

УДК 614.8

А.А.ТЕСЛЕНКО, канд. физ-мат. наук

*Национальный университет гражданской защиты Украины*

А.Ю. БУГАЕВ,

*Национальный университет гражданской защиты Украины*

А.Б. КОСТЕНКО, канд. физ-мат. наук

*Харьковская национальная академия городского хозяйства*

## **ЧЕТЫРЕХШАГОВЫЙ ПОДХОД К ОЦЕНКЕ ОПАСНОСТИ ОБЪЕКТОВ**

Рассматривается методология оценки опасности объектов, состоящая из четырех этапов. Сначала строится математическая модель объекта. Затем элементы математической модели встраиваются в структуру существующего языка имитационного моделирования. Строится имитационная модель объекта. Модель изучается с целью определения опасности объекта, который она представляет.

*Ключевые слова: модель, оптимизация, объект повышенной опасности, категория, взрывобезопасность, идентификация.*

О.О. Тесленко,

О.Б. Костенко

### **Чотирихкроковий підхід до оцінки небезпеки об'єктів**

Розглядається методологія оцінки небезпеки об'єктів, що складається з чотирьох етапів. Спочатку створюється математична модель об'єкта. Потім елементи математичної моделі вбудовуються в існуючу мову імітаційного моделювання. Створюється імітаційна модель об'єкта. Модель вивчається з метою визначення її небезпеки.

*Ключові слова: модель, оптимізація, об'єкт підвищеної небезпеки, категорія, вибухобезпека, ідентифікація.*

A.A. Teslenko,

A.B. Kostenko

### **The approach by four steps to objects danger estimation**

The methodology of estimation of danger of objects that consisting of four stages is considered. The mathematical model of object is built at first. Then parts of mathematical model is building in simulation language. The simulation model of object is built. Then a model is studied with the purpose of determination of her danger.

*Keywords: model, the object of the increased danger, category, explosion safety.*

Беспрерывное расширение масштабов хозяйственной деятельности человека сопровождается неуправляемой динамикой роста производства, которое приводит к частому возникновению техногенных

ситуаций, что характеризуется резким отклонением от норм явлений и процессов. Они сопровождаются катастрофами и авариями с многочисленными человеческими жертвами, огромными материальными потерями и нарушением условий жизнедеятельности [1,2].

После Чернобыльской катастрофы произошла переоценка системы взглядов на безопасность. Стало очевидным, что для развития теории безопасности необходимо усовершенствование системы оценки и прогнозирования чрезвычайных ситуаций. Наряду с этим для принятия эффективных управленческих решений необходима количественная информация об уровнях опасностей и угроз и их зависимости от разных факторов. Для получения такой информации необходим специальный инструментарий: модели, методики, законодательно-нормативные документы.

Вопросам управления в условиях чрезвычайных ситуаций и построения информационных систем поддержания принятия решений в условиях ЧС, посвящены исследования и публикации многих русских ученых и специалистов - А.Н. Елохина, А.В. Измалкова, Р.З. Хамитова, В.Г. Крымского и других. В последние годы за границей активно развиваются научно-практические работы в области риск-менеджмента, среди которых можно выделить работы Дж. Апосталакиса, Л. Гуоссена, С. Гуаро, Р. Кука, Х. Кумамото, Ф. Лисса, В. Маршалла, Г. Сейвера, Е. Хенли.

Довольно широкое применение среди информационных систем прогнозирования возможных чрезвычайных ситуаций в разнообразных областях нашло имитационное моделирование. К наиболее известным системам следует отнести:

- компьютерную систему для моделирования поступления в окружающую среду и распространение химических веществ - компонентов отработанных газов автотранспорта [3];

- компьютерную систему для оценки рисков [4];
- мощную компьютерную систему для оценки радиационных и химических рисков Министерства энергетики США [5];
- инструменты для оценки экологического риска [6];

Среди русскоязычных компьютерных программ и систем в области имитационного моделирования чрезвычайных ситуаций на опасных объектах следует отметить следующие [7]:

- медико-экологическая информационная система "Медекориск - АТМОСФЕРА", что представляет собой специализированный пакет, который позволяет оценивать риск для здоровья, связанный с загрязнением атмосферного воздуха. Данный пакет разработан для системы лабораторного мониторинга качества атмосферного воздуха. Также была выпущена версия для включения в проекты Arc View GIS, а также для работы с программными продуктами, которые осуществляют расчет полей приземных концентраций от источников выброса промышленных предприятий;

- программа "Оценка риска", которая дает возможность относительно определения радиусов зон поражения при действии: чрезмерного давления в фронте воздушной ударной волны при взрыве, теплового излучения пожаров разлива ЛВЖ и ГВ на человека и графического представления результатов расчета;

- программа "Оценка убытка" позволяет количественно оценить: экономические убытки от аварий на опасных производственных объектах; убытки при расследовании аварии на опасном производственном объекте, при разработке декларации промышленной безопасности, страховании ответственности организаций, которые эксплуатируют опасные производственные объекты;

- программа "ТОКСИ" позволяет определить: количество химически опасных веществ, которые поступили в атмосферу при разных

сценариях аварии, пространственно-временное поле концентрации химически опасных веществ в атмосфере, размеры зон химического и графически представить результаты расчета [8] и др.

Во всех вышеперечисленных работах решался вопрос прогнозирования возможных чрезвычайных ситуаций в разнообразных областях, но для имитационного моделирования процессов использовались устаревшие подходы и языковые структуры. Это ограничивает возможность использования этих разработок в других областях и снижает их эффективность.

Представленный научно-исследовательский подход [10-13] в целом решает те же вопросы, но в отличие от вышеупомянутых работ, в данном подходе компьютерные имитационные модели разрабатываются не путем создания компьютерных программ на существующих языках программирования, а четырехэтапным путем. Сначала строится математическая модель объекта. Затем элементы математической модели встраиваются в структуру существующего языка имитационного моделирования. Строится имитационная модель объекта с использованием этого языка. Модель изучается с целью определения опасности объекта, который она представляет. Сначала создается язык имитационного моделирования для конкретного применения. Потом, с помощью этого языка создаются необходимые имитационные модели. Такой подход позволяет привлечь к разработке имитационных моделей специалистов предметной области, которые не являются специалистами в программировании. Таким образом, специалисты предметной области приближаются к разработке имитационных моделей, которая разрешит поднять моделирование на принципиально новый уровень.

Для решения этой задачи используется имитационное моделирование технологических процессов с целью уменьшения последствий

возможных аварий на базе созданного комплекса программных средств.

Специфические трудности моделирования для задач, связанных с мероприятиями по уменьшению вероятности возникновения аварий, состоят в:

- идентификации всех возможных источников риска для здоровья населения и окружающей среды в пределах исследуемого объекта;
- анализе и выделении приоритетных источников риска;
- анализе и оценке приоритетных источников риска по вероятности возникновения опасного события и последствиям реализации возможного опасного события.

Концепция моделирования в данном случае должна базироваться на двух главных принципах:

- доступность и возможность для пользователя проведения в рамках единой программной системы всех классических этапов имитационных исследований;
- возможность работы с данными инструментальными средствами для максимально широкого круга специалистов с помощью простого и удобного конструирования исследуемой системы из базовых «кирпичей».

Задача, которая поставлена в разработке данного направления исследований, заключается в попытке объединения моделей, которые описывают категорирование, идентификацию и химическое заражение местности. Интересным в этой работе есть согласования результатов расчетов за этими тремя направлениями и поиск корреляции между ними.

С точки зрения принципиальной возможности прогнозирования техногенных аварий и рекомендуемых изменений объекта наличие программного обеспечения не является обязательным, т.е. не имеет

принципиального значения. Однако, для оптимизации необходим большой объем вычислений. Трудно поверить в хорошее качество оптимизации «вручную» даже при минимальной сложности объекта и целей оптимизации. В настоящей работе представлен опыт оптимизации минимально сложного объекта. Определены объемы трудозатрат и качество оптимизации. Для решения задачи впервые использован проблемно-ориентированный язык программирования для моделирования задач в области чрезвычайных ситуаций, предложенный в работах [9-13]. В данной статье предлагается пример исследования основанный на макро-парсере объединяющем три языка, соответствующих интерпретаторам «Категория», «Идентификация», «Химическое заражение» [9-13]

Рассмотрим достаточно простой пример частичной оптимизации (или рационализации), однако такой, чтобы он мог показать возможность решения сложных задач. Предположим, на некотором предприятии имеется два помещения (будем называть их помещение 1 и помещение 2), в которых находятся две разновидности оборудования: установки типа 1 и установки типа 2. Для простоты будем считать, что в технологическом процессе отсутствуют трубопроводы, вентиляции и т. п. В помещении 1 находятся 3 установки типа 1 и 2 установки типа 2. В помещении 2 находятся 2 установки типа 1 и 4 установки типа 2. Объем помещения 1 -  $1500 \text{ м}^3$ , объем помещения 2 -  $3500 \text{ м}^3$ . В установке 1 используется единственное вещество бутилен ( $0.7 \text{ кг}$ ), в установке 2 ацетон, ( $\text{CH}_3\text{COCH}_3 - 1.7 \text{ кг}$ ). Предположим, принято решение заменить отработавшие свой ресурс установки типа 1 и 2 на установки, большей вместимости. В помещении 1 это по одной установке типа 1 и 2. В помещении 2 это одна установка типа 1 и две установки типа 2. Установки будут изготавливаться на опытном заводе этого же предприятия. Требуется определить вместимость этих

установок в следующих условиях. Опытный завод будет изготавливать серию единичных установок (имеющих один объем) каждой разновидности. Требуется увеличить вместимость установок так, чтобы помещения не попали в категории «А» и «Б».

Полный текст программы для определения категорий помещений в данном случае многократно выполнялся модулем оптимизации Optim, описанным и доступным в [11]. В каждом этапе выполнения программа модифицируется так, что переменным Маса\_ГГ#1 и Маса\_ГГ#2 присваивались случайные значения из диапазона 0.1 – 9кг, которые и определяют максимальную загрузку аппаратов после реконструкции. Функция цели была сформирована таким образом, чтобы минимизировать отличие избыточного давления взрыва от 5 кПа при максимальных значениях Маса\_ГГ#1 и Маса\_ГГ#2.

$$\alpha = K_0 \cdot ((5 - \Delta P_1)^2 + (5 - \Delta P_2)^2) + K_1 / (\text{Маса\_ГГ\#1})^2 + K_2 / (\text{Маса\_ГГ\#2})^2$$

$\alpha$  - функция цели,  $K_0$ ,  $K_1$ ,  $K_2$  – весовые коэффициенты,  $\Delta P_1$ ,  $\Delta P_2$  - избыточное давление взрыва в первом и втором помещении соответственно, определяемое по алгоритмы описанному в [14].

В результате решения данной задачи определено, что при заданных условиях оптимальная вместимость установки 1 - 2.11 кг, установки 2 - 1.71 кг. Оптимизация происходит по двум переменным, которые меняются от 0.1 до 9кг. Используется метод случайного поиска с обучением. Для поиска всех экстремумов применяется мультистарт. Точность нахождения результата оценивается на основе средней величины последних трех шагов и близка к точности арифметических результатов (т.е. не хуже  $10^{-13}$  кг).

Рассмотренная четырехэтапная методология оценки опасности объектов является эффективно работающей. При необходимости, позволяет быстро повторять процедуру оценивания для различных вариантов устройства объектов, что позволяет находить рациональные решения, исходя из конкретно поставленных задач.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Закон України «Про захист населення і територій від надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру. 8.06.2000 р.
2. Абрамов Ю.О., Грінченко Є.М., Кірючкін О.Ю та інші. Моніторинг надзвичайних ситуацій. Підручник. Вид-во: АЦЗУ м. Харків, 2005,- 530 с.
3. CALINE 4 Software - Caltrans Division of Environmental Analysis. <http://www.dot.ca.gov>.
4. alpha CARES - Cumulative and Aggregate Risk Assessment Evaluation System - <http://alphaCARES.org>.
5. RESRAD Codes - потужна комп'ютерна система для оцінки адіаційних і хімічних ризиків Міністерства енергетики США - <http://web.ead.anl.gov>.
6. Ecological Risk Analysis Tools and Applications - інструменти для оцінки екологічного ризику - (<http://www.hsrdo.ornl.gov>).
7. Стоєцький В.Ф., Дранишников Л.В., Єсипенко А.Д. Управління техногенною безпекою об'єктів підвищеної небезпеки. Тернопіль: Видавництво Астон, 2005. 408 с.
8. Гуц А.К., Коробицын В.В., Лаптев А.А., Паутова Л.А., Фролова Ю.В. Социальные системы. Формализация и компьютерное моделирование. Учебное пособие. - Омск: Омск. гос. ун-т, 2000. - 160 с.
9. Тесленко О.О., Михайлюк О.П., Олейник В.В. Досвід застосування імітаційного моделювання до ідентифікації об'єктів підвищеної небезпеки/ Зб. Наук. Пр. УЦЗ України «Проблеми надзвичайних ситуацій». Вип.. 7 – Харків: УЦЗУ, 2008, - С.139-14.
10. Тесленко А.А., Михайлюк А.П., Олейник В.В. К вопросу использования имитационного моделирования при прогнозировании последствий выброса опасных химических веществ при авариях на промышленных объектах./ Зб. Наук. Пр. УЦЗ України «Проблеми надзвичайних ситуацій». Вип.. 8, – Харків: УЦЗУ, 2008, - С.194-198.
11. <http://www.emergencemodeling.narod.ru/>
12. <http://www.predictionmodels.narod.ru/>

13.Тесленко О.О., Михайлюк О.П., Олейник В.В. Досвід застосування імітаційного моделювання до ідентифікації об'єктів підвищеної небезпеки/ Зб. Наук. Пр. УЦЗ України «Проблеми надзвичайних ситуацій». Вип.. 7 – Харків: УЦЗУ, 2008, - С.139-14.

14.НАПБ Б.03.002.-2007 Норми визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою.