

ПОДХОДЫ И МЕТОДЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В УСЛОВИЯХ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ

А.А. Горюнкова

Рассмотрены этапы процесса формирования поражающих факторов, наносящих ущерб человеческим и материальным ресурсам, приведены параметры, характеризующие тот или иной этап, которые учитываются в моделях, положенных в основу информационно-измерительной и управляющей системы экологического мониторинга, рассмотрены условия и процедура принятия решений в условиях чрезвычайных ситуаций.

Ключевые слова: чрезвычайная ситуация, принятие решений, сеть Петри, системный анализ, экологический мониторинг.

Согласно статистике современных аварий, катастроф и несчастных случаев с людьми наибольший техногенный ущерб людским, материальным и природным ресурсам наносится пожарами, транспортными происшествиями, взрывами и разрушениями зданий. Большинство же техногенных происшествий обусловлено неконтролируемым высвобождением кинетической энергии движущихся машин и механизмов, а также потенциальной или химической энергией, накопленной в сосудах высокого давления и топливовоздушных смесях, конденсированных вредных веществ, ядовитых жидкостях и других вредных веществах.

Конечной целью анализа и моделирования процесса распространения энергии и вредного вещества служит построение полей пространственно-временного распределения плотности их потоков или концентрации, а также зон возможного поражения.

Детальное рассмотрение техногенных происшествий следует проводить после декомпозиции всего процесса формирования поражающих факторов, наносящих ущерб человеческим и материальным ресурсам.

Можно выделить следующие четыре этапа или стадии:

- 1) высвобождение накопленной в человеко-машинной системе энергии или запасов вредного вещества вследствие возникшей там аварии;
- 2) неконтролируемое распространение (трансляция) их потоков в новую для них среду и перемещение в ней;
- 3) их дальнейшее физико-химическое превращение (трансформация) с дополнительным энерговыделением и переходом в новое агрегатное или фазовое состояние;
- 4) разрушительное воздействие (адсорбция) первичных потоков и/или наведенных ими поражающих факторов на не защищенные от них объекты [1].

Рассмотрим эти этапы подробнее. Параметры, характеризующие

тот или иной этап, должны учитываться в моделях, положенных в основу информационно-измерительной и управляющей системы экологического мониторинга.

Характеристика первого этапа, т. е. процесса высвобождения аварийно-опасных энергии и вещества, накопленных в объектах техносферы, складывается из ответов на следующие вопросы:

- а) что высвобождается;
- б) откуда или из чего оно истекает;
- в) каким образом это случилось или происходит.

При этом основное внимание при ответе на каждый из них будет уделено со ответственно физико-химическим свойствам вещества или энергии, их высвобождающемуся количеству и динамике (изменению во времени) рассматриваемого процесса.

Возможны такие основные варианты ответа на эти вопросы:

а) твердое тело или вещество — газообразное, жидкое, газокапельное или порошкообразное, которое может быть инертным и неинертным или меняющим и не меняющим свое агрегатное состояние после высвобождения, а также энергия — в форме движущихся тел или потока невидимых частиц-волн;

б) из генератора (компрессора, насоса, источника энергии) или аккумулятора (емкости) — через образовавшуюся в них трещину либо отверстие;

в) практически мгновенно (залповый выброс), непрерывно — с постоянным или переменным расходом и эпизодически — регулярно или случайным образом.

Целью анализа и моделирования этой стадии может служить прогнозирование таких ее параметров, как количество внезапно или постепенно высвободившегося вредного вещества, интенсивность и продолжительность его истечения, а также плотность потока тел либо частиц и напряженность электромагнитных полей или ионизирующих излучений.

Особенности протекания второго этапа рассматриваемого процесса, т.е. распространение опасных потоков, обусловлены как перечисленными только что факторами, так и спецификой пространства, заполняемого веществом или находящегося между источником энергии и подверженным ее воздействию объектом. Чаще всего это пространство может быть трехмерным (атмосфера, водоем, почва), иметь заполнение — неоднородное или однородное, неподвижное или подвижное (несущую среду), обладать фактически бесконечными размерами или ограничиваться другой средой, способной поглощать или отражать потоки энергии или вещества.

С учетом данного обстоятельства возможны различные сочетания существенных для процессов энергомассообмена и потокообразования факторов, приводящих к различным сценариям, начиная с растекания жидких веществ по твердой поверхности и завершая заполнением всего про-

странства смесью аэрозоли, газа и/или жидкости.

Рассмотрим, например, сценарии, связанные с распространением химических веществ в воздушной среде. Сложность модели здесь может быть различна, и это во многом зависит от принятых допущений. В частности, возможны следующие варианты постановки задачи.

1) Принимается допущение о неподвижности атмосферы. В этом случае можно выделить основные особенности распространения газообразных веществ. Они проявляются обычно в образовании либо облака (для залпового выброса газов), либо шлейфа (для их непрерывного истечения), которые затем ведут себя соответственно следующим образом:

а) стелятся над поверхностью или постепенно приближаются к ней (тяжелые газы);

б) касаются земли или распространяются параллельно поверхности (газы, плотность которых близка к плотности воздуха;

в) поднимаются в виде гриба или расширяющегося конуса, поперечные сечения которых называются «термиками» («термик» - интенсивно перемешиваемое образование с поднимающимися легкими потоками внутри и опускающимися из-за охлаждения более плотными окружающими газами (легкие газы).

2) Учитывается подвижность атмосферы как несущей среды и характер подстилающей ее поверхности.

Подвижность атмосферы характеризуется скоростью ветра u_x , скоростью переноса v_x , вертикальной устойчивостью.

Характер подстилающей поверхности обусловлен рельефом местности, шероховатостью поверхности [1].

Этих факторы слегка видоизменяют процесс распространения облака. Обычно это приводит к дрейфу шлейфа или облака атмосфере с постепенным изменением их высоты и формы примерно так, как это показано на рис. 1. Причины тому — действие архимедовых и сил, а также размыв поверхности этих образований за счет трения о поверхность земли и турбулентного рассеяния газов в процессе так называемой атмосферной диффузии (турбулентная диффузия).

Величина трения о земную поверхность обычно зависит от размеров зданий, оврагов, деревьев, кустов и других естественных шероховатостей.

Влияние атмосферы определяется направлением и скоростью циркулирующих в ней потоков, в том числе потока тепловой энергии.

В качестве других исходных данных применяются различные сценарии и факторы, а также количественные характеристики, полученные при исследовании первого этапа процесса формирования поражающих факторов.

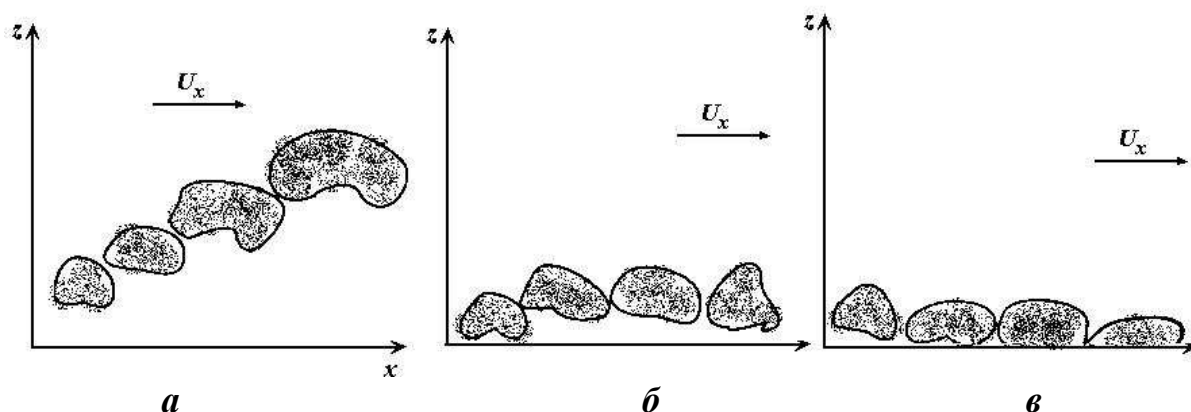


Рис. 1. Распространение облака АХОВ в атмосфере: а – легкий газ; б – газ равный по плотности воздуху; в – тяжелый газ

Третий этап. Трансформация аварийно высвободившихся потоков энергии и запасов вредного вещества зависит от большого числа указанных выше факторов и их вероятных сочетаний. Однако доминирующее положение среди них занимают те физико-химические свойства распространившихся в новой среде продуктов выброса, которые характеризуют их взаимную инертность. В противном случае в образовавшихся или изменившихся под их воздействием объемах пространства возможны не только различные фазовые переходы типа «кипение — испарение» но и химические превращения в форме горения или взрыва, сопровождающиеся большим выделением энергии.

Здесь следует особо выделить два случая:

большие проливы аварийно химических опасных веществ, заполнения их парами сравнительно небольших объемов воздушного пространства.

И в том и в другом случае могут создаваться топливовоздушные смеси, способные к трансформации в одной или нескольких из упомянутых выше форм («кипение - испарение», «горение/взрыв»). Например, залповый выброс значительного количества сжиженного углеводородного газа сопровождается практически мгновенным испарением с образованием смеси, способной затем (после контакта с открытым огнем) взорваться или интенсивно сгореть.

Целью анализа и моделирования данной стадии рассматриваемого процесса служит прогнозирование не только характера трансформации вредных веществ, рассеянных в результате аварии, но и поражающих факторов, обусловленных последующим превращением в новой для них среде.

Четвертой стадией и конечной целью всего исследования процесса причинения техногенного ущерба является изучение поражающего воздействия первичных и вторичных продуктов аварийного выброса на незащищенные от них людские, материальные и природные ресурсы (собственно нанесение ущерба). Основными используемыми при этом исходными дан-

ными являются параметры:

а) поражающих факторов (перепад давления во фронте воздушной ударной волны, концентрация токсичных веществ, интенсивность тепловых и ионизирующих излучений, плотность потока и кинетическая энергия движущихся осколков),

б) потенциальных жертв (стойкость и живучесть конкретных объектов, с учетом частоты или длительно вредного воздействия на них и качества аварийно-спасательных работ).

Сам же ущерб от такого воздействия целесообразно делить на два вида:

а) прямой или непосредственный ущерб, обусловленный утратой целостности или полезных свойств конкретного объекта, и

б) косвенный, вызванный разрушением связей между ним и другими объектами.

Несмотря на определенную условность и нечеткость, приведенная классификация помогает убедиться как в многогранности проявления техногенного ущерба, так и в его зависимости от большого числа перечисленных факторов. Это позволяет привлечь для исследования самые разнообразные модели и методы.

Современная концепция обеспечения безопасности рассматривает потенциально опасные объекты (ПОО) как единую интегрированную систему. Информационно-измерительная и управляющая система экологического мониторинга в данном случае должна выполнять как информационные функции (сбор и обработка информации и ее представление персоналу в удобной форме), так и управляющие функции (безопасность, автоматическое управление и регулирование, блокировка, дистанционное управление во всех режимах работы ПОО) [2].

Как правило, чрезвычайные ситуации возникают неожиданно. Это происходит в результате внезапного выхода из строя деталей, механизмов, машин и агрегатов и может сопровождаться серьезными нарушениями производственного процесса, взрывами, катастрофическими затоплениями, образованием очагов пожара, радиоактивным, химическим заражением местности и т.д.

Исходным действием, с которого начинается управление, обычно считают выработку и принятие решения. Это действие предполагает:

определение цели управления;

оценку обстановки и исходного состояния, в котором находится объект управления;

прогнозирование развития ситуации;

определение и оценку последовательности действий, которые в совокупности должны привести к достижению цели управления;

принятие наиболее рациональной (по предварительным оценкам) последовательности действий в качестве управленческого решения.

При оценке выбираемого решения основную роль играет определение ресурсных возможностей реализации этого решения, к которым относятся силы и средства, финансовые затраты, объем затрат, а также их распределение.

В процессе управления руководителем принимается огромное количество самых разнообразных решений, обладающих различными характеристиками. Тем не менее, существуют некоторые общие признаки, позволяющие это множество определенным образом просчитать и выбрать наиболее верное решение. Насколько правильным будет выбор, зависит от качества данных, используемых при описании ситуаций, в которых принимается решение.

Используя все возможные варианты решения проблемы, можно сформулировать «поле альтернатив». Однако на практике руководитель редко располагает достаточными знаниями или временем, чтобы сформулировать и оценить каждую альтернативу, поэтому он, как правило, ограничивает число вариантов сравнения всего несколькими альтернативами, которые представляются наиболее подходящими [3].

Процесс принятия решений может принадлежать к одному из трех возможных условий:

1. Принятие решений в условиях определенности, когда данные известны точно.
2. Принятие решения в условиях риска, когда данные можно описать с помощью вероятностных распределений.
3. Принятие решений в условиях неопределенности, когда данным нельзя приписать относительные веса, которые показывали бы степень их значимости в процессе принятия решений.

Для поэтапного моделирования на примере исследования возникновения и процесса развития чрезвычайной ситуации, связанной с выбросом аварийно химически опасных веществ, необходимо разработать комплекс смысловых и знаковых моделей, позволяющих установить основные закономерности возникновения чрезвычайных ситуаций и количественно оценить меру возможности их появления. Это можно сделать, используя модифицированные сети Петри.

Модели должны [1, 4-7]:

- а) выявлять условия появления и предупреждения происшествий;
- б) вычислять вероятность их появления.

Исходные данные: параметры химически опасного объекта (X), людских ресурсов (L), сил и средств ликвидации ЧС (C), вероятность аналогичных ЧС ($Q(t)$).

Исходные гипотезы и предпосылки относительно моделируемого явления:

- а) чрезвычайная ситуация может быть описана в соответствии с канонами теории случайных процессов в сложных системах;

б) объектом моделирования должен быть случайный процесс, возникающий на химически опасном объекте и завершающийся появлением происшествий (аварий или чрезвычайных ситуаций);

в) поток таких происшествий допустимо считать простейшим, т.е. удовлетворяющим условиям стационарности, ординарности и отсутствия последствий;

г) каждое происшествие может возникать при выполнении конкретных технологических операций, из-за случайно возникших ошибок персонала, отказов техники и нерасчетных внешних воздействий.

С учетом вышеизложенного можно сформулировать концептуальную постановку задачи моделирования следующим образом:

а) представить процесс развития чрезвычайной ситуации в виде процесса просеивания потока заявок $\alpha(t)$ на конкретные химически опасные объекты в выходной поток случайных происшествий с вероятностью $Q(t)$ их появления в момент времени t ;

б) изобразить данный процесс в виде потоков (графа, интерпретирующего возникновение причинной цепи происшествий из отдельных предпосылок).

Формулировка задачи моделирования в виде системы алгебраических уравнений и проверка корректности математических соотношений, с учетом гипотезы о простейшем характере потока требований на функционирование химически опасного объекта и использованием свойства его инвариантности после разрежения за счет исключения событий для получения зависимостей может быть представлена в следующем виде:

$$Q(t) = f(X, L, C, T, t).$$

Далее разрабатывается процедура априорной оценки каждого из параметров аналитической модели и проверяется корректность всех полученных математических соотношений с применением всех соответствующих правил.

Задачами управления в режиме чрезвычайной ситуации являются оперативное реагирование на ситуацию и выработка действий по уменьшению или полной ликвидации последствий чрезвычайной ситуации. Алгоритм отбора комбинаций ликвидационных мероприятий позволяет:

оптимизировать сценарий ликвидации чрезвычайной ситуации;

эффективно и обоснованно выбирать план ликвидации на основе полученных прогнозных оценок и потерь;

управлять оптимальным размещением сил и средств для ликвидации поражающих факторов чрезвычайной ситуации;

моделировать причинно-следственные связи между возникающими поражающими факторами и др.

При этом в нормальном режиме работы ситуационным центром должны осуществляться следующие мероприятия:

сбор информации для прогнозирования возможного развития чрез-

вычайной ситуации и ее последствий;

построение модели на основании собранной информации;

проведение нескольких циклов моделирования;

разработка на основании проведенного моделирования различных превентивных планов, позволяющих эффективно реагировать на возникающие проблемы.

Кроме того, следует накапливать сведения о ресурсах, необходимых для ликвидации проблем.

Благодаря методу моделирования возникновения неисправности на ПОО и процесса устранения неисправности, основанному на использовании сетей Петри, процесс моделирования программного и аппаратного обеспечения будет являться эффективным и наглядным.

Поскольку алгоритм функционирования сети Петри может быть легко формализован, существуют и продолжают разрабатываться различные программы ЭВМ, моделирующие функционирование сетей Петри.

Материалы подготовлены в рамках гранта Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых российских ученых – кандидатов наук и докторов наук (Конкурс 2013-2014 годов).

Список литературы

1. Лекции по системному анализу и моделированию в чрезвычайных ситуациях // 4044F_lekcii_po_sistemnomu_analizu_i_modelirovaniyu_v_chs (дата обращения: 15.06.2013).

2. Моделирование интегрированных систем комплексной безопасности потенциально опасных объектов/ Н.Г. Топольский, А.В.Фирсов, А.Т. Рвачёв, А.В. Слабченко // Пятнадцатая научно-техническая конференция «Системы безопасности» СБ-2006 <http://www.agps-2006.narod.ru/konf/2007/sb-2007/sec-1-07/30.1.07.pdf>.

3. Принятие управленческих решений в условиях определенности Н.М. Мамедов, Е.И. Сухорукова // vestnik.igps.ru/wp-content/uploads/V3/5.pdf (дата обращения: 15.06.2013).

4. Системная динамическая модель управления процессом ликвидации кризисных ситуаций с использованием сетей Петри/ Колесников Д.А., Симанков В.С.// Программные продукты и системы. №1, 2010.

5. Разработка методов оценки, прогнозирования и предупреждения развития чрезвычайных ситуаций техногенного характера/ А.А. Горюнкова [и др.]// Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2010. № 4-2. С. 259-265.

6. Разработка математических моделей развития чрезвычайных ситуаций техногенного характера и снижения риска их возникновения/ А.А. Горюнкова [и др.]// Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2010. № 4-2. С. 251-258

7. Метод интегральной оценки территориального загрязнения приземного слоя атмосферы горнопромышленного региона/ А.А. Горюнкова [и др.]/// Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2011. № 6-2. С. 504-511.

Горюнкова Анна Александровна, канд. техн. наук, доц., anna_zuykova@rambler.ru, Россия, Тула, Тульский государственный университет

**APPROACHES AND METHODS FOR SIMULATION
OF DECISION MAKING IN EMERGENCIES**

A.A. Goryunkova

The stages of the formation of damaging factors, nano-generating damage to the human and material resources are the parameters that characterize a particular stage, which are accounted for in the models that formed the wasps nova information measurement and control system of environmental monitoring, consider the conditions and the process of decision-making in emergency situations.

Key words: emergency, decision making, Petri net by a system analysis, environmental.

Goryunkova Anna Alexandrovna, candidate of technical science, docent, anna_zuykova@rambler.ru, Russia, Tula, Tula State University