ВЕРОЯТНОСТНАЯ ОЦЕНКА ОСНОВНЫХ ФАКТОРОВ РИСКА

В общем случае, риск – это возможность неблагоприятного исхода в условиях неопределённости.

Экологический риск – вероятность наступления события, имеющего неблагоприятные последствия для природной среды и вызванного негативным воздействием хозяйственной и иной деятельности, ЧС природного и техногенного характера (ст. 1 Федерального закона от 10.01.2002 г. № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды»).

Риск аварии – мера опасности, характеризующая возможность возникновения аварии на ОПО и тяжесть её последствий. (РД 03-418–01 «Методические указания по проведению анализа риска опасных производственных объектов»).

Основными количественными показателями риска аварии ОПО являются:

– технический риск – вероятность отказа технических устройств с последствиями определённого уровня за определённый период функционирования ОПО;

– индивидуальный риск – частота поражения отдельного человека в результате воздействия исследуемых факторов опасности аварий;

– потенциальный территориальный риск – частота реализации поражающих факторов аварии в рассматриваемой точке территории;

– коллективный риск – ожидаемое количество пораженных в результате возможных аварий за определённый период времени;

– социальный риск, или F/N кривая – зависимость частоты возникновения событий F, в которых пострадало на определённом уровне не менее N человек, от этого числа N. Характеризует катастрофичность реализации опасностей;

– ожидаемый ущерб – математическое ожидание величины ущерба от возможной аварии за определённый период времени.

Оценка риска аварии – процесс, используемый для определения вероятности и степени тяжести последствий реализации опасностей аварий для здоровья человека, имущества, окружающей природной среды. Оценка риска включает анализ вероятности, анализ последствий и их сочетания.

Результаты анализа риска используются при декларировании промышленной безопасности ОПО, экспертизе промышленной безопасности, обосновании технических решений по обеспечению безопасности, страховании и др.

Основные методы, рекомендуемые для проведения анализа риска:

1. Методы «Проверочного листа» и «Что будет, если...?» или их комбинация относятся к группе методов качественных оценок опасности, основанных на изучении соответствия условий эксплуатации объекта или проекта требованиям промышленной безопасности.

2. «Анализ вида и последствий отказов» применяется для качественного анализа опасности рассматриваемой технической системы. Существенной чертой этого метода является рассмотрение каждого аппарата (установки, блока, изделия) или составной части системы (элемента) на предмет того, как он стал неисправным (вид и причина отказа) и какое было бы воздействие отказа на техническую систему.

Результаты анализа представляются в виде таблиц с перечнем оборудования, видом и причин возможных отказов, частотой, последствиями, критичностью, средствами обнаружения неисправности (сигнализаторы, приборы контроля и т.п.) и рекомендациями по уменьшению опасности.

3. В методе «Анализ опасности и работоспособности» исследуется влияние отклонений технологических параметров (температуры, давления и пр.) от регламентных режимов с точки зрения возможности возникновения опасности.

В процессе анализа для каждой составляющей ОПО или технологического блока определяются возможные отклонения, причины и указания по их недопущению.

4. Крупные аварии, как правило, характеризуются комбинацией случайных событий, возникающих с различной частотой на разных стадиях возникновения и развития аварии (отказы оборудования, ошибки человека, нерасчётные внешние воздействия, разрушение, выброс, пролив вещества, рассеяние веществ, воспламенение, взрыв, интоксикация и т.д.). Для выявления причинно-следственных связей между этими событиями используют логико-графические методы анализа «деревьев отказов» и «деревьев событий».

При анализе «деревьев отказов» выявляются комбинации отказов оборудования, инцидентов, ошибок персонала и нерасчётных внешних воздействий, приводящих к аварийной ситуации (рис. 7). Метод используется для анализа возможных причин возникновения аварийной ситуации и расчёта её частоты (на основе знания частот исходных событий).

Анализ «дерева событий» – алгоритм построения последовательности событий, исходящих из основного события (аварийной ситуации). Используется для анализа развития аварийной ситуации. Частота каждого сценария развития аварийной ситуации рассчитывается путём умножения частоты основного события на условную вероятность конечного события (рис. 8).

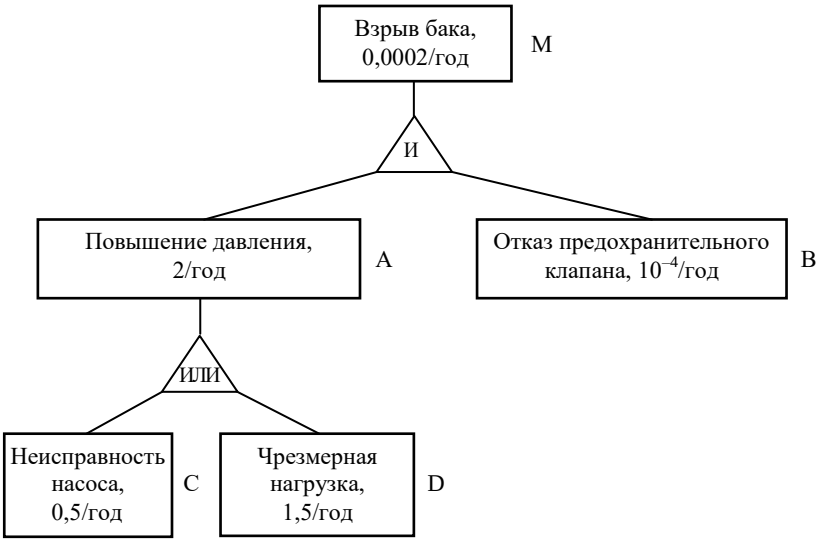

Рис. 7. Пример «дерева отказов»

Рис. 8. Пример «дерева событий»

5. Методы количественного анализа риска, как правило, характеризуются расчётом нескольких показателей риска. Проведение количественного анализа требует большого объема информации по аварийности, надежности оборудования, проведения экспертных работ, учёта особенностей окружающей местности, метеоусловий, времени пребывания людей в опасных зонах и других факторов.

При количественной оценке последствий воздействия опасных факторов аварий на ОПО и для оценки степени возможного поражения людей и разрушения зданий, сооружений по вычисленным параметрам поражающих факторов могут использоваться как детерминированные (учитывающие только величину поражающих факторов), так и вероятностные критерии (по пробит-функции, характеризующей вероятность возникновения последствий определённого масштаба в зависимости от уровня воздействия).

Детерминированные критерии устанавливают значения поражающего фактора, при которых наблюдается тот или иной уровень поражения (разрушения).

Детерминированные критерии присваивают определённой величине негативного воздействия поражающего фактора конкретную степень поражения людей, разрушения зданий, инженерно-технических сооружений.

В случае использования детерминированных критериев условная вероятность поражения принимается равной 1, если значение поражающего фактора превышает предельно допустимый уровень, и равной 0, если значение предельно допустимого уровня поражения не достигается.

Вероятностные критерии показывают, какова условная вероятность того или иного уровня поражения (разрушения) при заданном значении поражающего фактора.

Поскольку одна и та же мера воздействия может вызвать последствия различной степени тяжести, величина вероятности поражения выражается функцией Гаусса (функцией ошибок) через пробитфункцию:

$$P_{\text{пор}} = f\,[\Pr(D)]\,. \qquad (6.1)$$

Пробит-функцией принято называть функцию, обратную к интегральной функции стандартного нормального распределения. В общем случае пробит-функция имеет вид:

$$\Pr = a + b\ln D\,, \qquad (6.2)$$

где a и b – константы, зависящие от вида и параметров негативного воздействия; D – доза негативного воздействия (для оценки

воздействия теплового излучения – функция плотности, интенсивности теплового излучения и времени воздействия; для барического воздействия – избыточное давление на фронте ударной волны и импульс фазы сжатия; для токсического воздействия – концентрация токсического вещества и время воздействия).

При использовании пробит-функций в качестве зон стопроцентного поражения принимаются зоны поражения, где значение пробитфункции достигает величины, соответствующей вероятности в 90%. В качестве зон, безопасных с точки зрения воздействия поражающих факторов, принимаются зоны поражения, где значения пробитфункции достигают величин, соответствующих вероятности в 1%.

Производить количественную оценку риска аварий позволяют современные программные продукты. Программный комплекс «Русь» «Промышленная безопасность» предназначен для ведения баз данных по промышленной безопасности, формирования декларации промышленной безопасности, прогнозирования, расчёта риска и ущерба. Программный комплекс позволяет проводить анализ опасности технологической среды и параметров технологических процессов на объекте, строить сценарии, деревья событий, деревья отказов, поля потенциального риска, рассчитывать размеры взрывоопасных зон и др.

Программа «ТОКСИ» позволяет определять количество поступивших в атмосферу химических веществ при различных сценариях аварии, пространственно-временное поле концентраций химических веществ в атмосфере, размеры зон химического заражения, соответствующие различной степени поражения людей, определяемой по ингаляционной токсодозе.

Программный продукт F.O.R.S. предназначен для оценки и анализа аварийного риска химико-технологических объектов. Программный комплекс позволяет моделировать такие аварийные ситуации, как взрывы облаков топливно-воздушных смесей; пожары проливов

легковоспламеняющихся и горючих жидкостей; огненные шары; образование зон токсического поражения; образование взрывоопасных зон; растекание жидких опасных веществ с учётом реального рельефа земной поверхности (ландшафтное моделирование). Размеры зон токсического, барического и термического поражения отображаются на ситуационном плане. На основе результатов моделирования аварийных ситуаций осуществляется количественная оценка различных видов аварийного риска гибели людей: потенциального; индивидуального; коллективного; социального.

Созданный в ФЦ ВНИИ ГОЧС программно-аппаратный комплекс по прогнозированию (моделированию) последствий аварийных разливов нефти на платформе ArcGIS позволяет определить объём разлившейся нефти (нефтепродуктов), площадь загрязнения, степень загрязнения, вероятность загрязнения водных ресурсов, зоны и степень поражения населения, зданий (сооружений) при возгорании разлившихся продуктов и взрывах паровоздушных смесей.

Программа «Экспресс-оценка» позволяет определять значения глубин и площадей зон поражения людей АХОВ (смертельные, тяжёлые, средние, лёгкие, пороговые), изменение этих зон во времени; количество поражённых различной степени тяжести (динамика во времени), требуемое количество медицинских сил и средств для ликвидации последствий.