

## МОДЕЛЬ ОЦЕНКИ РИСКА ВОЗНИКНОВЕНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ КАТАСТРОФЫ В РЕЗУЛЬТАТЕ ПОЖАРА

к.т.н. И.А. Чуб, д.ф.-м.н., проф. М.В. Новожилова

*Предлагается методика количественной оценке риска негативного воздействия пожара и его последствий на окружающую среду. Рассматривается возникновения экстремальной ситуации в результате загрязнения атмосферы и подстилающей поверхности аэрозольными выбросами пожара.*

**Постановка проблемы.** Анализ крупнейших чрезвычайных ситуаций, происшедших за последние 25 лет и приведших к катастрофическим экологическим последствиям, показывает, что мы сталкиваемся в основном с авариями, имеющими техногенную природу. К ним принадлежат прорывы плотин, крупные аварии на транспорте, а также пожары и взрывы на индустриальных объектах.

Согласно статистическим данным, экологические последствия крупных пожаров на химических предприятиях, объектах по хранению химических веществ, в том числе минеральных удобрений, пестицидов и т.п. в региональном масштабе могут быть катастрофическими. Негативное воздействие таких пожаров на окружающую среду является многогранным – в атмосферу выбрасывается огромное количество высокотоксичных продуктов горения и тепловой деструкции, которые, оседая, заражают большие площади земной поверхности, нередко происходит отравление природных водоемов сточными водами от тушения. Поэтому анализ и оценка риска воздействия пожара и его последствий на окружающую среду является актуальной и важной научной задачей.

**Анализ публикаций.** На сегодняшний день имеется значительное число научных работ, посвященных анализу, моделированию и оценке риска возникновения техногенных, экологических и социальных катастроф. В [1] рассматриваются и количественно определяются для различных регионов страны такие типы индивидуальных рисков возможного воздействия пожара на человека: показатель  $r_2$  [жертва/пожар], то есть риск погибнуть на пожаре; показатель  $r_3$  [жертва/человек], – риск погибнуть от пожара, показатель  $r_1$  [жертва/год] – риск ежегодно столкнуться с пожаром.

В книге [2] рассматриваются основы математической теории безопасности и риска, стратегии и практики управления рисками на основе опыта, накопленного МЧС России. Анализируются этапы обеспечения безопасности сложных систем – теория абсолютной надежности, вероят-

тностный (статистический) подход к анализу надежности сложных систем, комплексный анализ риска в социально-технических системах, основой которого служат концепции, идеи и методы нелинейной динамики, в частности используется теория самоорганизованной критичности как универсальный механизм катастроф, теория клеточных автоматов. В работах [3 – 5] дан анализ существующих подходов к моделированию рисков возникновения негативных влияний техносферы на окружающую среду, приведено несколько моделей оценки риска экологических и техногенных катастроф, основанных на методах теории катастроф, модели мировой динамики. В работе [6] рассмотрен программный комплекс, в котором реализован подход к оценке эффективности мероприятий по ликвидации последствий загрязнения окружающей среды, определения оптимальных соотношений выгоды/затраты, основывающийся на использовании методов математического моделирования. Однако, несмотря на все многообразие литературы, посвященной разработке математических моделей и методов исследования рисков техногенных и экологических катастроф, вопросам рассмотрения пожара как фактора негативного воздействия на окружающую среду и оценки риска этого воздействия в уделено недостаточно внимания.

**Формулирование целей исследования.** Анализ публикаций показывает, что в настоящее время отсутствует единая концепция анализа и оценки риска негативного воздействия пожара и его последствий на окружающую среду. Основными причинами такой ситуации являются следующие:

- многообразие факторов влияния пожара на окружающую среду (экологически опасных факторов пожара) и их различная физическая природа. Эти факторы не только количественно несоизмеримы, но и качественно разнородны;
- многообразие параметров, характеризующих состояние окружающей среды, и сложная зависимость их изменения от уровня и характера воздействия экологически опасных факторов пожара;
- неоднозначность критериев определения критического (экстремального) уровня воздействия экологически опасных факторов пожара на окружающую среду;
- необходимость учета влияния изменений экологической ситуации в регионе на экономическую и социальную сферы.

Большое количество экологически опасных факторов пожара (ЭОФП), наличие сложных взаимозависимостей между ними создают дополнительные трудности не только при их идентификации, но и определении степени влияния на состояние окружающей среды. Поэтому из всего многообразия ЭОФП мы будем рассматривать загрязнение приземного слоя атмосферы и подстилающей поверхности продуктами горения. Таким образом, *целью настоящей статьи является выработка возможного подхода к количе-*

ственной оценке риска возникновения экстремальной ситуации в результате загрязнения окружающей среды выбросами пожара.

**Формализация понятия риска загрязнения окружающей среды выбросами пожара.** Количественной характеристикой воздействия некоторого дестабилизирующего фактора  $\mathfrak{Z}_i$  на состояние системы  $S$  является показатель риска  $\mathfrak{R}$ , с которым дестабилизирующий фактор может перейти из потенциально допустимого состояния  $\mathfrak{Z}_i^N$ , соответствующего устойчивому состоянию системы, в экстремальное (критическое)  $\mathfrak{Z}_i^E$ , выводящее систему из этого состояния. Количественно показатель риска в общем случае находится по формуле

$$\mathfrak{R} = W_i P(\mathfrak{Z}_i), \quad (1)$$

где  $W_i$  – величина отклонения состояния системы  $S$  от равновесного;  $P(\mathfrak{Z}_i)$  – вероятность появления дестабилизирующего фактора  $\mathfrak{Z}_i$ .

При анализе экологического воздействия пожара в качестве дестабилизирующего фактора будем рассматривать загрязнение окружающей среды продуктами горения – ЭОФП. Без потери общности предположим, что выбросы пожара имеют в своем составе лишь одну загрязняющую примесь. Количественно величина ЭОФП в этом случае определяется максимальным значением концентрации загрязняющей примеси  $C_{MAX}$  в пределах некоторой контролируемой области  $\Omega$  (экологически значимая зона), а вероятность  $P(\mathfrak{Z}_i)$  представляет собой вероятность возникновения пожара, выбросы которого создают в области  $\Omega$  концентрационное поле загрязняющей примеси с максимальным значением  $C_{MAX}$ .

Выделим три возможных уровня загрязнения окружающей среды выбросами пожара, соответствующих характерным значениям величины концентрации  $C_{MAX}$ :

– *нормальный уровень.* Максимальная концентрация в  $\Omega$  загрязняющей примеси от пожара не превышает среднего значения концентрации, создаваемой в  $\Omega$  источниками иной природы. Другими словами, величина  $C_{MAX}$  находится в пределах фонового уровня. Для устранения последствий такого загрязнения специальные меры не требуются;

– *допустимый уровень.* Величина  $C_{MAX}$  сравнима с величиной ПДК для данной примеси. Загрязнение такого уровня сопровождается ущербом. Уровень затрат, необходимых для устранения его последствий, не выходит за пределы ресурсов региона;

– *экстремальный (катастрофический) уровень.* В этом случае величина  $C_{MAX}$  соответствует уровню загрязнения, для устранения последствий которого ресурсов региона недостаточно. Это уровень экологической катастрофы.

Параметр  $W_i$  в формуле (1) может быть определен из следующих соображений. Для экономических систем  $W_i$  представляет собой, как

правило, потери (ущерб, убытки) системы от действия дестабилизирующего фактора  $\Xi_i$ . В случае загрязнения окружающей среды выбросами пожара было бы более удобно характеризовать риск не убытками от загрязнения (и затратами на ликвидацию последствий загрязнения), а величиной  $S_{\text{MAX}}$ , которая непосредственно определяет уровень убытков (и затрат). Однако такой интегральный показатель не позволяет оценить степени воздействия экологически опасных факторов пожара на устойчивость экологической системы (уровень экологической безопасности). Необходимо рассматривать не только абсолютное значение дестабилизирующего фактора, но и определить влияние его относительного изменения на общий уровень экологической безопасности, т.е. чувствительность системы к его относительному изменению.

**Выводы.** Таким образом, при анализе общего уровня безопасности производственной системы, в состав которой входят источники техногенной опасности (например, пожароопасные объекты) необходимо не только определять величины индивидуальных рисков, но и оценивать возможный уровень негативного влияния на окружающую среду последствий чрезвычайной ситуации техногенного характера.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Національна доповідь про стан техногенної та природної безпеки в Україні у 2003 році.* – К., 2004. – 672 с.
2. *Владимиров В.А., Воробьев С.С. Управление риском: Риск. Устойчивое развитие. Синергетика.* – М.: Наука, 2000. – 431 с.
3. *Урсул А.Д. Экологическая безопасность: развитие, проблемы, перспективы // Социально-политические науки.* – 2002. – № 12. – С. 3 – 11.
4. *Фальцман В.В. Экономика техногенной и природной безопасности // Вопросы экономики.* – 1992. – № 1. – С. 19 – 30.
5. *Качинський А.Б. Концепція ризику у світлі екологічної безпеки України.* – К.: Ін-т стратегічних досліджень, 1993. – 49 с.
6. *Михалевич В.С., Яненко В.М., Атоев К.Л. Информационная система для оценки риска экологических катастроф // Моделирование функционального состояния организма и управление им.* – К.: Ин-т кибернетики им. В.М. Глушкова НАН Украины. – 1993. – С. 52 – 74.

Поступила 7.09.2004

**ЧУБ Игорь Андреевич**, канд. техн. наук, доцент, доцент Академии гражданской защиты Украины. В 1981 году окончил факультет электроники ХИРЭ. Область научных интересов – системный анализ, оптимизация размещения источников физических полей, вопросы воздействия пожара на окружающую среду.

**НОВОЖИЛОВА Марина Владимировна**, доктор физ.-мат. наук, профессор, профессор Харьковского государственного технического университета строительства и архитектуры. В 1984 году окончила факультет вычислительной техники ХИРЭ. Область научных интересов – математическое моделирование, вычислительные методы, обработка геометрической информации.