

УДК 539.(06)

**Н.Ф. Савченко**, канд. техн. наук, доц., Харьковский гос. экономический университет.

## МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ ПОВЫШЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ТЕХНОГЕННЫХ ОБЪЕКТОВ

*М.Ф. Савченко.* Методологічні основи проектування технологічних систем підвищення безпеки функціонування техногенних об'єктів. Екологічна безпека потребує подальшого удосконалення методів проектування технічних засобів попередження і ліквідації аварій.

*N.F. Savchenko.* Methodical bases of the designing of the technological systems of raising safety of technological objects. Ecological safety requires further improvement of methods of designing the technical warning facilities and liquidations of damages.

Наметившаяся тенденция увеличения количества аварий и катастроф в большинстве областей промышленности, прежде всего в тех, которые в наибольшей мере влияют на материальное существование общества, свидетельствует, что, к сожалению, такое положение характеризует особенности развития экономики в настоящее время. Разительным примером могут представляться аварии и непредвиденность их последствий в тех областях промышленности, которые не могут эффективно развиваться без интенсификации технологических параметров (энергетика, машиностроение, транспорт и др.). Поэтому усовершенствование технических средств (модернизация парка оборудования и технологических комплексов), снижение энергозатрат при интенсификации технологических процессов становится долговременной задачей, а приоритетные разработки средств предупреждения и ликвидации аварии (ПЛА) следует рассматривать как будущее сбережение и накопление капитала.

Серьезность этой проблемы еще и в том, что многие предприятия как технологические комплексы обычно не считаются объектами, деятельность которых требует серьезного экологического мониторинга. В то же время многие из них, в том числе и машиностроительные, используют в своей производственной деятельности кислород, горючие газы, хлор, аммиак и другие, сильно действующие ядовитые вещества (СДЯВ) и высокотоксичные материалы и, следовательно, относятся к объектам повышенной опасности [1-3]. Например, в Харькове и области, крупнейшему промышленному региону Украины, к таким предприятиям отнесены 115 объектов. Ими используются 214 тонн хлора, более 200 тонн аммиака, около 300 тонн различных кислот и почти 200 тонн, не менее вредоносных веществ. Кроме того, по территории области проходит аммиакопровод «Тольятти-Горловка-Одесса». Усиливают опасность техногенных катастроф и неудовлетворительная организация хранения СДЯВ и уничтожения «просроченных» пестицидов.

Если провести классификацию типов аварий, например, соответственно с известными их описаниями [1-4], то можно прийти к выводу, что имеется в зависимости от фактора времени два типа аварий: взрывоподобные и протяженные во времени. В зависимости от причины возникновения аварии наибольший вредный вклад на экономику и биосферу Украины вносят:

1. Аварии, которые сопровождаются большим территориальным загрязнением (Чернобыльская, на химических предприятиях и др.) их можно классифицировать как химические: сопровождаются внезапными выбросами вредных веществ, во многих случаях со взрывами и пожарами.
2. Промышленные отходы (вредные газы, загрязненные воды предприятий, мусор и т.д.), которые вырабатываются на предприятиях и до определенного времени считаются допустимыми.
3. Применение в сельском хозяйстве различных пестицидов (инсектициды, гербициды, дефолианты и др.) в увеличивающихся масштабах.
4. Аварии вследствие стихийных бедствий.
5. Геодинамические аварии – обусловлены увеличением интенсивности добычи полезных ископаемых и проявляются в виде и искусственно обусловленных землетрясений, выбросов газа – метана, его горения и взрывов.

6. Искусственно созданные аварии — те, что возникают как непосредственное влияние человеческого фактора: либо из-за ошибок, либо как террористический акт; из-за непредвиденности существенно ухудшают условия их предупреждения.

7. Экологическая экспансия, когда промышленно развитые страны предпринимают попытки организации в Украине вредных производства или экспортируют вредные отходы производства и такие вещества, использование которых запрещено национальными законодательствами развитых стран.

Из большого количества вариантов возникновения аварий представляются наиболее сложными и опасными при их ликвидации те, которые сопровождается импульсным, взрывоподобным выделением энергии реагирующих компонентов, а также пожарами. По данным статистики размер площади пожара к моменту прибытия пожарных подразделений на место вызова составляет: до 5 м<sup>2</sup> — 29% от общего количества пожаров, 5-10 м<sup>2</sup> — 30%, 10-30 м<sup>2</sup> — 20%, 30-100 м<sup>2</sup> — 10%, 100-600 м<sup>2</sup> — 9%, свыше 600 м<sup>2</sup> — 2%. Поэтому при разработке мероприятий, исключающих до минимума риск катастроф, следует исходить из того, что аварии как следствие техногенной деятельности человека, с одной стороны, неминуемы, а, с другой, возникновение, характер протекания и тяжесть последствий аварий определяется совершенством используемых технологических средств их предупреждения и ликвидации.

Таким образом, использование и совершенствование применения автоматических установок, подавляющих или локализующих зону аварии на небольшой, локальной площади, представляет важнейшую задачу снижения материальных издержек, позволяет избежать или уменьшить до минимума опасность катастрофических последствий. Вместе с тем поиски инженерных решений для предупреждения и ликвидации аварий (ПЛА) всегда усложняются отсутствием надежной информации о состоянии и размещении аварийно-опасного элемента техногенного объекта (ТО), чрезвычайно сложного как техническая система.

Поэтому с целью выявления направлений повышения эффективности противаварийных средств, а также их использования при проведении мониторинговых исследований как одной из составляющих в совокупности имеющихся методов прогнозирования экологической безопасности были предложены следующие подходы к оценке эффективности решений, определяющих возможность ликвидации аварии на ранних стадиях ее возникновения:

1) решение эффективное в определенной ситуации:

$$P \in A(a, b, v, \dots);$$

2) предложенное решение не является оптимальным именно в этой ситуации:

$$P \notin R(a, b, v, \dots) \subset N(m, n, p, \dots);$$

3) предложенное решение эффективное, но не оптимальное:

$$P \cup R \not\subset N;$$

4) предложенное решение не ухудшает, но и не улучшает противаварийные мероприятия:

$$P \cup P(a_1, a_2, \dots);$$

5) предложенные мероприятия не могут быть заранее оценены:

$$P \notin \emptyset,$$

то есть требуют детальной проверки, так как не существует надежного оснащения приборов или технологий; они возможны для использования лишь в определенных условиях и могут, в принципе, проявляться случайно как стечение обстоятельств (например, в соответствии с принципом синергизма).

Сложность выявления рациональных решений состоит именно в том, что можно считать все, в том числе и существующие, решения не достаточно эффективными или условно эффективными. Так, только первый подход предусматривает, что противаварийные средства эффективны, подлежат аналитическому расчету в границах, которые определены довольно точно.

Это было бы наилучшим решением проблемы ПЛА, если бы время и условия возникновения и развития аварии могли быть точно установлены.

Второй подход свидетельствует, что решение хотя и не оптимально, но может быть достаточно эффективно при определенных количественных соотношениях мощности ГТС ПЛА с мощностью аварийного объекта, своевременности их использования (что не всегда придерживается).

Третий подход предусматривает, что предложенное решение хотя и эффективное, но не оптимальное — может быть весьма дорогим или включать какие-то компоненты, харак-

теристики которых могут изменяться внезапно или на протяжении определенного времени. Во время аварии эффективность применения такого типа систем не определена.

Четвертый подход - это почти классическая ситуация, когда существуют альтернативные варианты применения определенных физико-химических эффектов для разработки противаварийных средств. Однако их применение не способно вследствие определенных причин значительно улучшить существующие противаварийные мероприятия.

Пятый подход подчеркивает неопределенность идеи при данных обстоятельствах - она может быть наилучшей, если придерживаются определенные условия (экологические, безопасность дальнейшего использования оборудования технологических систем и т.д.).

Исходя из того, что любая технологическая система - это совокупность функционально взаимосвязанных предметов производства, средств технологического оснащения и исполнителей, можно сделать вывод о целесообразности включения в ее состав как дополнительного оснащения специально предусмотренных элементов обеспечения безопасности технологического комплекса. Очевидно, что размещение такого типа устройств непосредственно в технологической зоне позволит при определенных условиях существенно снизить затраты материальных и энергетических ресурсов для устранения опасности возникновения и при устранении аварий. При этом такого типа устройства можно классифицировать как **гибкие технологические системы предупреждения и ликвидации аварий (ГТС ПЛА)**, являющиеся многофункциональными системами с интеллектуально программируемым комплексом технологических операций. При классификации и проектировании ГТС ПЛА следует исходить из того, что эти комплексы могут быть не только пассивными системами обеспечения безопасности, но и активными многофункциональными системами, специально оснащенными для адаптации к изменению ситуации в аварийной зоне энергоаккумулирующими устройствами. В зависимости от длительности промежутка времени от момента возникновения аварии до начала функционирования ГТС ПЛА можно разделить на три группы: срабатывающими в момент возникновения аварии, с упреждением или с определенным запаздыванием и функционирующими вплоть до полного исчерпания энергоресурсов (из внешних или внутренних источников). Общим с позиции построения различных типов ГТС ПЛА можно считать наличие универсальных **рабочего органа (или нескольких), привода и специального типа устройств управления** работой рабочего органа при возникновении аварии (с учетом типа аварии) для выполнения при необходимости нескольких различных технологических операций. Эффективность использования ГТС ПЛА существенно может быть увеличена благодаря их адаптации к меняющимся условиям технологической среды, что обеспечивается управляющими системами с использованием специальных датчиков. Существенно и то, что важным преимуществом ГТС ПЛА может также считаться и возможность встраивания в существующие технологические комплексы без ухудшения их функционирования. Именно эти признаки и позволяют классифицировать предлагаемые устройства как гибкие технологические системы.

Для разработки направлений проектирования и классификации ГТС ПЛА необходимо также учесть назначение техногенного объекта, его энергооснащенность, пространственное размещение, характеристики имеющихся (традиционных) средств обеспечения безопасности и возможность их совмещения с ГТС ПЛА. Как основные признаки классификации могут быть выбраны конструктивные особенности ГТС ПЛА, а также применяемые средства их технологического оснащения. При этом все элементы такой системы могут быть двух основных видов исполнения по отношению к производственному технологическому комплексу: внешнего или внутреннего.

Дальнейший выбор решений при необходимости может проводиться как:

- 1) общий структурный синтез всей ГТС ПЛА, если определяется ее компоновка и принцип применения;
- 2) элементный синтез, если предполагается формирование каких-то узлов, частей ГТС ПЛА.

Таким образом, на первом этапе следует разработать матрицы элементов, столбцы которых не составные части ГТС ПЛА, а строки - альтернативные варианты локальных решений. Примерами такого подхода можно считать варианты ГТС ПЛА, в составе которых имеется:

**привод** - электрический, гидравлический, пневматический, термический, химические взрывчатые вещества;

**передача** - волновая, упруго механическая, импульсно-циклическая, комбинированная.

**рабочий орган** – высокоскоростной поток газовой, жидкой и комбинированной среды, твердое тело (снаряд, технологический блок), изменяющие в техногенной зоне агрегатное состояние среды или нет.

**системы и устройства аккумулярования и жизнеобеспечения функционирования ГПС ПЛА** – термические, пневмо – вакуумные, электрические или отсутствовать.

**управляющие устройства** – механические, пневматические, электромагнитные, тепловые и возможные их комбинации.

Дополнительные функции ГПС ПЛА, обеспечиваемые ее элементами – герметизация ТО (техногенного объекта), дробление и утилизация продуктов реакции в техногенной зоне, использование продуктов реакции как рабочего тела при подавлении источника аварии, регенерация функций объекта.

Общее количество вариантов решений может определяться как произведение количества элементов в каждой строке создаваемой морфологической таблицы как приложение к паспорту предприятия или техногенного объекта:

$$N = \sum \alpha_j \cdot \sum \theta_e \cdot \dots \sum m_w,$$

где  $a, q, \dots, m$  – элемент в соответствующей строке с характерными признаками,

$j, e, w = 1, 2, \dots, k, \dots, n$  – их количество.

Таким образом, возможные конструктивные решения обнаруживаются последовательно, после полного перебора вариантов, при этом каждый вариант проверяется на соответствие всем условиям ограничения совместного применения. При большом количестве возможных вариантов такой подход довольно трудоемкий, но является вполне оправданным при прогнозировании эффективности имеющихся средств обеспечения экологической безопасности на различных стадиях функционирования ТО.

Примерами ГТС ПЛА могут быть экологические комплексы, оснащенные специальными рабочими органами по типу вакуумные малогабаритные камеры (капсулы), контейнеры с энергоносителями (горючие газы, взрывчатые вещества и другие: электромагнитные, магнитно-импульсные, пневматические, тепловые и т.д.), а также их соответствующие комбинации. При этом использование мощных и компактных импульсных энергоносителей (горючих газов, взрывчатых веществ) представляется одним из эффективных направлений разработки ГТС ПЛА.

Основные положения, на которых базируется создание ГТС ПЛА:

- перевооружение производства и пересмотр существующих технологий (их паспортизация) с позиций экологической безопасности, максимального ресурсо- и энергосбережения;

создание новых технологий на основе последних научных достижений;

экономическая эффективность и устойчивость к моральному старению научно-технических решений;

пересмотр организационно-экономических принципов;

внедрение готовых технологических систем, способных к автономному функционированию;

высокий уровень надежности систем и их гибкость, под которой понимается способность технологической системы к дальнейшему ее функционированию, безопасному для окружающей среды даже в случае выхода из строя отдельных элементов системы;

минимальные затраты на технологическое переоснащение производства;

возможность взаимодействия с автоматизированными системами управления производством.

Поиски инженерных решений для предупреждения и ликвидации аварий (ПЛА) всегда усложняются отсутствием надежной информации о состоянии и размещении аварийно-опасного элемента техногенного объекта (ТО), чрезвычайно сложного как техническая система. Главными направлениями для поисков рациональных решений при проектировании гибких технологических систем можно считать:

- создание физико-математических моделей для изучения и прогнозирования состояния аварийности ТО, его экологической безопасности;

- изучение условий применения существующих или перспективных образцов техники для ПЛА на моделях и действующих ТО и дальнейшее прогнозирование их эффективности;

- использование системных подходов при определении типов оснащения для ПЛА и создание их новых образцов - оборудования технологий и систем;

- создание принципиально новых и повышение эффективности замкнутых производств и ресурсо-сберегающих технологий с уменьшением количества вредных отходов производства;

- интенсификация физико-химических процессов переработки отходов производства с наименьшими затратами ресурсов (импульсные методы обработки материалов, групповые методы обработки и другие).

Безусловно, что особенности технологии на конкретном предприятии выдвигают свои специфические условия и требования к применению ГТС ПЛА, например, целесообразности стационарного или сверхскоростного размещения их в очаге аварии, адаптации к меняющимся условиям технологической среды.

Таким образом, предполагается, что стратегическая линия последующего развития ГТС ПЛА сводится к объединению отдельных автоматизированных систем — собственно оборудования как технологической системы и ГТС ПЛА, в единую комплексную систему производства при ограниченном участии человека. Это приобретает особую важность для энергоемких технологических комплексов, характеризующихся повышенной экологической опасностью.

#### Литература:

1. Крупка Ю.М. Екологічна безпека і ядерна енергетика.—Вісн. НАН України, 1996. — №9 — 10, С. 43—47.
2. Химические катастрофы и экология / Губский Ю.И. и др. — К.: Здоров'я, 1993.— С. 224.
3. Сидоров В.А. Рукотворные землетрясения. Потенциал. Произв.—техн. журнал, 1998.— Вып. №1.— С. 80—83.
4. Степаненко А.В., Ральчук О.М. Еколого—економічний моніторинг підприємств. Вісн. НАН України, 1997.— Вып. № 3—4, С. 50—54.