

Об учете парциального давления паров при оценке последствий аварий Богач В. В.¹, Маркина Г. А.², Васьков Р. Е.³, Бодрова В. В.⁴, Карзанова Н. Ю.⁵

¹Богач Виталий Васильевич / Bogach Vitalij Vasil'evich – кандидат химических наук, доцент,
кафедра промышленной безопасности,
химический факультет,

Казанский национальный исследовательский технологический университет, г. Казань;

²Маркина Галина Алексеевна / Markina Galina Alekseevna – эксперт;

³Васьков Роман Евгеньевич / Vas'kov Roman Evgen'evich – эксперт;

⁴Бодрова Виолетта Вячеславовна / Bodrova Violetta Vjacheslavovna – эксперт;

⁵Карзанова Наталья Юрьевна / Karzanova Natal'ja Jur'evna – эксперт,
ЗАО «Центр аварийно-спасательных формирований», г. Новомосковск

Аннотация: категория взрывоопасности технологических блоков, размеры зон действия поражающих факторов определяются на основании расчета массы взрывоопасных паров и газов, выделившихся в окружающую среду в результате аварии. Авторы проводят прямую линию зависимости массы паров от парциального давления. Приведена формула определения величины массы паров в замкнутом пространстве.

Ключевые слова: парциальное давление, масса, взрыв.

Планирование мер по обеспечению безопасной эксплуатации опасных производственных объектов, снижению риска аварий, разработке мер противоаварийной защиты неразрывно связано с проведением оценки последствий возможных аварий. Согласно [1], категория взрывоопасности технологических блоков, размеры зон действия поражающих факторов определяются на основании расчета массы взрывоопасных паров и газов, выделившихся в окружающую среду в результате рассматриваемой аварии.

В соответствии с условиями технологического процесса и физико-химическими свойствами веществ, масса взрывоопасных паров и газов формируется из количества взрывоопасного вещества, находящегося непосредственно в газообразном состоянии, а также испарившегося с поверхности пролива жидкой фазы в условиях аварии.

Рассматривая в качестве источника аварии емкостное оборудование с жидкой фазой некоторого взрывоопасного вещества, исследователю в целях определения полной массы взрывоопасных паров и газов необходимо определить их количество в объеме над уровнем жидкости при заданных рабочих условиях (температуре, давлении).

При решении такой задачи нередко можно встретиться со следующими подходами:

- количеством взрывоопасных паров (газов), находящимся над жидкостью в емкости при рабочих условиях, пренебрегают, аргументируя высоким соотношением масс опасного вещества в жидкой и газовой фазах в пользу жидкости, то есть принимают массу паров (газов) равной нулю;

- массу взрывоопасных паров (газов) рассчитывают, исходя из предположения о том, что они занимают весь объем емкости, не занятый жидкостью.

Не подлежит сомнению, что первый вариант приводит к определенному снижению последствий аварий, в то время как второй – может приводить к повышению ожидаемого ущерба и вреда.

В соответствии с теорией состояния идеального газа в замкнутом объеме, масса газа прямо пропорциональна его давлению. Руководствуясь вторым вариантом, исследователь принимает условия, что объем паров (газов) равен всему свободному объему, а следовательно, давление системы полностью создается данным веществом.

В закрытой гетерогенной системе жидкость-газ наблюдается максимальное содержание вещества в газовой фазе при условии наступления равновесия процессов испарения и конденсации, таким образом, принимая, что рассматриваемая система может считаться квазиравновесной, мы также исходим из наиболее опасного сценария. Наибольшее содержание вещества в газовой фазе обуславливает максимальное давление, создаваемое им над поверхностью жидкости, которое при постоянстве температуры характеризуется величиной насыщенного давления. В соответствии с законом Дальтона [2], общее давление в системе формируется за счет парциального давления всех паров и газов. Также необходимо отметить, что давление над жидкостью может полностью определяться парциальным давлением её паров, при этом будет наблюдаться её кипение.

Таким образом, рассматривая данную систему, можно сделать вывод, что наибольшая масса паров над жидкостью будет соответствовать квазиравновесному состоянию и характеризоваться величиной давления насыщенных паров при данной рабочей температуре. Отношение парциального давления к общему представляет собой объемную или мольную долю идеального газа. Зная величину парциального

давления (в рассматриваемом случае - насыщенного давления) паров, можно определить объем, занимаемый данными парами, и, соответственно, массу паров при данных условиях.

$$m = \frac{P_H}{P_O} \times (1 - a) \times V \times \rho_r,$$

где, P_H – давление насыщенного пара при заданной температуре;

P_O – рабочее давление;

a - степень заполнения емкости жидкой фазой;

V – объем емкости;

ρ_r – плотность паров при заданной температуре и давлении.

Учитывая вышеизложенное, также следует отметить, что рассматривая аварии с проливом жидкости [3-4], нагретой до температуры ниже её кипения, в закрытом помещении, можно сделать вывод, что максимально возможное количество паров, образующихся при заданных условиях, не может превышать величины, определяемой из условия равновесия.

$$m_{\max} = \frac{P_H}{P_O} \times V_{\Pi} \times \rho_r,$$

где, m_{\max} – максимально возможная масса паров, образующихся в результате испарения жидкости при заданных условиях;

V_{Π} – свободный объём помещения, который, в соответствии с [5], может приниматься как 80 % от номинального объема.

Таким образом, при рассмотрении возможных сценариев аварий, источником которых выступает емкостное оборудование с жидкой фазой взрывоопасных веществ, или сопровождающихся проливами таких жидкостей в замкнутых объемах, наиболее полная и объективная оценка последствий может быть получена при учете парциального давления взрывоопасных паров.

Литература

1. Приказ Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору от 11.03.2013 г. № 96 «Об утверждении Федеральных норм и правил в области промышленной безопасности «Общие правила взрывобезопасности для взрывопожароопасных химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств».
2. *Ландсберг Г. С.* Элементарный учебник физики. Том 1. Механика. Теплота. Молекулярная физика. - М.: Наука, 1985. - 606 с.
3. *Юлкин И. В., Галеев А. Д., Поникаров С. И.* Основные подходы моделирования испарения с поверхности аварийного пролива / И. В. Юлкин, А. Д. Галеев, С. И. Поникаров // Вестник Казанского технологического университета. - 2013. - № 5. – С. 158-160.
4. *Гимранов Ф. М.* Прогнозирование сценариев развития аварии на нефтехимических производствах / Ф. М. Гимранов // Вестник Казанского технологического университета. - 2010. - № 5. – С. 158-161.
5. СП 12.13130.2009 «Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности».