

## **КОЛИЧЕСТВЕННАЯ ОЦЕНКА ИНТЕГРИРОВАННОГО РИСКА НА ОБЪЕКТАХ ХИМИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

*Григорьева А.А., Латычевская А.А., Козлитин А.М.*

*Факультет экологии и сервиса*

*Саратовского государственного технического университета*

Расширение масштабов производственной деятельности напрямую связано с увеличением использования энергетических ресурсов и взрыво-, пожаро-, токсикоопасных веществ. В результате возрастает угроза для здоровья и жизни людей, окружающей среды и материальной сферы.

В большей степени это имеет отношение к сложным техническим системам, в которых применяются высокие температуры и давления, так же используются взрыво-, пожаро-, токсикоопасные вещества.

Вследствие этого возможен рост числа аварий с большими социальными, экономическими и экологическими последствиями.

За последнее столетие количество аварий с тяжелыми последствиями не уменьшается. В 1984 году в индийском городе Бхопал произошла утечка газа - метилизоцианата. В результате более 500 человек погибли от прямого воздействия газа. В 1989 в районе железной дороги Аша-Уфа вследствие взрыва нефтяного газа погибло 575 человек.

Помимо угроз здоровью и жизни людей промышленные аварии наносят непоправимые последствия окружающей среде и материальной базе производств. Решение данной проблемы имеет большую сложность в том, что включает комплекс вопросов — технических, социальных, экологических, правовых, экономических.

Обеспечение безопасности населения и объектов народного хозяйства является одной из главных функций любого государства. До настоящего времени использовалась концепция «абсолютной надежности» или «нулевого риска», которая оказалась недостижимой.

На ликвидацию негативных последствий аварий требуются усилия и средствазначительно превышающие первоначальные. Главным образом необходимы профилактические меры и прогнозирование возможных аварий. Для того чтобы использовать на практике прогнозные оценки возможности возникновения и развития аварий на опасных производственных объектах (ОПО) необходимо иметь меру опасности. В качестве такой меры в последние десятилетия в научной литературе и нормативных документах введено понятие техногенного риска

Рассмотрим более подробно проблему анализа и количественной оценки риска аварий на объектах химической промышленности на примере производства нитрил акриловой кислоты реального предприятия ООО «Саратоворгсинтез».

Наиболее значимыми факторами, влияющими на показатели риска для данного предприятия, являются: большие количества, токсичные и взрывопожароопасные свойства обрабатываемых опасных веществ; используемые

сложные технологии условия эксплуатации оборудования (высокое давление и температуры, большие объемы хранения, высокие скорости перемещения по тру-бопроводам и т.д.); надежность используемого оборудования и систем противоаварийной защиты; профессиональная и противоаварийная подготовка персонала.

Основной составляющей частью предприятия является емкостное оборудование. Разрушения одного из наиболее крупных емкостных аппаратов может привести к интоксикации персонала и населения, воздействие ударной волны и теплового излучения на персонал и соседнее оборудование.

Учитывая особенности химических объектов, использующих в производстве взрыво-, пожаро- и токсикопасные вещества, при аварийном выбросе которых причиняется комплексный ущерб – социальный, материальный, экологический – необходимо иметь комплексную меру опасности. В качестве такой меры для исследования уровня опасности на производстве нитрил акриловой кислоты мы предлагаем использовать интегрированный риск, теоретически обоснованный в работах д.т.н. Козлитин А.М.

В основу математической модели интегрированного риска положены формулы математического ожидания соответствующих потерь (ожидаемый ущерб). Ущерб определяется типом создаваемой опасности и видом реципиента воздействия. Учитывая сказанное, представим математическую модель интегрированного риска:

$$R(Y_{\Sigma}) = R(Y_C) + R(Y_M) + R(Y_{\text{э}}), (1)$$

где  $R(Y_C)$  - риск социального ущерба (коллективный риск),  $R(Y_M)$  - риск материального ущерба (материальный риск),  $R(Y_{\text{э}})$  - риск экологического ущерба (экологический риск).

В рамках данной статьи для характеристики тяжести последствий реализации опасности с выбросом нитрил акриловой кислоты (НАК) наиболее подробно рассмотрим понятие риска социального ущерба  $R(Y_C)$  – математическое ожидание людских потерь или коллективный риск в интерпретации РД 03-418-01, выраженный в стоимостном эквиваленте человеческой жизни

$$\begin{cases} R(Y_C) = \sum_{s=1}^m R(E_C)_s \cdot Y_C, (2) \\ Y_C = N \cdot P(N) \cdot ЦСЖ \end{cases}$$

где  $R(E_C)_s$  - потенциальный риск поражения индивидуума на рассматриваемой территории, вследствие воздействия s-го поражающего фактора (избыточное давление, токсодоза, тепловое излучение); N - количество людей в рассматриваемых элементарных площадках территории;  $P(N)$  - вероятности нахождения данных людей на рассматриваемой территории;  $Y_C$  - социальный ущерб в денежном исчислении поражения индивидуума (летальный исход); ЦСЖ - цена стоимости жизни человека.

Стохастическая (вероятностная) составляющая ожидаемой потери, то есть потенциальный риск, описывает вероятность неблагоприятного события. Определение потенциального риска включает в себя такие аспекты, как

вероятность возникновения аварии  $\lambda_A$ , вероятность развития аварии  $P_A$  в сложной технической системе и вероятность поражения реципиента риска  $P(\Gamma)$  в рассматриваемой точке территории

$$R(E_C) = \lambda_A \cdot P_A \cdot P(\Gamma). (3)$$

Нахождение вероятности возникновения аварии  $\lambda_A$  является сложным процессом, поэтому в основу метода анализа сложной технической системы как источника аварийных выбросов нами положен метод статистических испытаний Монте-Карло [4].

Данный метод позволяет генерировать значительную по объему выборку случайных величин, определяющих распределение масс аварийных выбросов из резервуара хранения нитрил акриловой кислоты на объекте. На основе полученной случайной выборки оцениваются параметры модели (гипотетической функции распределения) и определяется модель плотности распределения массы аварийных выбросов  $f(M)$ .

Функция  $f(M)$  – важная характеристика технической системы, определяющая опасность объекта, как источника аварийных выбросов, кривой плотности распределения относительных частот, построенной для различных сценариев аварии с учетом их вероятности. На основе данной функции определяется вероятность возникновения аварии  $\lambda_A$  -технический риск

$$\lambda_A = \int_{M \in [\alpha, \beta]} f(M) dM, (4)$$

где  $\alpha, \beta$  - пределы изменения массы аварийного выброса, т.е. вероятность отказов рассматриваемого технического устройства или системы с последствиями определенного уровня за определенный период функционирования опасного производственного объекта, как правило, за год.

На основе (4) вероятность возникновения аварии в производстве НАК на заводе ООО «Саратоворгсинте» для массы аварийного выброса нитрил акриловой кислоты 46,7 составит  $\lambda_A = 7,94 \times 10^{-4}$  1/год.

Вероятность поражения реципиента в рассматриваемой точке территории описывается распределением Вейбулла или распределением Гаусса-Лапласа, которые принято называть параметрическими законами поражения.

Разрушение одного крупного емкостного аппарата наружной установки с нитрилакриловой кислотой приводит к выбросу аварийно химически опасного вещества с образованием ядовитого облака паров нитрилакриловой кислоты.

Расчет частоты событий проведен с использованием метода деревьев событий.

На основе полученных данных и в соответствии с физико-математическими моделями и методами расчета определяются величины потенциального, индивидуального, коллективного, социального, материального и экологического рисков аварий.