

УДК 658.382.3(045)

П.Г. Белов, Ю.Ф. Запорожченко

ПРИНЦИПЫ И МЕТОДЫ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННО-ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Предложена классификация опасностей, определены закономерности и факторы техногенных происшествий, приведена энергоэнтропийная концепция техногенного риска, рассмотрены принципы и методы обеспечения производственно-экологической безопасности.

Стихийные бедствия и антропогенные катастрофы последней четверти века подорвали здоровье более одного миллиарда людей, из которых только на производстве погибли пять миллионов и травмированы почти двести миллионов. Серьезность последствий техногенных аварий стала соизмеримой с большими землетрясениями и применением оружия массового поражения. Свидетельство тому - трагедия на предприятии концерна "Юнион карбайд" (г.Бхопал, Индия), приведшая в 1984 году к отравлению более двухсот тысяч человек, что в два раза превышает число пострадавших от атомной бомбардировки г.Нагасаки.

Статистика свидетельствует, что ущерб от аварийности и травматизма на производстве и транспорте достигает 10% от валового национального продукта промышленно развитых государств, а экологическое загрязнение и несовершенная техника безопасности являются причиной преждевременной смерти 30% мужчин и 20% женщин. С учетом же всех отдаленных последствий, "технологические" факторы составляют одну треть в причинах совокупной смерти трудоспособного населения.

Правомерен вопрос: в чем же причины рассматриваемого явления? Казалось бы, реально существуют факторы, объективно необходимые для предупреждения таких происшествий. Действительно, все мы наделены инстинктом самосохранения, чувством опасности, необходимыми рецепторами и защитными механизмами. С другой стороны, само общество заботится о снижении ущерба от опасных и вредных производственных факторов путем внедрения соответствующих мер и средств защиты.

Основным методом обеспечения и совершенствования безопасности все еще служит метод проб и ошибок. Пассивность и сосредоточение внимания лишь на эмпирических данных поставило соответствующих специалистов в положение пожарной команды, лихорадочно реагирующей на кризисные ситуации.

Вот почему выходом из создавшегося положения может стать лишь последовательная, целенаправленная контрольно-профилактическая работа по предупреждению ущерба, основанная на знании природы объективно существующих опасностей, закономерностях их проявления и снижения обусловленного ими ущерба.

В последующем под "опасностью" условимся подразумевать возможность причинения ущерба людям вследствие ухудшения их здоровья и (или) условий жизнедеятельности. При этом носителями опасности будем считать все препятствующие удовлетворению жизненно важных для людей индивидуальных, социальных и духовных потребностей. Средства удовлетворения этих потребностей следует увязывать с эволюционно апробированными для людей источниками энергии, вещества и информации.

Условимся также, что говоря о "безопасности", будем иметь в виду систему, обычно включающую людей (потенциальную жертву) и угрозу для них (носителя актуализированной опасности). Необходимыми и достаточными условиями ее обеспечения можно считать:

а) удовлетворение тех потребностей, которые необходимы для самосохранения, самовоспроизводства и самосовершенствования людей;

б) своевременное уничтожение угрозы, уклонение или защита человека и образуемых им сообществ (семьи, рода, этноса) от всех угроз внешнего и внутреннего характера.

Данные суждения позволяют классифицировать опасность и выявить способ ее парирования. Так, следуя генезису опасностей (неадекватности потоков только что упомянутых форм материи), их уместно разделить на три базовых класса:

1) природно-экологические, вызванные вредным воздействием стихийных бедствий или антропогенным нарушением естественных геобиохимических циклов миграции вещества;

2) техногенно-производственные, связанные с возможностью нежелательных выбросов энергии, накопленной в созданных человеком технологических объектах;

3) антропогенно-социальные, обусловленные умышленным сокрытием или искажением информации, а также спецификой ее восприятия и интерпретации людьми.

В соответствии с причинно-следственной обусловленностью ущерба все объективно существующие для человека опасности можно разделить на две группы:

а) представляющие непосредственную угрозу для здоровья;

б) причиняющие подобный ущерб косвенно, например, в результате утраты принадлежащих человеку ценностей или загрязнения природной среды.

Если же говорить о государстве, то все угрозы целесообразно классифицировать по возможности причинения ущерба как образующей его нации, так и средствам удовлетворения потребностей составляющих ее этносов: территории, людей, уклада их жизни.

Труднее классифицировать безопасность, т.е. помимо человека относить ее к каким-то другим жертвам или формам причинения ущерба. Говоря о техногенном риске, будем подразумевать производственно-экологическая безопасность – ту сферу национальной безопасности, которая ограничивается одновременным парированием лишь техногенно-производственных и природно-экологических опасностей. При этом национальная безопасность интерпретируется нами способностью нации удовлетворять жизненно важные потребности нынешнего и будущих поколений с минимальным ущербом для территории страны и выбранного ее народами уклада общественной и духовной жизни.

Анализ имеющихся у нас статистических данных по аварийности и травматизму свидетельствует, что главную угрозу представляют потоки энергии и вредных веществ, а основные закономерности в их появлении характеризуются следующим:

а) аварийность и травматизм можно интерпретировать как совокупность сравнительно редких, случайных событий - происшествий;

б) возникновение каждого из них обусловлено чаще всего не отдельно взятой причиной, а цепью соответствующих предпосылок;

в) инициаторами и звеньями такой цепи служат ошибки людей, отказы техники и (или) нерасчетные воздействия на них извне.

Типичная причинная цепь техногенных происшествий в общем случае представляет следующую последовательность событий-предпосылок: ошибка человека, отказ используемого им оборудования и (или) недопустимое для них внешнее воздействие ↔ появление потока энергии или вещества в неожиданном месте и (или) не вовремя ↔ отсутствие (неисправность) предусмотренных на эти случаи средств защиты и (или) неточные действия людей в такой ситуации ↔ воздействие движущихся потоков на незащищенные элементы техники, людей и (или) окружающей их среды ↔ ухудшение свойств и (или) целостности соответствующих материальных, людских и природных ресурсов.

Основными факторами аварийности и травматизма следует считать слабые практические навыки работающих, их низкую технологическую дисциплинированность и неумение правильно оценивать информацию, низкое качество конструкции рабочих мест, а дополнительными – несовершенство отбора и подготовки работников, некачественную организацию их труда, дискомфортность рабочей среды, ненадежность и неэргономичность оборудования. Последние из таких факторов усложняют условия работ регламентацией технологии и

необходимостью дополнительных мер безопасности, способствуя тем самым росту напряженности труда и связанных с этим ошибок людей.

К более общим факторам техногенных происшествий следует отнести объективно существующее противоречие между растущими потребностями человечества и скудеющими возможностями природы по их удовлетворению и, как следствие, между все увеличивающимся числом новых для человека вредных факторов и имеющимися у него защитными механизмами. Нельзя не отметить и недоработки науки в разрешении данного противоречия: отсутствие общей теории безопасности и незавершенность создания таких ее сфер, как теории национальной и производственно-экологической безопасности.

Обеспечение и совершенствование производственно-экологической безопасности немыслимо без уточнения представлений о природе объективно существующих опасностей и разработки методологии их парирования. Выявленные выше закономерности позволяют сформулировать энергоэнтропийную концепцию техногенного риска, необходимую для обоснования объекта и предмета соответствующей деятельности, а также формулирования соответствующих принципов и методов.

Сущность энергоэнтропийной концепции заключается в следующем:

- 1) техногенная опасность связана с энергопотреблением – выработкой, хранением и преобразованием механической, электрической, химической и других видов энергии;
- 2) на практике техногенная опасность реализуется в результате нежелательного высвобождения накопленных потенциалов и разрушительного распространения соответствующих потоков;
- 3) внезапный выход и нежелательное распространение потоков энергии и вещества может сопровождаться техногенными происшествиями техники и (или) природной среды;
- 4) данные происшествия вызваны предпосылками, приводящими к потере управления энергомассообменом, разрушительному воздействию его потоков на людей, оборудование и внешнюю среду;
- 5) указанные предпосылки делятся на ошибочные действия людей, отказы технологического оборудования и неблагоприятные воздействия на них извне.

Правомерность энергоэнтропийной концепции подтверждается эмпирическими данными: все известные техногенные происшествия обусловлены разрушительным высвобождением энергии и вредных веществ. Предложенная нами концепция не противоречит также и фундаментальным законам энтропии¹, в частности – ее объективному стремлению к росту: накопление энергии, получение несуществующих в природе веществ и прочее приводит соответствующие производственные объекты в неустойчивое, а стало быть – потенциально опасное состояние.

В соответствии с принятой концепцией исследуемый нами объект в общем случае логично представлять в виде системы "человек-машина-среда". Система включает в себя следующие компоненты: человек, машина, рабочая среда, технология и организация работ, внешняя среда.

В последующем под "человеком" подразумеваются работники предприятия; "машиной" – его оборудование с предметом труда; "рабочей средой" – пространство, в котором совершается работа; "технологией" – совокупность приемов, используемых для измерения предмета труда и включающих мероприятия по обеспечению его безопасности; "внешней средой" – все то, что не входит в рассматриваемую систему, но может влиять на процесс ее функционирования или изменяться под его воздействием.

Выбор данной системы аргументирован следующими доводами:

- а) она включает в себя и источник опасности и потенциальную жертву;

¹ Под энтропией принято понимать меру хаоса, дезорганизации и структурной неупорядоченности систем, интенсивности разрушения связей между их элементами.

б) ее функционирование есть эксплуатация персоналом оборудования производственных и транспортных объектов (безлюдные и не использующие технику предприятия – частный случай);

в) в ней содержатся носители всех типов предпосылок к происшествиям – ошибок человека, отказов машины и неблагоприятных воздействий на них рабочей среды.

Основным содержанием (предметом) деятельности соответствующих специалистов должны быть объективные закономерности появления и снижения техногенного ущерба при функционировании таких систем.

Нами предлагаются также такие определения следующих базовых категорий:

техногенный риск – мера опасности, характеризующая как возможность возникновения ущерба от происшествий и других вредных выбросов, возможных при функционировании человекомашинных систем, так и его размеры;

происшествие – событие, состоящее в реализации техногенного риска и повлекшее за собой ущерб для самой человекомашинной системы и (или) окружающей среды;

безопасность – свойство человекомашинных систем сохранять при функционировании в заданных условиях такое состояние, при котором с высокой вероятностью исключаются происшествия, а ущерб от непрерывных энергетических и материальных выбросов не превышает допустимого.

Заметим, что состояние реальных систем обычно определяется совокупностью их свойств в конкретном проявлении на данный момент. Следовательно, безопасность может также интерпретироваться как ситуация с человекомашинной системой, определяемая множеством ее свойств и взаимосвязей с окружающей средой.

Следуя принятой выше концепции, можно утверждать о существовании двух стратегий обеспечения безопасности функционирования человекомашинных систем:

1) отказ или максимально возможное сокращение энергоемкости технологических процессов;

2) недопущение при их проведении техногенных происшествий и уменьшение объемов неизбежных вредных выбросов энергии и вещества.

Представляется очевидной радикальность первой стратегии, приводящей к устранению или максимально возможному уменьшению техногенного риска.

Вторая – сохраняет его, не позволяя реализоваться в ущербе от происшествий и загрязнении природной среды вредными выбросами. Реализация второй стратегии предполагает одновременное следование таким трем принципам:

а) исключение ошибочных действий персонала;

б) недопущение отказов используемого им оборудования;

в) предупреждение неблагоприятных внешних воздействий на людей и технику.

Следующие принципы должны учитывать практическую невозможность или экономическую нецелесообразность:

а) создания совершенно безотказного и эргономичного оборудования;

б) полного исключения несанкционированных и ошибочных действий работающих;

в) обеспечения абсолютной изоляции работающих от вредного воздействия среды.

Следовательно, необходимо не только стремиться к исключению отдельных предпосылок, но и принимать меры на случаи их появления. Для этого целесообразно выбирать такую технологию работ, при которой учитывалась бы вероятность появления отдельных предпосылок и предусматривались меры по снижению ущерба от обусловленных ими происшествий.

В целом же системное обеспечение производственно-экологической безопасности предполагает как снижение техногенного риска, так и рациональное использование природных ресурсов. Вот почему экономия энергоносителей, переход к малоотходным технологиям и замкнутым циклам, бережное воспроизводство окружающей нас флоры и фауны ослабят нагрузку на биосферу и снимут остроту обусловленных ею антропогенно-природных катаклизмов.

При обосновании таких методов мы исходим из специфичности выбранного нами предмета – сравнительной редкости появления техногенных происшествий на конкретных объектах и невозможности (по этическим и экономическим соображениям) соответствующего экспериментирования. Поэтому в качестве основного метода исследования безопасности и устойчивости нами предлагается системная инженерия², а аппарата – моделирование.

В своей основе данные метод и аппарат являются наилучшим способом реализации таких требований, как объективность и всесторонность рассмотрения интересующего нас явления [2]. Не случайно поэтому системную инженерию часто называют "прикладной диалектикой", а моделирование – "инструментарием современного исследователя". Основными этапами системного исследования безопасности и устойчивости должны быть анализ эмпирических данных, проблемно-ориентированное описание цели и изучаемого объекта, теоретический анализ (моделирование).

В качестве основного метода обеспечения производственно-экологической безопасности разрабатываемых человекомашинных систем и совершенствования существующих рекомендуется программно-целевое планирование и управление соответствующими процессами, а аппарата – математическая теория организаций. Их выбор обусловлен большой продолжительностью функционирования таких систем, многообразием факторов, определяющих их безопасность, необходимостью привлечения для этого специальным образом организованных сил и средств.

Иначе говоря, для обеспечения безопасности необходимо управление, под которым мы понимаем совокупность взаимосвязанных мероприятий, осуществляемых в целях установления, обеспечения, контроля и поддержания оптимальных количественных показателей безопасности. Естественно, что эти четыре главные задачи должны решаться на всех этапах жизненного цикла человекомашинных систем, начиная от проектирования и кончая утилизацией выработавшего ресурс технологического оборудования. При этом эффективное управление производственно-экологической безопасностью достигается:

а) стратегическим планированием (обоснованием требований к ее уровню и разработкой соответствующих целевых программ);

б) оперативным управлением их выполнением (своевременным контролем и поддержанием заданных показателей в допустимых пределах).

Уяснение природы техногенного риска свидетельствует о необходимости в системе обеспечения производственно-экологической безопасности, под которой следует понимать совокупность взаимосвязанных нормативных актов, организационно-технических и иных мероприятий, а также соответствующих им сил и средств, предназначенных для снижения ущерба от техногенно-производственных и природно-экологических опасностей.

Структура рассматриваемой системы включает по меньшей мере три компонента:

а) нормативные документы, регламентирующие требования по обеспечению приемлемого уровня производственно-экологической безопасности;

б) мероприятия, выполняемые при подготовке, проведении и окончании технологических процессов с целью исключения происшествий, снижения ущерба от них и непрерывных вредных выбросов;

в) ресурсы, необходимые для практического осуществления мероприятий по безопасности функционирования объектов.

При формулировании цели системы учитывалась нереальность полного исключения техногенного риска. Поэтому, в качестве цели целесообразно принять либо *максимально возможное сокращение издержек от объективно существующих техногенно-производственных и природно-экологических опасностей, либо удержание величины ущерба от них на самом низком уровне, определяемом выделенными средствами.*

Указанные цели определяют такие главные задачи системы:

а) предупреждение гибели и других несчастных случаев с людьми;

² Термин "системная инженерия" в сравнении с ныне бытующим синонимом "системотехника" является, на наш взгляд, более "адекватным переводом выражения".

- б) исключение аварий на объектах производства и транспорта;
- в) минимизация их вредных выбросов в окружающую среду;
- г) заблаговременная подготовка к аварийно-спасательным работам;
- д) эффективное использование сил и средств системы обеспечения безопасности.

Эти и другие, более частные ее задачи и мероприятия, легко могут быть представлены виде соответствующего "дерева целей, задач и мероприятий".

При обосновании показателей и критериев оценки эффективности системы обеспечения безопасности, исходили из необходимости удовлетворения их следующих требований: сопрягаемость с характеристиками высшей по иерархии системы; учет всех существенных свойств человекомашиновых систем; универсальность, наглядность и чувствительность к изменениям их параметров на различных этапах жизненного цикла.

Оказалось, что лучше всего предъявленным требованиям удовлетворяют вероятностно-возможностные показатели [3]. Вот почему в качестве **базового показателя** системы обеспечения производственно-экологической безопасности предлагается вероятность $P_{rob}(\tau) = P_{\delta}(\tau)$ или возможность $P_{oss}(\tau) = P_{\delta}(\tau)$ проведения на них конкретных технологических процессов без происшествий в течение некоторого времени τ и в условиях, установленных нормативно-технической документацией.

Другими показателями производственно-экологической безопасности выбраны:

$Q(\tau) = 1 - P_{\delta}(\tau)$ – вероятность или возможность возникновения любого происшествия (катастрофы, аварии, несчастного случая) за это же время;

$M_{\tau}(Z)$ – математическое ожидание задержек времени выполнения процесса из-за необходимости ликвидации последствий происшествий;

$M_{\tau}(Y)$ – математическое ожидание величины социально-экономического ущерба от происшествий и непрерывных выбросов в течение времени τ ;

$M_{\tau}(S)$ – математическое ожидание величины затрат на обеспечение безопасности конкретного объекта в это же время τ .

Анализ приведенных показателей подтвердил возможность применения вероятности $P_{rob}(\tau)$, возможности $P_{oss}(\tau)$, математических ожиданий $M_{\tau}(Y)$ и $M_{\tau}(Z)$ для оценки уровня производственно-экологической безопасности. Критерием, оценки эффективности соответствующей системы и реализуемых в ней управляющих воздействий может быть поддержание таких показателей безопасности, которые соответствуют минимуму социально-экономических издержек, связанных с объективно существующими техногенно-производственными и природно-экологическими опасностями.

Заметим, что в отличие от известной "концепции приемлемого риска", предложенный нами критерий более предпочтителен, так как ориентируется не только на источник опасности, но и на потенциальную жертву, а также исключает противоречия, неизбежные при попытках поочередного снижения конкретных рисков.

Список литературы

1. *Гвардейцев М.И. и др.* Математическое обеспечение управления. Мера развития общества. – М.: Радио и связь. – 1996. – 172 с.
2. *Белов П.Г.* Теоретические основы системной инженерии безопасности. – С: КМУГА. – 1997. – 428 с.
3. *Дюбуа Дж., Прад А.* Теория возможностей / Приложения к представлению знаний в информатике/ Пер. с франц. – М.: Радио и связь, 1990. – 288 с.

Стаття надійшла до редакції 27 вересня 1999 року.