

# Прогнозирование распространения облаков тяжелых газов при авариях на объектах химической промышленности

Быльев Ю. В.<sup>1</sup>, Деркачев Н. В.<sup>2</sup>, Медведева А. Н.<sup>3</sup>, Афанасьев Р. В.<sup>4</sup>, Минаев Ю. А.<sup>5</sup>, Лобарь И. Н.<sup>6</sup>

<sup>1</sup>Быльев Юрий Владимирович / *Byljev Jurii Vladimirovich* - технический директор, ООО «НПП НОБИГАЗ»;

<sup>2</sup>Деркачев Никита Владимирович / *Derkachev Nikita Vladimirovich* – эксперт, ООО «АТТЭК»;

<sup>3</sup>Медведева Алина Николаевна / *Medvedeva Alina Nikolaevna* - эксперт промышленной безопасности;

<sup>4</sup>Афанасьев Руслан Владимирович / *Afanasjev Ruslan Vladimirovich* - начальник лаборатории;

<sup>5</sup>Минаев Юрий Анатольевич / *Minaev Jurij Anatolievich* - эксперт промышленной безопасности;

<sup>6</sup>Лобарь Игорь Николаевич / *Lobar Igor Nikolaevich* - эксперт промышленной безопасности, ООО «НПП НОБИГАЗ», г. Ростов-на-Дону

**Аннотация:** исследован процесс распространения тяжелого газа – хлора на основе математической модели РД 03-26-2007. Произведено моделирование выброса хлора с помощью программного комплекса ТОКСИ<sup>+RISK</sup>.

**Abstract:** the process of distribution of heavy gas - chlorine - has been studied on the basis of mathematical model RD 03-26-2007. The modelling of chlorine releases has been made with help of complex software TOXI<sup>+RISK</sup>.

**Ключевые слова:** экспертиза промышленной безопасности, аварийный выброс, моделирование распространения газа.

**Keywords:** industrial safety expertise, accidental release, modeling of gas distribution.

Выброс опасных веществ в атмосферу является одной из самых серьезных аварий на опасном производственном объекте. При выбросе опасных веществ в атмосферу может возникать целый спектр поражающих факторов: токсическое поражение, образование в воздухе топливно-воздушных смесей (ТВС), снижение концентрации кислорода, генерация ударных волн (УВ), термическое поражение, химический ожог [1]. Размеры зон поражения могут достигать нескольких десятков до нескольких сотен, а в отдельных случаях и тысяч метров.

Сравнительно быстрое распространение поражающих факторов на большие площади, является особенностью при прогнозировании опасности для человека, природной среды и различного рода антропогенных объектов.

Таким образом, исследования распространения опасных веществ в атмосфере и прогнозирование последствий опасных выбросов для выработки адекватных мер защиты является актуальной задачей.

Расчет модели выброса опасных веществ имеет достаточно сложный алгоритм и осуществляется, как правило, путем применения программных средств, таких как PHAST, FLUENT, ТОКСИ<sup>+RISK</sup>.

ТОКСИ<sup>+RISK</sup> является отечественным программным комплексом и реализует алгоритмы расчета рассеяния выбросов опасных веществ в соответствии с документом РД-03-26–2007 [2]. Примененная унифицированная модель, описывающая развитие аварии при различных конфигурациях технологического оборудования и сценариях с учетом характера инициирующего события и параметров опасного вещества в оборудовании. Модель отличается тем, что в ней рассматривается несколько стадий аварии, которые выделяются в зависимости от уровня жидкости в оборудовании, величины давления в оборудовании и времени срабатывания отсекающей арматуры. Модель позволяет определить интенсивность и характеристики выброса опасного вещества на последовательных стадиях, а также их длительность.

Методика РД-03-26–2007 позволяет определить:

- длительность выброса и количество поступившего в атмосферу опасного вещества при различных сценариях аварии;
- пространственно временное поле концентрации опасного вещества в атмосфере;
- размеры зон химического заражения, соответствующие различной степени поражения людей, определяемой по ингаляционной токсодозе.

Методика позволяет рассмотреть широкий спектр возможных аварийных ситуаций (частичное и полное разрушение оборудования, истечение газовой, жидкой или двухфазной сред) с учетом конструктивных особенностей конкретной установки, на которой произошла авария (наличие трубопроводов и емкостей, срабатывание отсекающей арматуры, остановка компрессоров и насосов).

Проведем расчета выброса хлора [3] из железнодорожной цистерны на пути не общего пользования.

Текущее положение

Шаг 1  
Общие исходные данные

Шаг 2  
Параметры резервуара

Шаг 3  
Параметры поверхности пролива

Шаг 4  
Параметры расчета

Шаг 1. Общие исходные данные

Опасное вещество  
Хлор

В выбросе только газовая фаза

Источник выброса опасного вещества  
Резервуар

Сценарии аварии  
Полное разрушение

Точность расчетной сетки  
Шаг расчетной сетки 100 м  
 Авто

Концентрационные пределы  
 по концентрационным пределам воспламенения  
 по ПДК

Критерии поражения  
 Рассчитывать зоны токсического воздействия  
 по LC<sub>50</sub> и PC<sub>50</sub>  
 по вероятностям поражения Перечень вероятностей...  
Время экспозиции 1800 с

Рис. 1. Диалоговое окно № 1 модуля «Токси»

Сценарий развития аварии: резервуар – полное разрушение. Опасное вещество – хлор. Точность расчетной сетки – авто. Это означает, что шаг будет определяться программой как 1% от протяженности зоны поражения по ветру.

Если необходимо рассчитать пороговые и смертельные зоны поражения, необходимо отметить эти критерии поражения.

Согласно технологическому режиму хлор будет перевозиться под давлением 400 000 Па, температура задана 20 °С.

<p>Текущее положение</p> <p>Шаг 1 Общие исходные данные</p> <p>Шаг 2 Параметры резервуара</p> <p>Шаг 3 Параметры поверхности пролива</p> <p>Шаг 4 Параметры расчета</p> <p>Шаг 5 Результаты расчета</p>	<p>Условия хранения опасных веществ (начальные параметры выброса)</p> <p>Давление: 400000 Па</p> <p>Температура: 20 °C</p>
	<p>Задание массы опасного вещества</p> <p><input checked="" type="radio"/> Геометрия резервуара    <input type="radio"/> Объем резервуара    <input type="radio"/> Масса</p> <p>Цистерна для хлора 15-1206</p> <p>Тип резервуара: Горизонтальный цилиндр</p> <p>Радиус: 1,2 м</p> <p>Длина: 10,614 м</p> <p><input type="button" value="Расчет"/></p>
	<p>Объем емкости: 48,017 м<sup>3</sup></p> <p><input type="button" value="Расчет"/></p>
	<p>Масса газовой фазы: 27,936 кг</p> <p>Масса жидкой фазы: 70841,881 кг</p>
	<p>Объемная доля газовой фазы</p> <p>Доля газовой фазы: 0,05 (0..1)</p>

Рис. 2. Диалоговое окно № 2 модуля «Токси»

Количество вещества может быть задано как через геометрические размеры емкости, так и через массу или объем резервуара.

Температура поверхности пролива будет равна температуре окружающего воздуха.

Подстилающая поверхность – песок. Так как цистерна находится на пути – обвалование не предусмотрено, разлив свободный.

Класс устойчивости атмосферы – инверсия F (наиболее худший по последствиям условия распространения выброса).

Параметры поверхности – равнина.

<p>Текущее положение</p> <p>Шаг 1 Общие исходные данные</p> <p>Шаг 2 Параметры резервуара</p> <p>Шаг 3 Параметры поверхности пролива</p> <p>Шаг 4 Параметры расчета</p> <p>Шаг 5 Результаты расчета</p>	<p>Характеристики подстилающей поверхности</p> <p>Температура поверхности пролива <input type="text" value="20"/> °C</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> равна температуре воздуха</p> <p>Тип подстилающей поверхности <input type="text" value="Песок"/></p>
	<p>Тип разлива</p> <p><input checked="" type="radio"/> свободный <input type="radio"/> в поддон</p> <p>Толщина пролива <input type="text" value="0,05"/> м</p>

Рис. 3. Диалоговое окно № 3 модуля «Токси»

<p>Текущее положение</p> <p>Шаг 1 Общие исходные данные</p> <p>Шаг 2 Параметры резервуара</p> <p>Шаг 3 Параметры поверхности пролива</p> <p>Шаг 4 Параметры расчета</p> <p>Шаг 5 Результаты расчета</p>	<p>Температура поверхности местности <input type="text" value="20"/> °C</p> <p><input type="checkbox"/> Равна температуре воздуха</p>
	<p>Метеорологические данные</p> <p>Температура воздуха <input type="text" value="20"/> °C</p> <p>Скорость ветра <input type="text" value="1"/> м/с</p> <p>Высота замера скорости ветра <input type="text" value="10"/> м</p> <p>Класс устойчивости атмосферы <input type="text" value="Инверсия - F"/> </p> <p>Высота распространения выброса <input 20")"="" type="text" value("&lt;=""/></p>
	<p>Параметры поверхности, над которой происходит рассеяние</p> <p>Шероховатость поверхности <input type="text" value="Лед, равнина, покрытая"/> ...</p> <p><input type="checkbox"/> Свое значение</p> <p>Значение шероховатости <input type="text" value="1e-005"/> м</p> <p><input type="checkbox"/> Свое значение</p> <p>Коэффициент профиля ветра <input type="text" value="0,44"/></p>

Рис. 4. Диалоговое окно № 4 модуля «Токси»



Рис. 5. Зоны поражения при выбросе хлора

На рисунке 5 показаны зоны поражения, при этом белым отмечена граница предельно допустимой концентрации, синим - зона порогового поражения, красным - зона смертельного поражения.

Кроме указанных зависимостей также могут быть получены зависимости риска смертельного поражения от расстояния, концентрации в различных точках выброса, а также при необходимости другие параметры, характеризующие отравляющие свойства хлора в конкретной точке, находящейся внутри зоны поражения.

### *Литература*

1. Федеральный закон от 21.07.1997 N 116-ФЗ «О промышленной безопасности опасных производственных объектов» [Электронный ресурс] Режим доступа <http://base.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc;base=LAW;n=183010;dst=0;ts=20ADD5195B1E8123F1901940687D6927;rnd=0.3409292306751013> (Дата обращения 29.11.2015).
2. РД-03-26-2007 Методические указания по оценке последствий аварийных выбросов опасных веществ (утв. Приказом Ростехнадзора от 14.12.2007 N 859) [Электронный ресурс] Режим доступа <http://base.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc;base=EXP;n=417797;fld=134;from=625175-6;rnd=180312.7299840075429529;;ts=01803126026035263203084> (Дата обращения 29.11.2015).
3. Правила безопасности производств хлора и хлорсодержащих сред (утв. Приказом Ростехнадзора от 20.11.2013 N 554) [Электронный ресурс] Режим доступа <http://base.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc;base=LAW;n=158368;fld=134;dst=100007;rnd=180312.7674488942138851;;ts=018031207435584790073335> (Дата обращения 29.11.2015).