

**ОЦЕНКА ТЕХНОГЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ**

Топоров А.А., Парфенюк А.С., Власов Г.А.

(ДонНТУ, Донецк, Украина)

*В статье представлены основные направления оценки техногенной безопасности технологических комплексов и предложен ряд комплексных критериев, использующих энергетический и информационный подходы.*

В настоящее время в связи с увеличением энергопотоков и усложнением современных комплексов технологического оборудования и повышением общего уровня требований безопасности возникает необходимость оценки их техногенной опасности /1/. Как правило, в таких технологических объектах создают условия, которые значительно отличаются от условий окружающей среды (давления, температуры, концентрации веществ, действующих нагрузок, напряжений и т.п.). Неравновесное состояние или наличие разности потенциальных величин внутри и снаружи объекта, делает технологический объект в той или иной степени потенциально опасным. При возникновении цепочки неблагоприятных событий растет вероятность неконтролируемого высвобождения накопленного потенциала, что может привести к возникновению техногенно опасных ситуаций и аварий. К техногенно опасным ситуациям относят такие изменения в функционировании и структуре технического объекта, которые могут вызвать нарушения технологического режима, уменьшение уровня надежности ниже заданной величины, появлению возможностей выбросов, утечек, возгорания, взрывов, а также нанесения ущерба человеку, окружающей среде и другим техническим объектам.

Для современных технологических комплексов ситуация осложняется тем, что большинство из них исчерпали ресурс, и деградация продолжается, зачастую не учитываются взаимовлияние близрасположенного оборудования и т.д. /2/. Существующие методики оценки уровня опасности технологических комплексов, в основном, основаны на экономических показателях и направлены на оценку риска, что не дает достаточных обоснований для принятия решений при проектировании таких объектов.

Для эффективной оценки уровня безопасности технологических комплексов необходимо решить ряд задач:

- представление технологического комплекса в обобщенном виде;
- выбор комплексного, пригодного для различных по типу объектов, критерия;
- оценка деградации объекта на всех стадиях его работы;
- определение показателей опасности;
- зонирование территории по уровням опасности;
- оптимизация структуры и работы комплекса.

Весьма показательной составляющей техногенной безопасности является уровень производственного травматизма, который зависит от многих факторов, среди которых можно выделить специфику и уровень организации производства, характер труда и профессиональную подготовку рабочего персонала, степень опасности различных зон производственной территории, зависящую во многом от уровня изношенности оборудования, контроль за безопасностью со стороны администрации и инженерных служб.

Так, например, на основе статистической информации службы охраны труда и техники безопасности коксохимического производства был проведен комплексный анализ травматизма в коксовых цехах, который позволил установить основные причины опасностей, наиболее опасные профессии и опасные зоны на территории коксового цеха. В результате обработки статистической информации установлено, что наиболее травмоопасными профессиями являются (в %): деревянные – 26, слесари-ремонтники – 18, люковые и барильетчики – 16, машинисты коксовых машин – 8 %, ИТР. На десяток других профессий приходится – 32 %.

Наиболее типичные причины травматизма(в %): нарушение соответствующих инструкций и правил по технике безопасности – 54, нарушение технологии процесса – 12,

конструктивные недостатки механизмов, машин и конструкций – 10, неисправности механизмов и машин – 10, другие причины – 14.

Последствия травматизма следующие: лёгкие травмы – 36, тяжёлые травмы – 33, смертельные травмы – 26, групповые травмы – 5. В /3/ представлены описания наиболее характерных аварийных и травмоопасных ситуаций в коксовом цехе и предложены мероприятия по их предотвращению.

Одним из наиболее эффективных путей изучения процесса функционирования сложных технических объектов является системный анализ /4/. В соответствии с принципами системного анализа любой техникой объект можно представить как систему - совокупность элементов, обладающих связями и свойствами, которых не было до объединения элементов в систему. Учет современных требований к уровню безопасности при системном подходе, требует рассмотрения видов возможных изменений в структуре системы и ее функционировании, а также причины их вызывающих. Для оценки общего состояния системы представляется целесообразным принять информационную энтропию, которая для систем с непрерывным изменением величины параметров принимает вид:

$$H = - \int p_i(x) \log p_i(x) dx,$$

где  $p_i(x)$  - вероятность состояния  $x$  для  $i$ -го параметра.

При определении уровня опасности представляется целесообразным основываться на технических параметрах, характеризующих объект. Эти параметры можно разбить на три группы: физические, отражающие физические свойства объекта; химические, характеризующие химические свойства среды в объекте и геометрические, отражающие соотношения характерных размеров объекта. К физическим параметрам можно отнести перепад давлений внутри и снаружи объекта  $\Delta P$ , разность температур внутри и снаружи объекта  $\Delta T$ , величина общей кинетической энергии движущихся частей в объекте  $E$ . К химическим параметрам относят количество химически активного вещества в объекте  $V$  и его предельно допустимые концентрации (ПДК). Если вещества в объекте являются пожаро- и взрывоопасными, то вместо ПДК используется величина минимальной взрывоопасной концентрации. К геометрическим параметрам относят объем объекта  $V_0$ , гидравлический радиус  $R$  и периметр  $\Pi$  стыковочных узлов, величина удельной поверхности объекта  $A$ .

На основании этих технических параметров разработан ряд показателей влияющих на уровень опасности  $U$  технических объектов. В общем виде уровень  $U$  определяется по формуле:

$$U = P * Q * V,$$

где  $P$  - показатель потенциала опасности;  $Q$  - показатель состояния объекта (вероятность реализации потенциала опасности);  $V$  – уровень тяжести последствий.

Для техногенной зоны уровень техногенной опасности можно определить по формуле:

$$P_L = \frac{P * \varphi}{L^3},$$

где:  $\varphi$  - коэффициент, зависящий от среды распространения опасного техногенного воздействия;  $L$  - расстояние от объекта до рассматриваемой точки пространства.

Если в пространстве техногенной зоны находится несколько техногенно-опасных объектов то уровень техногенной опасности в каждой точке пространства определяется как:

$$P_L = \sum P_{Li},$$

При создании технических объектов обычно рассматриваются несколько вариантов их конструкций. В этих условиях возникает необходимость определения наилучшего варианта, т.е. оптимального.

В качестве показателя, позволяющего оценить уровень техногенной опасности производства (объекта), на этапе его эксплуатации, может быть принят критерий уровня опасности объекта ( $U$ ), который состоит из произведений показателей потенциала опасности и состояния.

Условно уровень  $U$  подразделен на шесть подуровней: состояние объекта оценивается как отличное – 1; хорошее – 2; нормальное – 3; опасное – 4; аварийное – 5, катастрофическое – 6.

$$U = \left. \begin{array}{l} 1, \text{ если } P \cdot Q \cdot V \leq n_1; \\ 2, \text{ если } P \cdot Q \cdot V \leq n_2; \\ 3, \text{ если } P \cdot Q \cdot V \leq n_3; \\ 4, \text{ если } P \cdot Q \cdot V \leq n_4; \\ 5, \text{ если } P \cdot Q \cdot V \leq n_5; \\ 6, \text{ если } P \cdot Q \cdot V \leq n_6. \end{array} \right\}$$

где -  $n_1 \dots n_6$  – порог уровня опасности.

Показатель состояния объекта отражает склонность объекта к реализации накопленной энергии в техногенно-опасных состояниях и влияет на уровень опасности.

Сам объект, можно рассматривать как техническую систему, состоящую из множества элементов (опоры, обшивка, каркас, болтовые соединения, теплообменные поверхности и т.п.), каждый из которых вносит вклад в уровень опасности объекта. Все эти элементы обладают набором параметров (толщина стенки, площадь поперечного сечения, коэффициент запаса прочности и т.п.), которые с течением времени изменяются - деградируют. Поэтому, показатель состояния объекта определяется как средне арифметическое показателей состояния элементов:

$$Q = \sum_{i=1}^n \frac{Q_i}{n},$$

Деградация элементов для большинства агрегатов заключается в изменении геометрических размеров и формы (толщины стенок, пары трения) элементов объекта под действием внешних и внутренних сред, т.е. происходят процессы коррозии и трения. В более редких случаях происходят изменения физико-механических и химических свойств материала, из которого изготовлены эти элементы.

Для этого предлагается использовать гамма – процентный ресурс. Эта методика реализует традиционно сложившийся подход, базирующийся на предположении, что средняя скорость коррозии, определенная на момент прогнозирования, сохранится и в будущем. Однако практика доказывает, что скорость коррозии, как правило, не постоянна, а реальная картина развития коррозионного процесса выглядит следующим образом.

Поскольку в каждой точке поверхности элемента происходит случайный процесс изменения толщины металла во времени, то изменение толщины металла есть функция от времени  $S = f(t)$ . Тогда показатель состояния каждого элемента:

$$Q = \frac{T_{\text{э}}}{T_{\text{общ}}},$$

где  $T_{\text{э}}$  – время эксплуатации элемента;

$T_{\text{общ}}$  – общий срок службы элемента, определяющийся по показаниям истинной скорости деградации.

При приближении величины  $Q$  к единице состояние объекта приближается к аварийному состоянию, а следовательно и техногенная опасность производства возрастает.

В технологических агрегатах присутствуют узлы стыковки футеровочных и металлических элементов, обеспечивающие загрузку-выгрузку сырья и продукта, отвод-подвод газов, контроль, очистку, ремонт и т.д. Стыковочные узлы находятся в контакте с внутренними рабочими объемами и внешней средой и работают в условиях постоянных температурных перепадов, механических и химических воздействий.

Общей для всех этих конструкций является проблема обеспечения надежности и герметичности. Их элементы в общем случае находятся в поле воздействия различных по характеру нагрузок: давление перерабатываемого материала и газов, образующихся в процессе переработки; нагрузки от воздействия обслуживающих машин; температурные перепады при загрузке - выгрузке материала; при изменении направления тепловых потоков в отопительной системе; воздействие агрессивной среды при высоких температурах. Кроме того, в узлах протекают термомеханические процессы, представляющие собой взаимодействие элементов в переменном температурном поле при циклическом нагреве и охлаждении, в результате чего происходит изменение напряженно-деформированного состояния с постепенным разрушением материала. Это усложняет учет влияния перечисленных выше факторов на состояние элементов узла.

Для оценки уровня техногенной опасности стыковочных узлов использована система критериев работоспособности конструкции, учитывающая влияние конструктивных, температурно-механических и технологических факторов.

В качестве параметра принят показатель прочности элементов узла  $\sigma^*$ , для огнеупорных элементов - это предел прочности на растяжения, для металлических элементов - предел выносливости:

$$y^* = f_1(y^m, t, T_{\max}, T_{\min}, V_s, l);$$

$$\frac{y^M}{y^*} = F_1\left(\frac{t_{\max}}{\Delta t}, \frac{V_s T}{l}\right)$$

Критерий для оценки прочности элементов:

$$y^M_{i=1 \dots n} \leq y^* \cdot K_1;$$

где  $\sigma^M$  - действующие напряжения, МПа;

$K_1$  - комплексная функция, учитывающая влияние на прочность узла основных действующих факторов: температурного, механического, технологического.

В общем виде критерий разрушения представляет собой:

$$K_1 = f\left(\frac{t_{\max}}{\Delta t}; \frac{V_s T}{l}\right)$$

Оценка состояния стыковочных узлов по критериальному уравнению позволяет выявить неработоспособные участки и моменты времени их отказа.

Для получения численных критериев работоспособности использована математическая модель температурного и напряженно-деформированного состояния узла.

Так как в настоящее время основным требованием, предъявляемым к техническим объектам, является низкий уровень техногенной опасности, то выберем его в качестве целевой функции:

$$\left. \begin{aligned} U &= P \cdot Q \cdot V \rightarrow \min \\ G &= \Sigma(f(E, \Delta P, \Delta T) = a) \\ 0 &\leq V, E, \Delta P, \Delta T \leq \infty \end{aligned} \right\}$$

В этом случае ограничениями служит показатель производительности технического объекта, капитальные затраты на создание, себестоимость получаемой продукции, энергозатраты на производство и др. Граничными условиями являются пределы изменения входящих в модель технических параметров, характеризующих объект.

Оптимизация технического объекта по показателю уровня техногенной опасности  $U$ , позволяет определить наиболее приемлемый вариант при заданных ограничениях.

Разработанный подход является универсальным, как для проектируемого оборудования, так и для существующего. В частности, численные исследования различных технологических комплексов по показателю  $U$  для заданных технологических процессов и проектных параметров, их структур, размещения в пространстве и внешних условий показали значительные преимущества ряда новых и модернизированных технологий и конструкций

основных агрегатов коксового производства, комплексов по переработке твердых промбытотходов, систем магистральных трубопроводов для транспортирования жидких и газообразных энергоносителей, прежде всего в части их безопасности.

#### **Список использованной литературы:**

1. Белов П.Г. Теоретические основы системной инженерии безопасности –М.: ГНТБ “Безопасность” МИБ СТС. –1996, 424с.
2. Чубенко А.В., Топоров А.А. Оценка техногенной безопасности урбанизированных территорий / Экологические проблемы индустриальных мегаполисов: Материалы международной научно-практической конференции. В 2-х томах. Донецк, 2004. Т.1. С.269 – 274.
3. Семеренко С.В., Парфенюк А.С., Топоров А.А. Пути повышения техногенной безопасности в коксовых цехах / Экологические проблемы индустриальных мегаполисов: Материалы международной научно-практической конференции. В 2-х томах. Донецк, 2004. Т.1. С.287 – 291.
4. Топоров А.А. Новый подход к анализу техногенно опасных ситуаций на технологических производствах. // Наукові праці ДонНТУ. Серія: Хімія і хімічна технологія. Випуск 95 / Донецьк: ДонНТУ, 2005. С.126 – 130.

УДК 622. 5

### **ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ МЕГАПОЛИСА В АСПЕКТЕ УПРАВЛЕНИЯ ТВЁРДЫМИ БЫТОВЫМИ ОТХОДАМИ**

Чубенко А.В., Топоров А. А., Диденко Н.П. \*

(ДонНТУ, УГНИИЦМ\*, Донецк, Украина)

*Дан анализ основных мировых тенденций по управлению ТБО. Предлагается как перспективное направление внедрение технологии “ТЭРО” в рамках региональной программы проекта Тасис EuropeAid/118732/C/SV/UA*

Сфера экологической безопасности становится всё более актуальной для функционирования как государства, так и частного бизнеса. Экологический фактор всё больше влияет на структуру разделения труда, на конкурентоспособность производимой продукции, в целом на экономическое развитие.

Анализ показывает, что общемировые стратегии реагирования в решении экологических проблем на местном уровне проявляются стихийно и неравномерно. К проблемам, ограничивающим возможности местного экологического сотрудничества относятся: отсутствие чёткой локальной экологической политики, ограниченный доступ к экологической информации, низкая заинтересованность в решении местных экологических проблем, часто трафаретные методы их развязания, разрозненность субъектов сотрудничества, приоритет экономических интересов, эпизодическое привлечение наиболее активной и творческой части общества (молодёжи) и др.

Перечисленные проблемы, как в зеркале, отражаются на разрешении вопросов управления твердыми бытовыми отходами (ТБО) в условиях больших городов. Утилизация и переработка ТБО для мегаполиса сложная и многофакторная экономическая, экологическая, технологическая и социальная проблема. Большинство учёных, политических и общественных деятелей с сожалением констатируют, что спустя годы после принятия Закона Украины “Про відходи”, призванного существенно изменить экологическую ситуацию, в стране практически ничего не сделано для его реализации. Как и ранее, использованные упаковочные материалы в лучшем случае горят на мусоросжигательных заводах (МСЗ), в худшем – на протяжении десятилетий оседают на свалках, отравляя среду обитания.

В мировой практике существует несколько направлений решения вопросов утилизации и переработки ТБО.

Первое направление – сжигание. Один из наиболее апробированных методов. При этом считалось, что этот метод является решением проблемы уничтожения ТБО. Однако при эксплуатации на МСЗ образуются большие количества вредных выбросов и отходов. Сжигание не уничтожает отходы, а перераспределяет их в геологической оболочке Земли. Очень