потенциальную угрозу людям и окружающей природной среде.

Согласно данным, приведенным Федеральной службой государственной статистики [1], ежегодно в России автомобильным транспортом перевозится порядка 68 % общего объема грузооборота (табл. 2).

Таблица 2. Перевозки грузов по видам транспорта (млн т)

Транспорт/год	2010	2011	2012	2013	2014	2015
всего	7749	8337	8519	8264	7982	7465
в том числе по видам:						
железнодорожный	1312	1382	1421	1381	1364	1218
автомобильный	5236	5663	5842	5635	5406	5039
трубопроводный	1061	1131	1096	1095	1077	1071
морской	37	34	18	17	15	18
внутренний водный	102	126	141	135	119	118
воздушный	1,1	1,2	1,2	1,2	1,3	1,1

Причем доля опасных грузов в общем объеме грузовых перевозок постоянно растет и в настоящее время составляет свыше 20 % или около 800 млн т. в год. Из них 65 % приходится на долю автомобильного транспорта [2]. Поэтому в данной работе рассматриваются только такого типа подвижные ХОО.

Безусловно, наиболее проблемным вопросом в области перевозок является снижение их аварийности. Россия по этому показателю не отстает от других экономически развитых государств, однако ситуация во многом осложняется:

- повышением транспортных объемов перевозок;
- значительным количеством транспорта с АХОВ, которые постоянно находятся в непосредственной близости от промышленных предприятий и жилых массивов, что создает повышенную угрозу возникновения ЧС с особо тяжелыми последствиями;
- не соблюдением правил перевозок опасных грузов;
- не соблюдением правил дорожного движения другими участниками движения, вследствие чего возникают дорожно-транспортные происшествия.

Статистика последних 10–15 лет показывает, что от 50 до 70 % совершаемых террористических актов связано с транспортом, при этом за последние годы в мире произошел существенный рост их количества в отношении объектов транспорта, пассажиров и персонала. Во многом это связано с уязвимостью транспортной системы из-за ее относительной доступности, использованием транспорта для перевозки или доставки опасных грузов, а также значительным общественным резонансом и тяжестью последствий – большими человеческими жертвами и экономическим уроном [3].

Самые серьезные террористические акты последнего времени произошли на транспорте или совершенные с помощью транспорта: атака в 2001 г. Всемирного торгового центра в г. Нью-Йорке; взрывы электричек в Испании; захват и взрыв самолетов в 2004 г. в России; теракты в токийском, мадридском, московском и лондонском метро; подрыв вагона поезда «Невский экспресс» на железнодорожной магистрали Москва-Санкт-Петербург; взрыв пассажирского автобуса в 2013 г. в г. Волгограде; взрыв автомобиля у поста ДПС в Дербентском районе Дагестана в феврале 2016 г.

По расчетам экспертов затраты на предупреждение аварий во много раз меньше по сравнению с величиной ущерба, к которому они приводят в случае возникновения. Поэтому во всем мире вопросам безопасности химических производств придается очень большое значение.

При прогнозировании последствий аварий на подвижных ХОО следует рассматривать наиболее возможные варианты:

- образование пробоины (трещины) в днище цистерны;
- образование пробоины в боковой части цистерны;
- разрушение полностью цистерны с разбросом содержимого АХОВ.

Для успешного решения задач по предупреждению и ликвидации аварии на подвижных ХОО необходимо заблаговременное тщательное планирование осуществления профилактических мероприятий, а также обоснованного расчета сил и средств на ликвидацию их последствий. Эффективность планирования и осуществления мероприятий по предупреждению и обеспечению безопасности населения вокруг подвижных ХОО зависит от достоверного и своевременного прогноза возможной аварии.

Подвижные ХОО представляют потенциальную угрозу в случае нахождения в зоне возможного химического заражения при авариях с проливом опасных химических веществ мирного населения и сотрудников Государственной противопожарной службы (ГПС) МЧС России. Особенности аварий на подвижных ХОО являются внезапность их возникновения, связанных с выбросом (разливом) АХОВ, быстрое распространение облака заражения воздуха, массовое поражение населения и животных, попавших в зону химического заражения, необходимость оперативного проведения аварийно-спасательных и других неотложных работ в очаге химического поражения для восстановления движения на участке аварии.

Определение зон возможного химического заражения и на этой основе выработка профилактических мер защиты и мер по ликвидации последствий аварий осуществляется на этапе прогнозирования. Для обоснованного и достоверного получения данных результатов прогнозирования необходимо знание многих исходных параметров об объекте и характере окружающей среды, то есть значительной по объему информации.

Получение всей информации в кратчайшие сроки после произошедшей аварии весьма проблематично. Вследствие чего, представляется допустимым при разработке планов действий по предупреждению и ликвидации последствий аварий использовать прогнозы для случаев максимально возможных масштабов их последствий, то есть аварий с высвобождением всего количества имеющегося АХОВ с учетом основных сценариев их возникновения и развития при условиях, наиболее благоприятных для формирования и распространения облака заражения воздуха.

Выявление последствий аварий, связанных с разгерметизацией резервуаров в процессе перевозки аммиака вследствие подрыва и возгорания в результате террористических актов, представляет особенность в связи с пожароопасностью аммиака. При рассмотрении такого сценария разрушения следует оценивать поражающее действие на личный состав ГПС МЧС России и населения не только от распространения зараженного облака, но и от последствий подрыва и воспламенения аммиака. В этом случае ущерб и последствия от террористических актов на автомобильном транспорте, перевозящем аммиак, могут быть большими, чем при промышленных авариях.

Согласно существующей методике [4], высота пролившейся жидкости на подстилающую поверхность принимается 0,05 м, но в случае подрыва высота пролившейся жидкости не будет соответствовать методике из-за разброса АХОВ. Для того чтобы прогноз был наиболее верным, определим действительную высоту пролившейся жидкости.

Рассмотрим порядок прогнозирования последствий при подрыве автоцистерны с аммиаком. Для этого исходные данные были взяты следующие: автоцистерна с аммиаком объемом  $Q_0=10$  т, все содержимое разлито и попало в атмосферу. Метеоусловия: конвекция, температура воздуха – +20 °С, скорость ветра  $u=2$  м/с, направление ветра перпендикулярно дороге, ветер неустойчивый, удаление жилых девятиэтажных домов от дороги – 100 м, застройка в шахматном порядке, расстояние между домами – 50 м, плотность населения  $\Pi_r=2500$  чел/км<sup>2</sup> [5].

Первоначально определим объем парового выброса аммиака:

$$V_{\text{пар}} = \frac{m_1}{\rho_r} = \frac{Q_0 * C_y * (t_0 - t_k)}{C_\lambda * \rho_r},$$

где  $Q_0$  – количество перевозимого вещества, кг;  $C_y$  – удельная теплоемкость аммиака, кДж/кг·град;  $t_0$  – температура жидкого аммиака до разрушения емкости, °С;  $t_k$  – температура кипения аммиака (-33,4°С);  $C_\lambda$  – теплоемкость испарения аммиака, кДж/кг;  $\rho_r$  – плотность вещества в газообразном состоянии.

$$V_{\text{пар}} = (10000 * 4,731 * (20 - (-33,4)))/(1360 * 0,728) = 2550,62 \text{ м}^3$$

Объем неиспарившейся жидкости:

$$V_{\text{жид}} = \frac{Q_0 - m_1}{\rho_{\text{жид}}},$$

где  $\rho_{\text{жид}}$  – плотность вещества в жидком состоянии.

$$V_{\text{жид}} = \frac{10000 - 1858}{610,2} = 13,34 \text{ м}^3.$$

Объем облака представляет собой сумму объемов парового выброса  $V_{\text{пар}}$  и объема неиспарившейся жидкости  $V_{\text{жид}}$ :

$$V = V_{\text{пар}} + V_{\text{жид}};$$

$$V = 2550,62 + 13,34 = 2563,96 \text{ м}^3.$$

Из-за подрыва цистерны, радиус разброса жидкости будет равен [6]:

$$R = 0,78 \sqrt[3]{V},$$

$$R = 0,78 \sqrt[3]{2563,96} = 10,67 \text{ м}.$$

Исходя из радиуса разброса, определим площадь заражения  $S_{\text{зар}}$ :

$$S_{\text{зар}} = \pi * R^2,$$

$$S_{\text{зар}} = 3,14 * 10,67^2 = 358 \text{ м}^2.$$

Из этого следует действительная высота пролившейся жидкости  $h_{\text{прол}}$ :

$$h_{\text{прол}} = \frac{V_{\text{жид}}}{S_{\text{зар}}},$$

$$h_{\text{прол}} = \frac{13,34}{358} = 0,037 \text{ м}.$$

Определяем время поражающего действия:

$$\tau_{\text{исп}} = \frac{h_{\text{прол}} * \rho_{\text{жид}}}{K_2 * K_4 * K_7},$$

где  $K_2, K_4, K_7$  – вспомогательные коэффициенты для определения продолжительности поражающего действия АХОВ (определяются по табл. 2 Приложения 3) [7]:

$$\tau_{\text{исп}} = \frac{0,037 * 0,6102}{0,025 * 1,33 * 1} = 0,66 \text{ ч}.$$

Учитывая действительную высоту пролившейся жидкости, определяем глубину химического заражения для зон пороговой и смертельной степени поражения, учитывая действия отраженной волны от зданий и с учетом их распространения в городской застройке:

$$\Gamma_{\text{п}} = 203 \text{ м} \quad \Gamma_{\text{см}} = 122 \text{ м}.$$

Высота подъема облака с учетом укрытия населения в зданиях:

$$H_{\text{п}} = 88 \text{ м} \quad H_{\text{см}} = 48 \text{ м}.$$

По значениям глубин зон порогового и смертельного поражения определяем площадь фактического заражения:

$$S_{\text{п}} = 0,022 \text{ км}^2 \quad S_{\text{см}} = 0,0079 \text{ км}^2,$$

с помощью которой определяем количество населения, подверженное пороговой и смертельной степени поражения:

$N_{п}=54$  чел.

$N_{см}=20$  чел.

Данные вычисления позволяют определить наиболее верный прогноз и принять наиболее эффективное решение по организации и проведению мероприятий, направленных на снижение последствий аварии (разрушения).

### **Литература**

1. Федеральная служба государственной статистики. URL: [http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat\\_main/rosstat/ru/statistics/publications/catalog/doc\\_1135075100641](http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/publications/catalog/doc_1135075100641) (дата обращения: 18.01.2016).

2. Савчук О.Н., Антонов С.О., Егоров П.А. Химическая безопасность. Выявление и организация ликвидации последствий при авариях (разрушениях) подвижных химически опасных объектов. СПб.: СПб УГПС МЧС России, 2015.

3. Санкт-Петербург – морская столица России // АВИАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ: Резолюция I Междунар. конф. GlobalPORT-2010 от 15 апр. 2010 г. Санкт-Петербург. URL: [www.confspb.ru](http://www.confspb.ru) (дата обращения: 22.01.2016).

4. РД 52.04.253-90. Методика прогнозирования масштабов заражения сильнодействующими ядовитыми веществами при авариях (разрушениях) на химически опасных объектах и транспорте. СПб.: Гидрометеиздат, 2000. 21 с.

5. Савчук О.Н. Особенности выявления последствий разрушений цистерны с аммиаком в случае подрыва и возгорания при перевозке автомобильным транспортом // Современное образование: Содержание, технологии, качество: материалы XXII Междунар. науч.-метод. конф. СПб., 2016.

6. Мастрюков Б.С. Безопасность в чрезвычайных ситуациях в природно-техногенной сфере. Прогнозирование последствий: учеб. 2-е изд., стер. М.: Изд. центр «Академия», 2012. 368 с.

7. Соколов Ю.И. Вопросы безопасности транспортировки опасных грузов // Проблемы анализа риска. 2009. Вып. № 1.