

МЕТОДЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ АВАРИЙНЫХ СИТУАЦИЙ С ОБРАЗОВАНИЕМ ОБЛАКОВ ТОПЛИВОВОЗДУШНЫХ СМЕСЕЙ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ НЕФТЕПЕРЕРАБОТКИ

Тляшева Р.Р., Солодовников А.В.

Уфимский государственный нефтяной технический университет

Ускорение темпов и расширение масштабов производственной деятельности в современных условиях неразрывно связано с все возрастающим использованием энергонасыщенных технологий и опасных веществ.

В первую очередь, это относится к опасным производственным объектам нефтегазового комплекса, где наблюдается постоянная интенсификация технологий, связанная с высокими температурами и давлениями, укрупнение единичных мощностей установок и аппаратов, наличие в них больших запасов взрыво- и пожароопасных веществ.

Крупнейшие техногенные аварии и катастрофы, связанные с взрывами и пожарами в результате образования пожаро- и взрывоопасного облаков газопаровоздушных смесей произошедшие в США, Европе и России, унесли десятки и сотни человеческих жизней, нанесли значительный и урон окружающей среде.

Достаточно назвать аварии [1, 3, 5]: 28 июля 1948 г. в Людвигсхафене (Германия), 4 декабря 1966 г. в Фейзене (Франция), 1 июня 1974 г. в Фликсборо (Великобритания), 19 ноября 1984 г. в пригороде г. Сан-Хуан-Иксуатепек (Мехико), 10 апреля 1999 г. в ОАО «Нижнекамскнефтехим», 23 декабря 1996 г. в Самаре на Куйбышевском НПЗ, 04 января 2002 г. на установке риформинга ЛЧ 35-11/1000 ОАО «Московский НПЗ».

При этом ущерб от возможных аварий может быть выше финансовых возможностей предприятия, и носит случайный характер.

В этих условиях анализ и оценка опасностей возможных аварий в результате образования пожаро- и взрывоопасной смеси на потенциально опасных производственных объектах техносферы – является одной из ключевых проблем промышленной безопасности.

Публикации [1, 3, 5, 6 и др.] в данной области весьма обширны и вместе с тем недостаточны для разработки и практической реализации ситуаций опасных производственных объектов, связанных образованием пожаровзрывоопасных облаков газопаровоздушных смесей.

Все это требует проведение дополнительных исследований по детальному и полному учету факторов влияющих эволюцию пожаровзрывоопасных облаков газопаровоздушных смесей.

При аварийном вскрытии хранилищ, выбросе и интенсивном испарении сжиженных углеводородных топлив (выбросе энергоносителей) с образованием парогазовых облаков возможно: их воспламенение, быстрое сгорание (дефлаграция), а также детонационный взрыв [3]. В данной статье выполняется обзор методов, направленных для расчета последствий аварийных выбросов опасных веществ.

Аварии на нефтеперерабатывающих предприятиях развиваются, как правило, по сложному сценарию, включающему разные типы событий чрезвычайных ситуаций, наиболее часто наблюдаются пожары, взрывы, выбросы опасных веществ.

В свою очередь, пожары, взрывы и выбросы могут находиться во взаимосвязи между собой и являться причинами возникновения друг друга. На рисунке 1 показана схема развития аварии при освобождении газопаровоздушных смесей.

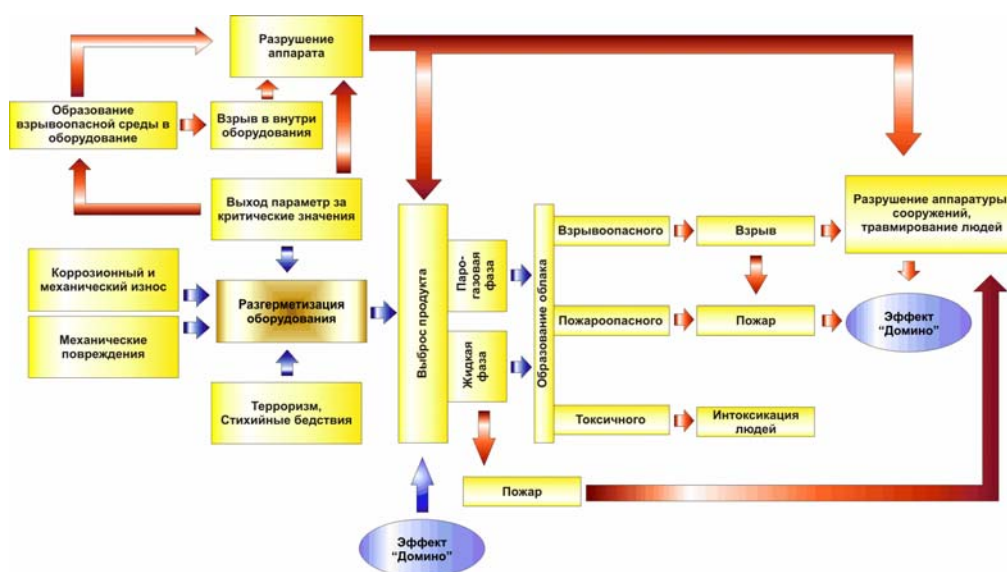


Рисунок 1 - Схема развития при освобождении газопаровоздушной смеси [5]

Одной из наиболее серьезных опасностей на предприятиях нефтепереработки является образование облака газопаровоздушных смесей [6].

Анализ аварий [10], происходящих на предприятиях химической и нефтехимической промышленности в нашей стране и за рубежом, показывает, что большая часть их (около 90%), связана с образованием и взрывом парогазовых смесей. Из этого числа около 43% аварий приходится на производственные помещения и открытые установки.

Облака газопаровоздушных смесей называется облако образованное углеводородными продуктами (метаном, этиленом, пропаном, парами бензина, циклогексана и др.) с кислородом воздуха.

В настоящее время сложились три основных подхода для количественного описания процесса рассеивания выброса газообразных веществ в атмосфере [8, 9]:

- гауссовские модели (дисперсионные) рассеивания;
- модели рассеивания, базирующие на интегральных законах сохранения либо в облаке в целом, либо в поперечном режиме;
- модели, построенные на численном решении системы уравнений сохранения в их оригинальном виде, именуемые моделями или методами численного моделирования.

Приведем обзор существующих методов определения последствий аварийных ситуаций связанных с образованием пожаровзрывоопасных облаков газопаровоздушных смесей

Стандартные методы определения последствий аварийных ситуаций

В настоящее время существует большое количество методик для расчета последствий аварийных выбросов пожаровзрывоопасных веществ. В нашей стране гауссовские методики реализованы, интегральные методы – в ГОСТе, а методы, основанные на решении уравнений в частных производных, в программных продуктах CFD. Основным документом, регламентирующим расчет рассеивания и определение приземных концентраций выбросов промышленных предприятий, является ОНД-86 [2].

Среди отечественных методик расчета последствий аварийных выбросов опасных веществ, отметим ГОСТ 12.3.047-98, РД 03-409-01, ПБ 09-540-03, методику оценки последствий химических аварий (методика ТОКСИ), методику

прогнозирования масштабов заражения СДЯВ на химически опасных объектах и транспорте (РД 52.04.253-90) и методику детерминированной оценки степени опасности химических объектов при прогнозировании последствий аварии (Методика СРО РЭА).

Эти методики с различной степенью детализации рассматривают такие процессы как:

- поступление опасных веществ в окружающую среду (залповое (мгновенное) и продолжительное истечение газа, жидкости или двухфазного потока из отверстий или патрубков, трубопроводов);
- распространение опасных веществ в окружающей среде (растекание по поверхности, рассеяние в атмосфере);
- фазовые переходы и химическое разложение опасных веществ (кипение, испарение, горение и взрыв);
- воздействие поражающих факторов на объекты (токсическое воздействие, воздействие волн давления, удар пламенем, осколки, термическое излучение от пожаров пролива, горящих облаков, огненных шаров).

На сегодняшний день задача описания образования и рассеивания облака тяжелого газа в условиях термической и орографической неоднородности является одной из наиболее актуальных задач в промышленной безопасности.

Использование методов численного моделирования позволяют учесть рельеф местности и наличие застройки, что не могут учесть гауссовские модели и модели рассеивания. Основанный на процессах массо-, энерго- и теплообмена данный метод позволяет учесть практически все существенные факторы, а потому метод численного моделирования является самым точным, и одновременно самым трудоемким способом для решения задач связанных с моделированием процесса рассеивания газообразных веществ [9].

Программные комплексы моделирования и расчета основных параметров образования пожаровзрывоопасных облаков газопаровоздушных смесей

В сравнении с другими известными методами исследования (статистическим наблюдением и натурным экспериментированием), моделирование опасных процессов имеет важное место.

В течение нескольких последних лет методология анализа взрывов газопаровоздушных смесей быстро развивается, особенно с использованием современных программ CFD (вычислительная газодинамика).

Прогнозирование поведения пожаровзрывоопасных газопаровоздушных смесей в атмосфере, является важной задачей на основании которой обеспечивается возможность её предотвращения или снижения последствий её воздействия на окружающую среду и человека.

Существует ряд отечественных и зарубежных программных комплексов позволяющие рассмотреть эволюцию облака газопаровоздушных смесей.

К российским программным продуктам относятся: программные разработки ВНИИГАЗа (всесторонне аттестованные по результатам соответствующих промышленных экспериментов), GAS DYNAMICS TOOL, FlowVision.

Среди зарубежных разработок следует выделить работы: Американской Газовой Ассоциации; Шелл; Бритиш Газ; Ливерморская национальная лаборатория; Газовый технологический Институт; Американское общество инженеров и химиков, и реализованные программные продукты: PHOENICS, Star-CD, PHAST, FLACS, ANSYS CFX и др.

Интенсивно развивающаяся CFD система нового поколения FlowVision находит широкое применение как в научно-исследовательских работах, посвященных изучению вопросов динамики жидкости и газа.

Использование CFD-технологий позволяют получить распределение всех газодинамических параметров во всей счетной области и в каждой отдельно взятой ячейке. Если процесс нестационарный, то при численном моделировании исследователь имеет возможность качественно и количественно проследить эволюцию изучаемого явления.

Эти преимущества сделали численное моделирование основным инструментом в исследовании сложных, нелинейных и нестационарных процессов газовой динамики.

Отметив преимущества численных экспериментов необходимо отметить и их недостатки [4]:

- значительные затраты машинного времени;
- трудность или невозможность корректной постановки граничных условий некоторых типов;
- несовместимость машинных кодов для различных операционных платформ;
- жесткие требования к оперативной памяти, быстродействию и другим характеристикам вычислительной машины;
- неустойчивость работы схем в некоторых режимах;
- сложность разработки универсальных программ, применимых для изучения различных явлений в рамках единого подхода.

Следует отметить тот факт, что при проведении инженерного анализа в силу определенной ограниченности инструментальной базы далеко не всегда удается построить обоснованный сценарий развития сложной аварии и обеспечить достоверный прогноз зон их негативного физического воздействия на окружающую среду.

Тем не менее, значение численных методов решения задач в газовой динамике [4] неуклонно возрастает. Появление новой высокопроизводительной компьютерной техники открывает огромные возможности для применения CFD-технологий в решении еще вчера казавшихся неразрешимыми проблем.

Несмотря на недостатки численных методов решения, согласно законодательства о техническом регулировании - методические материалы, будут иметь рекомендательный характер, т.е. статус стандарта. Данное положение соответствует документам Госгортехнадзора России по анализу риска [5] и декларированию промышленной безопасности, допускающим применение любых методов при условии их обоснования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Маршалл В. Основные опасности химических производств: Пер. с англ.// Под ред. Б. Б. Чайванова, А. Н. Черноплекова. М.: Мир, 1989. – 672 с.
2. Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах промышленных предприятий (ОНД-86). – Л.: Гидрометеоиздат, 1987.
3. Аварии и катастрофы. Предупреждение и ликвидация последствий. Учебное пособие. Книга 3. /Под редакцией.: В.А. Котляревского и А.В. Забегаева, М.; Изд-во АСВ, 1998 – 416 с.
4. Солодовников А.В., Тляшева Р.Р. Моделирование формирования и распространения взрывного газового облака с применением CFD-технологий // Всероссийская студенческая научно-практическая конференция “Интегрификация тепло-массообменных процессов, промышленная безопасность и экология” г. Казань, МАХП КГТУ, 2005.
5. Bjerketvedt, D., Bakke, J.R. and Van Wingerden, K. (1997) Gas explosion handbook, J. Haz. Mat., Vol. 52, no. 1, pp. 1-150
6. Козлитин А.М., Яковлев Б.Н. Чрезвычайные ситуации техногенного характера. Прогнозирование и оценка. Детерминированные методы количественной оценки опасностей техносферы: Учебное пособие/Под ред. А.И.Попова. Саратов: Саратов.гос.ун-т, 2000. – 124 с.
7. Зибаров А.В., Могильников Н.В. Применение пакета GAS DYNAMICS TOOL для численного моделирования нестационарных процессов в многокомпонентной системе газов. // Сб. Прикладные задачи газодинамики и механики – Тула, ТулГУ, 1996.
8. Защита атмосферы от промышленных загрязнений Справочник. Изд.: В 2-х ч. Ч.2 Пер с английского. /Под редакцией Калверта С., Инглунда Г.М. М.: Металлургия, 1988. – 712 с.
9. Методика расчета распространения аварийных выбросов основанная на модели рассеивания тяжелого газа //Безопасность труда в промышленности 2004. №9, С. 38-42.
10. Методические указания по проведению анализа риска опасных производственных объектов: РД 03-418-01. – введ.01.10.2001. – М., 2001. – 25 с.