

УДК. 614.8

## ОЦЕНКА ИНДИВИДУАЛЬНОГО РИСКА ОТ НАИБОЛЕЕ РАСПРОСТРАНЕННЫХ ПОТЕНЦИАЛЬНО ОПАСНЫХ ОБЪЕКТОВ

Ильюшонок А.В., к.ф.-м.н., доцент

*Risk assessment methodology is discussed for hazards created by petrol filling stations, ammonia refrigeration facilities, liquefied hydrocarbon gas installations, and chlorine storages. Risk is determined by the product of accident probability and of extent of damage. The probability is evaluated from the object structure and logic of accident development. On the basis of data on equipment components failures and possible accident scenarios, risks for the groups of objects under consideration are estimated.*

(Поступила в редакцию 30 марта 2008 г.)

### ВВЕДЕНИЕ

Аварии и катастрофы последнего времени приводят к выводу: двигаясь по пути технического прогресса, человек подвергает себя все возрастающему риску. Техносфера, созданная человеком для защиты от внешних воздействий, сама становится источником опасности. Общепринятой количественной мерой уровня опасности, создаваемой технологическим объектом, является оценка риска [1, 2]. Оценка риска позволяет дифференцировать техногенные объекты по уровню потенциальной опасности, которую они представляют для человека и окружающей природной среды.

Республика Беларусь относится к странам с высоким уровнем топливно-энергетического и химического производства, разветвленной сетью предприятий, которые производят, хранят или используют в технологических процессах аварийно химически опасные вещества (АХОВ). Наиболее распространенными группами потенциально опасных объектов для нашей страны являются: автозаправочные станции (АЗС), аммиачные установки, товарно-сырьевые парки со сжиженными углеводородными газами (СУГ), склады с хлором. На территории республики примерно на 500 объектах используется аммиак, примерно на 100 – хлор, функционирует около 620 АЗС общего пользования.

На сегодняшний день общепринятым определением риска аварии является произведение вероятности аварии на ущерб от нее [1–4]. Если в течение года на объекте может произойти  $k$  опасных событий, то соотношение для оценки риска имеет вид:

$$R = \sum_{i=1}^k Q_i \cdot w_i, \quad (1)$$

где  $Q_i$  – вероятность наступления в течение года  $i$ -го опасного события;  
 $w_i$  – возможный ущерб от  $i$ -го события.

В случае оценки индивидуального риска под величиной ущерба  $w_i$  понимается вероятность гибели человека в результате воздействия таких поражающих факторов, как избыточное давление, развиваемое при сгорании газо- или паровоздушных смесей, тепловое излучение при сгорании веществ и материалов, первичное и вторичное облако загрязненного АХОВ воздуха при выбросе и проливе АХОВ. Такая вероятность определяется с использованием пробит-функций [1, 3, 4].

Нормативная документация [5] рекомендует определять вероятность возникновения аварии на опасном объекте на основе статистических данных, для чего требуется репрезентативная статистическая выборка о количестве аварий на том или ином объекте

(группе объектов) за предшествующий период времени. Считая аварии независимыми событиями, распределенными по биномиальному закону, можно показать [6], что относительная ошибка при определении вероятности возникновения аварии по ее частоте определяется следующим выражением:

$$\varepsilon = \frac{1}{\sqrt{\lambda mn}}, \quad (2)$$

где  $\lambda$  – вероятность аварии на объекте в течение года;

$m$  – количество объектов, за которыми осуществляется наблюдение;

$n$  – число лет, в течение которых это наблюдение происходит.

Если положить, что вероятность аварии на объекте, использующем аммиак ( $m \approx 500$ ), составляет  $10^{-4}$ , то для оценки этой вероятности даже со 100%-й ошибкой требуются статистические данные за 20 лет. Следует обратить внимание, что рассчитанное на основании таких данных значение  $\lambda$  не будет нести значимой информации о вероятности аварии на конкретном объекте, потому что наблюдаемые объекты не являются однотипными. При выборе информации об однотипных объектах их количество будет существенно меньше 500, и, следовательно, необходимы статистические данные за временной интервал, превышающий 20 лет в несколько раз. Такие данные отсутствуют уже по той причине, что срок эксплуатации исследуемых объектов составляет примерно 30–40 лет.

Отсутствие репрезентативной статистики по наиболее распространенным в Республике Беларусь группам потенциально опасных объектов требует другого подхода для определения вероятности аварии на них. Для таких объектов вероятность рассчитывается исходя из структуры объекта и логики развития процессов в ходе аварии [2] (теоретико-вероятностная методика определения риска). Для расчета вероятности по такой методике требуются статистические данные по отказам элементов оборудования (емкости, трубопроводы и т. д.) и развитию аварии по той или иной ветви (например, возникновение пожара-пролива или огненного шара).

Анализ риска для АЗС с наземным резервуаром выполнен в работе [7]. Выполненные на основе данного анализа оценки риска показывают, что для АЗС с подземным резервуаром основную опасность представляет собой стадия приема топлива от автоцистерны в резервуар. Поэтому для таких АЗС при оценке риска достаточно рассматривать только стадию приема топлива. Для АЗС с наземным резервуаром при оценке риска также необходимо учитывать стадию хранения топлива.

Оценка риска, создаваемого товарно-сырьевым парком с СУГ, осуществлена в работе [8]. После выброса СУГ в атмосферу развитие аварии возможно по трем ветвям: образование огненного шара, горение пролива и сгорание облака с развитием избыточного давления. На рисунках 1 и 2 приведена зависимость индивидуального риска от расстояния до места аварии для резервуара с СУГ. Основную опасность на ближних расстояниях представляет развитие аварии с возникновением огненного шара, а на дальних – сгорание облака с развитием избыточного давления.

Для аммиачных установок и складов с хлором наибольшую опасность представляют аварии, связанные с полной разгерметизацией резервуаров и трубопроводов, расположенных на открытых площадках [6]. На рисунке 3 приведена зависимость индивидуального риска при выбросе хлора от расстояния в направлении ветра до места аварии. Расчет полей концентрации хлора осуществлен на основании методики [9]. Распределение полей концентрации АХОВ, а следовательно, и рисков, существенно зависит от метеоусловий на момент аварии: скорости и направления ветра, температуры воздуха и т. д. Поэтому для анализа пространственного распределения риска, создаваемого химическими объектами,

необходимо производить усреднение по различным среднестатистическим метеоусловиям, определяемым на основании многолетних наблюдений. Для расчета использованы метеорологические данные за период 1970–2000 гг. На основании этих данных определены: средняя скорость ветра – 2,7 м/с, среднегодовая вероятность наблюдения инверсии – 0,27, изотермии – 0,73.

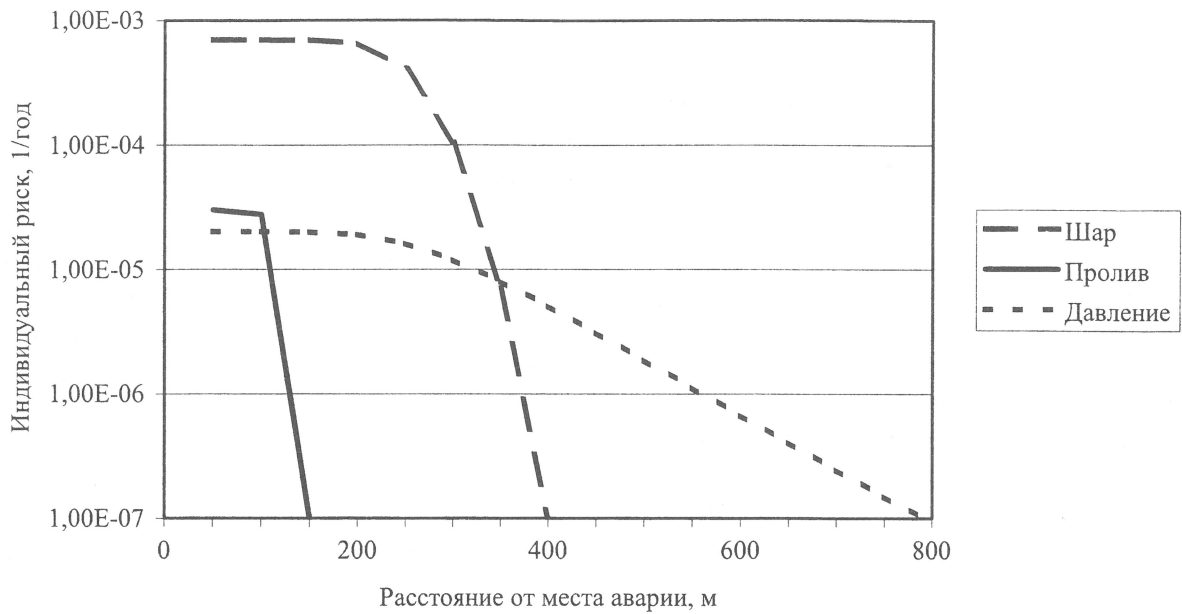


Рисунок 1 – Индивидуальный риск для разных ветвей развития аварии при разгерметизации резервуара с СУГ

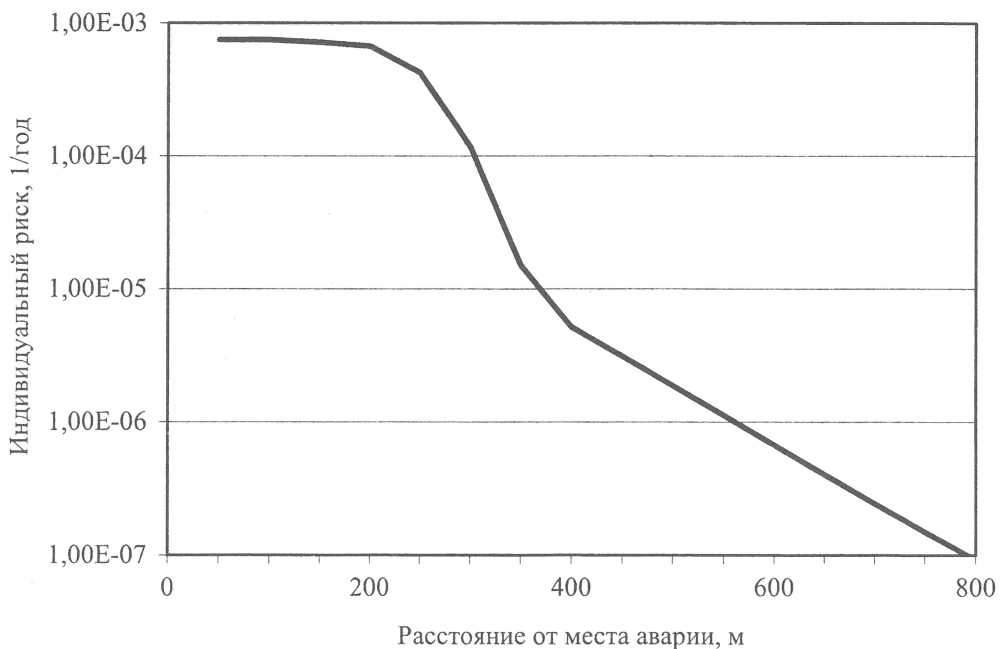


Рисунок 2 – Суммарный индивидуальный риск при разгерметизации резервуара с СУГ

Для построения поля рисков необходимо осуществить суммирование рисков для всевозможных состояний параметров окружающей среды (направления и скорости ветра) с учетом вероятностей наблюдения данных параметров, что требует применения ГИС-технологий. В настоящее время в рамках выполнения задания 2 «Разработка математических моделей, методик и программных средств для прогнозирования последствий аварий и оценки техногенных рисков от химико-технологических объектов» (МЧС 02) Государственной программы прикладных научных исследований «Разработка и обоснование системы мер для снижения рисков и смягчения последствий чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера в Республике Беларусь» завершается разработка пакета компьютерных программ, опирающихся на геоинформационную систему, для расчета величины индивидуальных рисков от объектов химико-технологического комплекса (аммиачных установок и складов с хлором). Разрабатываемый программный пакет позволит осуществлять построение карт распределения рисков от химико-технологических объектов.

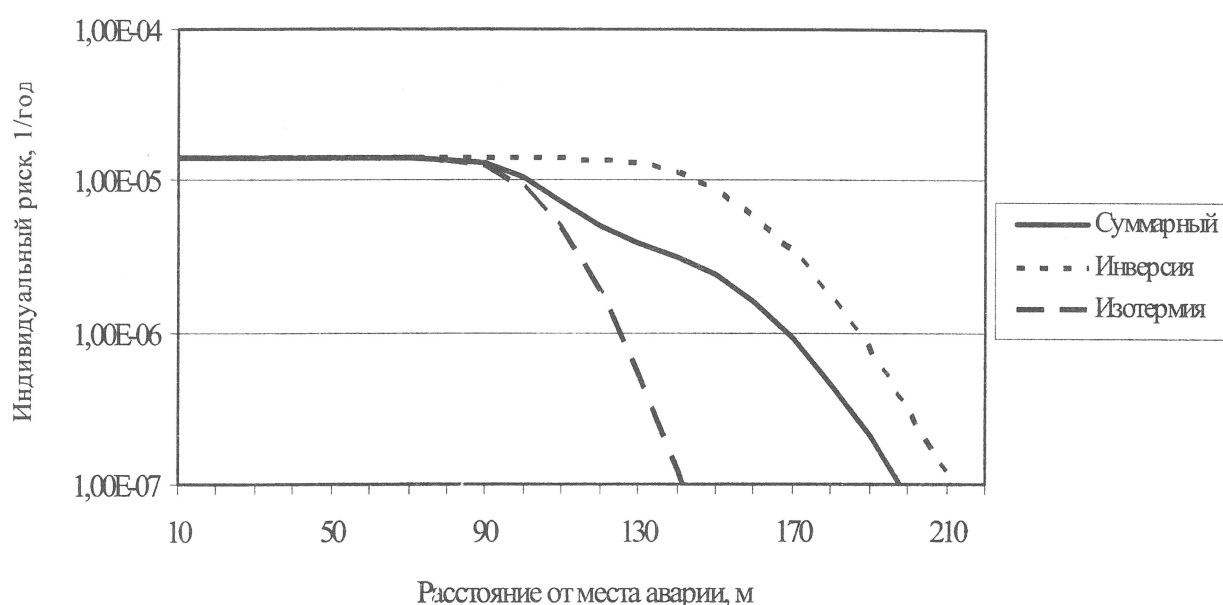


Рисунок 3 – Индивидуальный риск при выбросе хлора

## ЛИТЕРАТУРА

1. Колодкин, В.М. Количественная оценка риска химических аварий / В.М. Колодкин [и др.]. – Ижевск, 2001.
2. Акимов, В.А. Природные и техногенные чрезвычайные ситуации: опасности, угрозы, риски / В.А. Акимов, В.Д. Новиков, Н.Н. Радаев. – М., 2001.
3. Владимиров, В.А. Оценка риска и управление техногенной безопасностью / В.А. Владимиров, В.И. Измалков, А.В. Измалков. – М., 2002.
4. Шахраманьян, М.А. Новые информационные технологии в задачах обеспечения национальной безопасности России (природно-техногенные факторы) / М.А. Шахраманьян. – М., 2003.
5. Нормы пожарной безопасности Республики Беларусь. Категорирование помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности: НПБ 5-2005. – Введ. 01.07.06. – Минск, 2006.

6. *Ильюшонок, А.В.* Оценка вероятности возникновения аварии на объектах химико-технологического комплекса / А.В. Ильюшонок, С.А. Лодята // Чрезвычайные ситуации: предупреждение и ликвидация. – 2007. – № 1 (21). – С. 36–44.
7. *Шебеко, Ю.Н.* Анализ индивидуального риска пожаров и взрывов для автозаправочной станции с наземным резервуаром / Ю.Н. Шебеко [и др.] // Пожаровзрывобезопасность. – 1998. – № 4. – С. 31–37.
8. *Дмитриченко, А.С.* Оценка риска, создаваемого товарно-сырьевым парком со сжиженными углеводородными газами / А.С. Дмитриченко, А.В. Ильюшонок, С.А. Лодята // Вестн. Командно-инженер. ин-та МЧС Респ. Беларусь. – 2005. – № 2. – С. 54–63.
9. Методика оценки последствий химических аварий (Методика «Токси». Редакция 2.2) // Методики оценки последствий аварий на опасных производственных объектах: Сб. док. – Сер. 27, вып. 2. – М., 2001. – С. 121–204.