

ОБ ОЦЕНКЕ БЕЗОПАСНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ, ОПАСНЫХ В ОТНОШЕНИИ ВЗРЫВА И ПОЖАРА

*Ковалев А.П., д.т.н., Чурсинова А.А., асс.,
Спиваковский А.В., асп.*

Под безопасностью будем понимать свойство объекта не допускать ситуаций, опасных для людей и окружающей среды.

В результате аварий и катастроф на промышленных предприятиях в СССР за период с 1989 г. по 1991 г. в среднем погибало 70249 человек. После реорганизации СССР и образования на его территории СНГ, ежегодное число человеческих жертв от промышленных аварий увеличилось в среднем в 4,7 раза.

Приведенные данные свидетельствуют о том, что одной из крупных научных проблем при работе промышленных предприятий, является создание и использование методов и средств, направленных на обеспечение безопасности технологических установок, оборудования, взрыво- и пожароопасных цехов и т.д.

Один из способов предотвращения промышленных аварий – прогнозирование их на ранней стадии зарождения.

Аварии, которые случайно появляются на промышленных предприятиях – это сложные события. Их можно рассматривать как случайный процесс совпадения в пространстве и времени конечного числа независимых простых случайных событий, имеющих различную частоту появлений и длительность существования.

Аварию, взятую как одно конкретное событие, предвидеть невозможно. Однако, наблюдения за событиями, формирующими конкретную аварию, позволяет получать зависимости, которые можно использовать, как для оценки существующего положения дел, так и для прогнозирования поведения изучаемого объекта в новых условиях. Это в свою очередь позволяет организовать деятельность людей в нужном и наиболее эффективном направлении.

Количественная оценка эффективности действия всех средств обеспечения безопасности на технологическом объекте может быть дана по вероятности или интенсивности возникновения опасных явлений (взрыв; пожар). Такие опасные явления будем называть авариями, а причины, способные вызвать эти аварии (искра, открытое пламя) – опасными источниками.

Поврежденное электрооборудование, выносящее в окружающую среду опасные источники, будем называть опасными состояниями электрооборудования, а загазованные цеха, соприкосновение горючего материала с электрооборудованием, находящимся под напряжением – опасным состоянием среды.

Под опасным состоянием автоматических средств защиты будем понимать такое их состояние, когда при случайном появлении опасного фактора в зоне их действия происходит их отказ в срабатывании.

В существующих нормативных документах регламентируется вероятность взрыва и пожара на технологических объектах [1, 2]. Производственные процессы должны разрабатываться так, чтобы вероятность возникновения взрыва на любом взрывоопасном технологическом объекте в течении года не превышала величины 10^{-6} . Вероятность возникновения пожара в электротехническом и другом единичном изделии не должна превышать величины 10^{-6} в течение и года.

Величина 10^{-6} означает, что из миллиона однотипных технологических объектов, опасных в отношении взрыва или пожара статистически допускается одна катастрофа в год. По данным академика Легасова В.А. для многих потенциально опасных производств вероятность крупной аварии в течении года оценивается величиной порядка 10^{-4} . Используя существующие нормы на вероятность появления аварий, задачу по обеспечению безопасности технологического объекта можно сформулировать следующим образом: какую статистическую информацию с исследуемого технологического объекта нужно собрать в течение времени T , чтобы определить его уровень безопасности (взрывобезопасности, пожаробезопасности), и, если он окажется ниже нормируемого (вероятность аварии в течении года больше 10^{-6}), то какие организационные и технические мероприятия нужно использовать при эксплуатации объекта, чтобы вывести его на нормируемый уровень, т.е. практически полностью исключить аварии на данном предприятии. В теоретическом плане эту проблему можно сформулировать следующим образом: разработать научные основы процесса формирования катастрофы при эксплуатации технологического объекта и получить новые зависимости вероятности взрыва (пожара) от состояния оборудования, окружающей его среды, надежности средств защиты и сроков их профилактики. Имея такие зависимости и соотношения представляется возможность определить, с помощью каких организационных и технических мероприятий можно вывести «опасные» технологические объекты на уровень действующих нормативных документов. Решение поставленной задачи и повсеместное внедрение разработанных методик и рекомендаций позволит сократить до минимума эти катастрофические явления.

Донецким государственным техническим университетом совместно с Российской академией нефти и газа им. Губкина, Российским акционерным обществом «Газпром», разработан отраслевой документ [3].

Используя разработанный документ можно прогнозировать вероятность аварии на любом промышленном объекте и разрабатывать организационные и технические мероприятия, которые позволяют их не допускать.

Интенсивность аварий можно оценить следующим образом

$$H = \frac{\prod_{k=1}^n d_k \cdot \sum_{k=1}^n \frac{1}{d_k}}{\prod_{k=1}^n \bar{d}_k}, \quad (1)$$

где \bar{d}_i, d_i – средний интервал времени между появлениями опасного состояния элемента системы длительность их существования, соответственно.

Формула (1) справедлива при условии, когда $\bar{d}_k \gg d_k$.

В случае, когда $d_n \ll d_1, d_n \ll d_2, \dots, d_n \ll d_{n-1}$ формула (1) примет вид

$$H = \frac{\prod_{k=1}^{n-1} d_k}{\prod_{k=1}^n \bar{d}_k}, \quad (2)$$

где n – число независимых событий, формирующих аварию;

\bar{d}_n, d_n – средний интервал времени между появлениями опасного источника и средняя длительность его существования, соответственно, ч;

\bar{d}_{n-1}, d_{n-1} – средний интервал времени между появлениями опасной среды и средняя длительность ее существования, соответственно, ч;

\bar{d}_{n-2} – средний интервал времени между отказом в системе защиты, реагирующей на аварийные изменения технических параметров элемента, ч;

\bar{d}_{n-3} – средний интервал времени между отказом в системе защиты, реагирующей на аварийные изменения электрических параметров элемента сети, ч;

Среднее время нахождения системы защиты в необнаруженном отказавшем состоянии определим по формуле:

$$d_k = \tau_{np,k} - \bar{d}_k \left[1 - e^{-\left(\frac{\tau_{np,k}}{\bar{d}_k}\right)} \right], \quad (3)$$

где $\tau_{np,k}$ – интервал времени между проверками k -й системы защиты, ч.

В тех случаях, когда $\frac{\tau_{np,k}}{\bar{d}_k} < 0,1$ формула (3) примет вид

$$d_k = \frac{\tau_{np,k}^2}{2 \cdot \bar{d}_k}. \quad (4)$$

Подставляя (4) в (2) получим

$$H = \frac{\prod_{k=1}^{n-2} \tau_{np,k}^2 \cdot d_{n-1}}{2^{n-2} \cdot \bar{d}_n \cdot \bar{d}_{n-1} \cdot \prod_{k=1}^{n-2} (\bar{d}_k)^2} \quad n \geq 3 \quad (5)$$

Формула (5) позволяет прогнозировать уровень безопасности на технологическом объекте при его эксплуатации и показывает с помощью каких организационных и технических мероприятий возможно вывести данное предприятие на более высокий уровень по безопасности, либо решить вопрос о его закрытии.

Информация об уровне безопасности предприятия может быть использована страховыми компаниями для решения вопроса на какую сумму следует страховать предприятие, либо о целесообразности самой страховки.

Пример. В помещении опасном в отношении взрыва работает технологическая установка. Электроснабжение этой установки осуществляется с помощью взрывозащищенного электрооборудования.

Имеем следующие исходные данные:

$\bar{d}_1 = 1200$ ч – средний интервал времени между появлением взрывчатой смеси в помещении;

$\tau_{np,1} = 24$ ч – интервал времени между замерами концентрации газозвушной смеси в помещении;

$\bar{d}_2 = 9400$ ч – средний интервал времени между появлением короткого замыкания во вводной коробке взрывозащищенного электрооборудования;

$\bar{d}_3 = 26300$ ч – средний интервал времени между отказами взрывозащиты вводной коробки взрывозащищенного электрооборудования.

Определить через какой интервал времени $\tau_{np,2}$ необходимо проверять взрывозащиту вводных коробок электрооборудования данного цеха, чтобы обеспечить уровень взрывобезопасности $H = 1,14 \cdot 10^{-10}$ ч⁻¹.

Взрыв в цехе произойдет при совпадении в пространстве и времени трех событий: появление короткого замыкания во вводной коробке оборудования; отказ взрывозащиты вводной коробки взрывозащищенного электрооборудования (зазор между фланцами выше нормы); появление в цехе взрывоопасного газа.

Используя формулу (5) для $n=3$, получим

$$H = \frac{\tau_{np,1}^2 \cdot d_2}{2 \cdot \bar{d}_3 \cdot \bar{d}_2 \cdot \bar{d}_1^2} = \frac{\tau_{np,1}^2 \cdot \tau_{np,2}^2}{4 \cdot \bar{d}_3 \cdot \bar{d}_2^2 \cdot \bar{d}_1^2},$$

где $d_2 = \frac{\tau_{bp,2}^2}{2 \cdot \bar{d}_2}$.

$$\tau_{np,2} = \frac{2 \cdot \bar{d}_1 \cdot \bar{d}_2}{\tau_{np,1}} \sqrt{H \cdot d_3} = \frac{2 \cdot 1200 \cdot 9400}{24} \sqrt{1,14 \cdot 10^{-10} \cdot 26300} = 1628 \text{ ч}$$

Следовательно, для обеспечения взрывобезопасности данного помещения, взрывозащиту целесообразно проверять один раз через 68 суток.

Список литературы

1. ГОСТ 12.1.004-91 Пожарная безопасность. Общие требования: изд-во стандартов, 1991, 85 с.
2. ГОСТ 12.1.004-76 Взрывобезопасность. Общие требования: изд-во стандартов, 1976, 6 с.
3. Ковалев А.П., Меньшов Б.Г., Белоусенко И.В. и др. Методика оценки вероятности возникновения взрывопожароопасных ситуаций в системах электроснабжения газовых промыслов, на технологических установках и в помещениях, в которых они эксплуатируются. Разработана Государственной академией нефти и газа им. И.М. Губкина, Российское акционерное общество "Газпром", Донецким государственным техническим университетом, Москва 1995, 33 с.