



УДК 614:627.8

А.Ю. Туманов

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЯ ПО ОЦЕНКЕ РИСКА АВАРИЙ НА ПОТЕНЦИАЛЬНО ОПАСНЫХ ОБЪЕКТАХ

A.Yu. Tumanov

DEVELOPMENT OF A SYSTEM TO SUPPORT A DECISION TO ASSESS THE RISK OF ACCIDENTS ON POTENTIALLY HAZARDOUS INSTALLATIONS

В рамках решения задачи предотвращения и прогнозирования неблагоприятных событий (аварии, происшествия, инциденты, катастрофы), решаемой с применением средств автоматизации, разработана методика формирования модели системы поддержки принятия управленческих решений по оцениванию риска аварий, основанная на структурировании и оценке внутренних информационных потоков, классификации факторов риска, их вероятностей и возможных последствий аварии на потенциально-опасных объектах энергетики.

СИСТЕМА ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЯ. ОПАСНЫЙ ОБЪЕКТ ЭНЕРГЕТИКИ. БАЗА ДАННЫХ. ЭКСПЕРТНАЯ СИСТЕМА.

The task of preventing and predicting adverse events (accidents, incidents, accidents, catastrophes) problem in the application of automation, a method of forming a model of managerial decision-support system to assess the risk of accidents, based on the structuring and evaluation of internal information flows, risk classification, their probability and potential consequences of potentially hazardous installations.

DECISION SUPPORT SYSTEM. A DANGEROUS ENERGY OBJECT. DATABASE. EXPERT SYSTEM.

Была поставлена цель разработать теоретические и методологические положения для информационно-управленческой модели системы поддержки принятия управленческих решений по оценке риска аварий на потенциально опасных объектах энергетики. Достижение указанной цели исследователь осуществил изучая и анализируя конкретные информационные технологии, основные тенденции развития предприятий энергетики и влияние информационных систем на эффективность деятельности указанных организаций, а также системы поддержки принятия управленческих решений.

В соответствии с указанной целью были решены следующие основные задачи:

проведен анализ представленных на информационном рынке России программных продуктов, автоматизирующих отдельные процессы управления, и выделены категории продуктов, используемые при оценке риска аварий на по-

тентциально опасных объектах энергетических предприятий;

исследованы особенности управления энергетическими предприятиями в условиях ЧС;

выполнен анализ основных проблем, возникающих при применении различных информационных технологий в энергетической отрасли;

разработана методика формирования модели системы поддержки принятия управленческих решений по оценке риска аварий для энергетических предприятий, основанная на структурировании и оценке внутренних информационных потоков, классификации факторов риска, их вероятностей и возможных последствий аварии для различных объектов и субъектов экономики;

проведена оценка эффективности внедрения модели на предприятиях энергетической отрасли.

Объектом этого исследования были опасные объекты энергетики (ООЭ). В качестве ООЭ для примера выбрана тепловая электростанция (ТЭЦ).

Предмет исследования — процессы оценки риска аварий на потенциально-опасных объектах энергетических предприятий, обеспечивающие реализацию процессов принятия решений в системе управления ООЭ.

Основные методы исследования: экономикоматематическое моделирование, системный подход, теория принятия решений, методы оптимизации, теория информации, теория вероятностей.

Основные результаты:

методика оценки риска аварии на ООЭ с учетом внутренних и внешних факторов, являющаяся основой формирования системы поддержки принятия решений на энергетическом предприятии;

методика оценки эффективности информационной поддержки принимаемого решения;

принципы и методы работы системы поддержки принятия решений на тепловых электростанциях;

методика внедрения модели информационной системы в информационное пространство энергетических предприятий;

аппаратно-программный комплекс оценки риска аварии ООЭ, включающий в себя базу данных ООЭ региона и экспертную систему.

Научная новизна результатов работы состоит в следующем:

сформулированы основные требования к функционированию систем поддержки принятия управленческих решений на опасных объектах на примере энергетических предприятий и предложена модель системы поддержки принятия управленческих решений, отличающаяся от существующих применением структурированных и оцененных факторов риска аварии на опасном объекте, их вероятностей проявления, учетом этапов жизненного цикла ЧС;

введено понятие «жизненный цикл» и определены этапы развития ЧС на энергетических предприятиях;

введен параметр оценки эффективности разрабатываемых средств поддержки принимаемого решения на энергетических предприятиях и оценен вклад его составляющих;

на основе проведенного исследования разработаны рекомендации по внедрению указанной модели.

Практическая значимость результатов работы заключается в предоставлении персоналу управления тепловых электростанций методологии создания инструмента оперативного анализа информационных потоков по оценке риска, связанных с возможной аварией, и моделирования на их основе принимаемых решений, поддержания максимальной эффективности деятельности энергетического предприятия в различные периоды с учетом возможности ЧС.

Полученные результаты могут стать отправной точкой для дальнейшей разработки ряда направлений, связанных с построением систем поддержки деятельности аппарата управления и корпоративных систем предприятий энергетики. Предложенные рекомендации также позволят выбрать пути использования предлагаемых продуктов на рынке информационных систем.

Основные теоретические положения и выводы могут быть использованы в курсе «Экономика и менеджмент безопасности», при подготовке специалистов в области экономики энергетики (применение информационных технологий и построение систем поддержки принятия управленческих решений для предприятий энергетической отрасли), а также в научно-исследовательских разработках по проблемам применения информационных технологий в области энергетики.

Результаты исследования использованы при разработке курсов бакалаврских и магистерских программ «Управление и оценка риска», «Оценка эффективности систем безопасности в чрезвычайных ситуациях» для студентов кафедры управления и защиты в чрезвычайных ситуациях факультета комплексной безопасности (института военно-технического образования и безопасности) Санкт-Петербургского государственного политехнического университета.

Основные компоненты информационной системы поддержки принятия управленческих решений

Автоматизированные информационные системы поддержки принятия управленческих решений позволяют менеджерам оперировать



с большим объемом информации, заложенным в базах данных (знаний), исследовать различные ситуации, выдавать прогнозные решения, что в обычном режиме работы менеджера могло остаться незамеченным. Это не значит, что менеджер устраняется от процесса принятия решения, но он использует элементы искусственного интеллекта, снижающего риск принятия «неправильных» решений.

Информационная система поддержки принятия управленческих решений представляет собой частный случай информационных систем управления предприятиями. В общем смысле информационную систему можно рассматривать как совокупность процедур и ресурсов, с помощью которых собирается, трансформируется и распространяется информация. Информационная система управления представляет собой совокупность аппаратных, программных и организационных средств, которые позволяют удовлетворить потребность управленцев всех уровней в обработке информации.

В работе [1] представлены основные компоненты информационной системы поддержки принятия управленческих решений:

1. Система управления данными, включающая в себя базы данных (хранилище информации), базы знаний или правил (набор правил, в соответствии с которыми осуществляется анализ и преобразование информации для подготовки принятия решений), базы прецедентов (хранилище ранее имевших место случаев преобразования информации).

2. Модельная база, содержащая финансовые статистические и управленческие модели, обеспечивающие аналитические возможности системы.

3. Поддержка и обработка модельной базы аналогично управлению базами данных.

4. Диалоговая подсистема, обеспечивающая интерфейс пользователя.

При построении системы необходимо учитывать информационные потоки, включающие директивные, нормативные, плановые, учетно-отчетные, социальные и прочие источники информации.

Как указывалось выше, внедрение информационной системы поддержки принятия управленческих решений позволяет повысить эффективность системы управления. Это может

быть достигнуто путем обеспечения следующих функций и получения ряда выгод (эффектов):

- способности поддерживать решения сложных проблем;

- быстрой реакции на возникновение неожиданных ситуаций (снижение времени на обработку поступающей информации);

- возможности оценки нескольких путей решения проблемы;

- улучшения контроля за исполнением решений;

- снижения затрат;

- повышения объективности принимаемых решений;

- увеличения эффективности управления за счет улучшения качества планирования и анализа деятельности.

Анализ существующих СППР и информационных систем

Проведенный анализ выявил, что возникшие в 1970-х годах информационные системы для принятия управленческих решений появились в тот момент, когда основное внимание уделялось снабжению информацией и поддержке эффективных управленческих решений. Сама концепция этого направления возникла в 1960-х годах. В нашей стране такие системы известны под названием АСУ и использовали достижения в области обработки данных в управлении, теории систем и компьютерных технологий. Концепция получила широкое применение, так как определяет именно управленческий аспект в информационных системах. Ее главная цель — поддержка принятия управленческих решений и формулирование того, что основа системы — использование конкретных компьютерных программ в организациях, которые взаимосвязаны и интегрированы.

Основные проблемные области исследования при создании СППР согласно работе [2]:

1. *Управление региональным риском.* При оценке безопасности необходимо учитывать риск от всех технологий, размещенных в рамках исследуемого региона (страны). Концентрация опасных производств на небольшой территории приводит к значительному возрастанию опасности в случае наступления аварии. В ряде стран (например, Нидерланды, Франция) приняты законодательные меры, направленные на регули-

рование использования новых технологий. В Нидерландах построены карты риска от всех существующих потенциально опасных предприятий. Определены стандарты, которые должны соблюдать все предприятия, а там, где требуется, и промежуточные стандарты. Решение о постройке нового предприятия принимается лишь после проведения анализа риска, при этом выбор площадки для его строительства определяется уровнями риска от него и близостью населенных пунктов. Аналогично при перевозке опасных веществ рассчитываются маршруты исходя из минимума возможного риска.

В Италии создан объединенный центр по управлению риском стран-членов ЕЭС. В его функции входят сбор данных об используемых технологиях, разработка мер безопасности, информирование населения, осуществление функций контроля. Для проведения аналитических исследований Центр создает банк данных по всем крупным авариям.

Вопросами прогнозирования ЧС и созданием СППР занимается ряд организаций. Так ВНИИ ГОЧС в кооперации с Центром исследования экстремальных ситуаций и Военно-инженерным университетом уже более десяти лет создает специализированную геоинформационную систему (ГИС) «Экстремум» — комплексное программное средство, включающее картографические и атрибутивные базы данных, модели для прогнозирования ЧС и их последствий, сценарии реагирования при землетрясениях, природных пожарах, наводнениях, техногенных катастрофах [3].

ГИС работает в двух режимах — исследовательском и оперативном. Первый предназначен для решения научно-практических задач по заблаговременной оценке рисков, изучения различных факторов, влияющих на уровень риска, оценки эффективности мероприятий по его снижению и управлению им. Оперативный режим служит для определения эффективных мероприятий по немедленному реагированию на ЧС.

На основе разработанных математических моделей созданы методики прогнозирования ЧС, планирования мероприятий по смягчению их последствий и оперативному реагированию на них. Эти методики позволяют получать:

поля поражающих факторов в случае аварий на опасных объектах;

законы разрушения зданий различных типов, характерных для рассматриваемого региона;

законы поражения людей, учитывающие специфику территории;

оценки последствий природных и техногенных процессов при аварии и разрушении гидротехнических сооружений;

оценки последствий на пожаро-, взрыво-, радиационно- и химически опасных объектах;

оценки риска опасных природных и техногенных процессов.

Блок программ, разработанных в среде MS Access на языке Visual Basic, позволяет оценивать последствия и индивидуальные риски при наводнениях, пожарах в случае аварий на опасных объектах. Модели внутри блока подразделяются на следующие группы:

модели воздействий;

модели, описывающие сопротивление объектов воздействию;

модели оценки риска.

Комплексное применение этих моделей дает возможность оценить последствия первичного и вторичного воздействий опасных факторов, включая медицинскую, инженерную, пожарную и химическую обстановку, а также спрогнозировать индивидуальный риск населения.

Для прогнозирования рисков от лесных пожаров и наводнений в состав СППР включен отдельный модуль. Внушительная площадь региона, где возможны катастрофы (80 процентов территории России покрыто лесами, примерно столько же приходится на бассейны крупнейших рек Европы и Азии), и пространственная неопределенность мест возникновения очагов влияют на состав и объем информации, хранимой в базах данных ГИС. В них включена информация о 2500 пунктах наблюдения за пожарной обстановкой и о более чем 3000 водомерных постов на территории России. Исходными данными для оценки рисков служат результаты метеорологических прогнозов и наблюдений за изменением уровня воды в реках и за параметрами, характеризующими пожарную обстановку в лесных массивах (температура, влажность, количество дней после дождя). Результатом расчета являются показатели зонирования территории по степени опасности за определенный



промежуток времени и показатели индивидуального риска, которые оформляются в виде тематической карты и пояснительной записки.

Донским экологическим центром разработаны СППР представляющие собой базы данных «Потенциально опасные объекты», «Аварии» и «Загрязнение нефтепродуктами» и ряд других.

В ходе анализа выявлено, что база данных «Потенциально опасные объекты» предназначена для хранения и структурирования необходимых для экологического контроля данных по потенциально опасным объектам и включает в себя следующие элементы:

- 1) характеристики потенциально опасных объектов;
- 2) утвержденный порядок их экологического контроля;
- 3) схемы оповещения и порядок действия групп ликвидации аварий;
- 4) порядок взаимодействия с подразделениями МЧС России;
- 5) место дислокации штаба по ликвидации аварий на объекте;
- 6) наличие в штабе моделей развития аварийных ситуаций и распространения загрязняющих веществ при данных метеорологических условиях в данной конкретной местности;
- 7) характеристики моделей возможных последствий загрязнения объектов;
- 8) задачи восстановления ОПС после ликвидации последствий аварий и перечень возможных типовых мероприятий, которые можно провести силами личного состава объекта под контролем эколога предприятия или организации, на территории которой находится данный объект;
- 9) количество и типы потенциальных источников радиационного загрязнения на объектах;
- 10) имеющиеся случаи нарушения правил их эксплуатации и утилизации;
- 11) наличие признаков профессионального заболевания у личного состава объекта, обслуживающих эти источники;
- 12) количество и типы потенциальных источников химического загрязнения на объектах;
- 13) имеющиеся случаи нарушения правил их эксплуатации и наличие предприятий по утилизации таких источников;
- 14) наличие на этих объектах моделей распространения ОВ (СДЯВ) в аварийных ситуациях;

15) количество и типы потенциально опасных объектов народного хозяйства, деятельность которых отрицательно сказывается на состоянии качества ОПС.

База данных «Аварии» предназначена для хранения и анализа данных, необходимых для эффективного проведения мероприятий по ликвидации аварий и их последствий.

Данные о происшедших аварийных сбросах на природоохранных и потенциально опасных сооружениях за последние пять лет включают в себя следующие элементы:

- 1) причины и последствия аварий;
- 2) прогноз возможных аварийных ситуаций на этих сооружениях, меры их предупреждения силами предприятия или организации с учетом привлечения сил и средств МЧС России;
- 3) возможные экологические последствия этих аварий и ущерб окружающей природной среде (ОПС).

База данных «Загрязнение нефтепродуктами» предназначена для хранения и анализа данных, необходимых для учета случаев загрязнения окружающей природной среды и мероприятий по ликвидации их последствий. Она включает в себя:

- 1) количество и типы складов хранения нефтепродуктов на территории предприятия или организации;
- 2) состояние складов хранения нефтепродуктов;
- 3) имевшиеся случаи загрязнения территорий нефтепродуктами за последние пять лет;
- 4) принятые меры по ликвидации загрязнения территорий нефтепродуктами;
- 5) предложения по устранению последствий загрязнения территорий.

Предлагаемая СППР

Под системой поддержки принятия решений (СППР) понимается информационная система, предназначенная для формализации и актуализации слабоструктурированных и неструктурированных задач планирования, прогнозирования и управления, максимально приспособленных для адекватной оценки повседневных управленческих проблем и используемых в качестве инструмента экспертами и системными аналитиками.

Общий алгоритм поддержки принятия решений, состоящий из этапов, наиболее удобно

представить в виде IDEF0-диаграммы, приведенной на рис. 1 [4]:

Рассмотренная иерархическая последовательность показывает, что переход к последующему этапу без реализации предыдущего затруднен, но возможны итерации, т. е. повторения несколько раз одного и того же этапа или совокупности этапов для достижения наиболее эффективного результата.

Рассмотрим функциональную схему системы поддержки принятия решений для реализации широкого круга задач. Анализ классической схемы, известной из теории принятия решений, для реализации СППР в рамках одной предметной области выявил необходимость структуризации, оптимизации и актуализации существующих алгоритмов и методов, предназначенных для решения задач в управленческой деятельности.

При необходимости привлечения больших объемов информации в классической схеме поддержки принятия решений необходимо использовать базы данных и базы знаний, а оптимальное применение методов и правил формирования системы критериев, генерации альтернатив, выбора и анализа альтернатив позволит интеллектуализировать процесс принятия решений.

За основу построения СППР оценки риска аварий на ООЭ взята общая функциональная схема СППР, отвечающая современным требованиям ИТ-технологий (рис. 2), разработанная в рамках гранта Российского фонда фундаментальных исследований по теме «Разработка теоретических основ и построение интеллектуальных систем мониторинга, анализа и поддержки принятия политических, социально-экономических и технологических решений региональ-

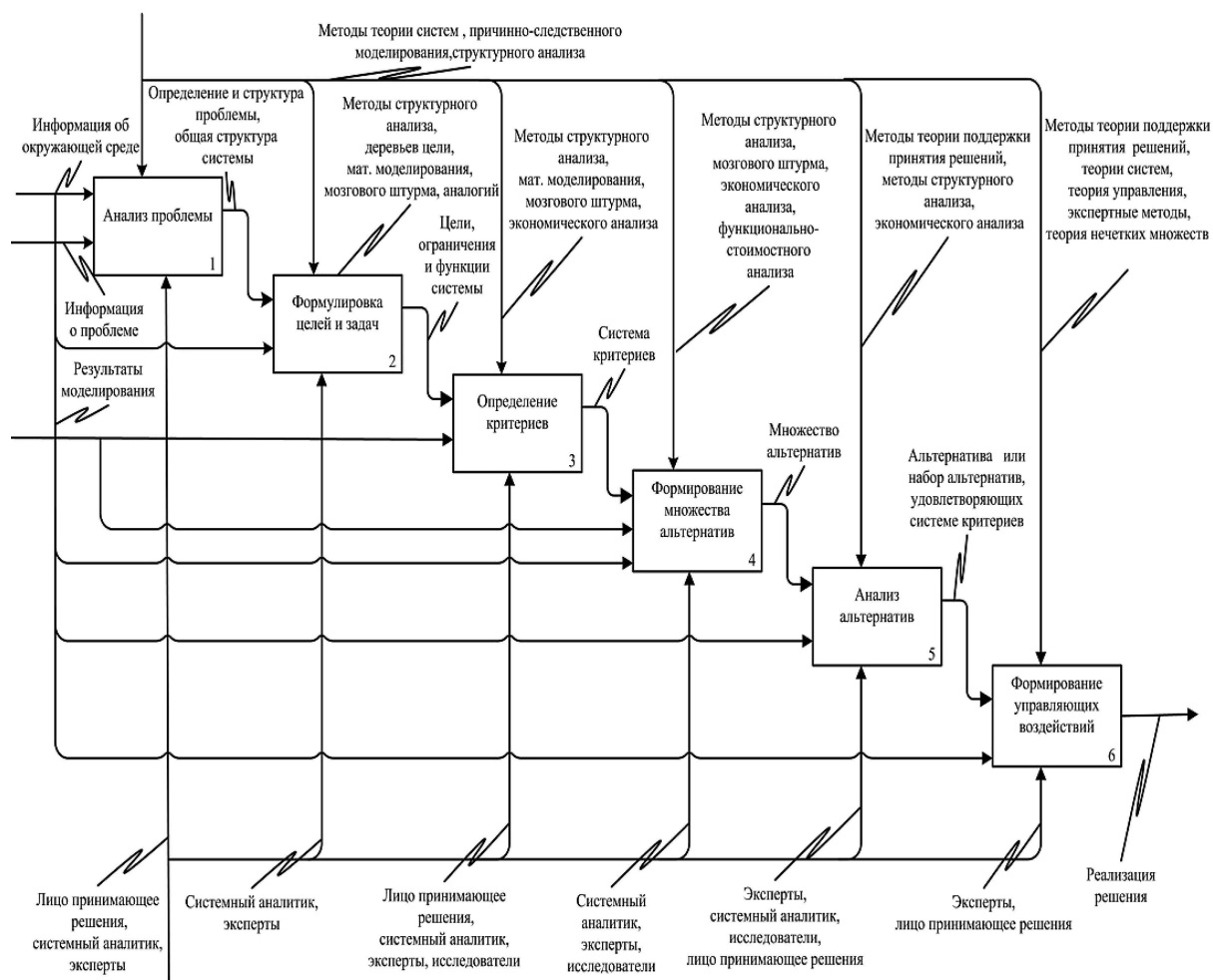


Рис. 1. Алгоритм поддержки принятия решений [4]

ного уровня для ситуационных центров органов власти». [5]. В этой работе функциональная схема системы поддержки принятия решений построена таким образом, что при рассмотрении задач, относящихся к различным предметным областям, система перенастраивается на конкретную проблемную ситуацию. Возможность организации БД и БЗ больших объемов позволяет использовать накопленную информацию при решении различных задач с учетом методов генерации решений, формирования системы критериев и выбора решений в зависимости от предметной области проблемы.

Реализация СППР в рамках приведенной принципиальной схемы дает возможность расширять количество и круг задач при условии программной модернизации СППР и наполнения ее баз данных и баз знаний. Однако такую

сложную систему должны поддерживать специалисты, которые в зависимости от назначения структурных элементов условно разбиты на группы в соответствии с функциональными обязанностями: системные аналитики, эксперты, исследователи и лица, принимающие решения.

При проектировании, построении и программной реализации системы для назначения структурных элементов и функциональных задач пользователей СППР необходима ее ориентация на поддержку принятия решений в рамках определенной предметной области или нескольких областей, а также различного класса управленческих задач в соответствии с этими предметными областями.

Согласно принципиальной схеме одним из элементов СППР является БД (БЗ). Адаптируем представленную принципиальную функцио-

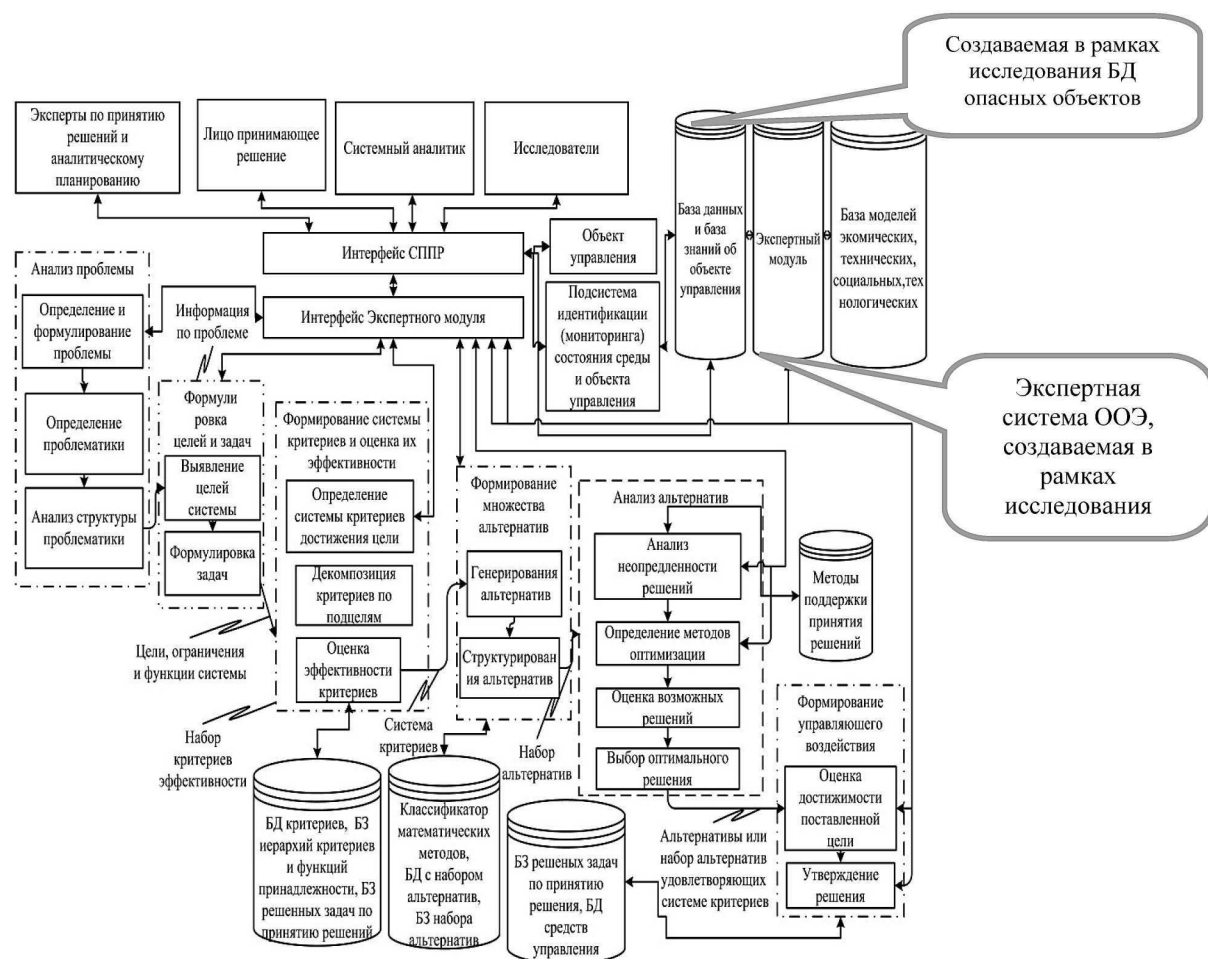


Рис. 2. Функциональная схема СППР [5], взятая за основу

нальную модель СППР для предметной области, связанной с безопасностью в ЧС. В ходе исследования разработан прототип базы данных «Опасные объекты энергетики», которая предназначена для хранения и структурирования данных, необходимых для оценки риска аварии на потенциально опасных объектах топливно-энергетического комплекса региона России и включает в себя следующие элементы:

- 1) виды и характеристика потенциально опасных объектов;
- 2) расчетные модели развития аварийных ситуаций и распространения загрязняющих веществ при данных метеорологических условиях в данной конкретной местности;
- 3) характеристики моделей возможных последствий загрязнения объектов;
- 4) типы и признаки потенциальных источников опасности на объектах;
- 5) текущее состояние безопасности ООЭ.

Интерфейс программной реализации БД «Опасные объекты энергетики», созданной в среде MS Access 2003 на языке Visual Basic, представлен на рис. 3.

Еще один из элементов создаваемой СППР ОРООЭ — экспертная система (ЭС), реализованная в виде компьютерной программы «Экспертный модуль».

Экспертные системы в зависимости от назначения подразделяются на несколько видов. Для случая идентификации факторов риска и оценки апостериорных вероятностей риска рекомендуется создать собственную *идентификационно-диагностическую экспертную систему* с машиной логического вывода вероятностного типа (байесовская система) и базу знаний по оценке безопасности объектов энергетики, реализованную в виде компьютерной программы.

Было принято решение о разработке специализированного для данной ЭС программного обеспечения.

Для поддержки принятия решений на этапе идентификации опасностей промышленных объектов, т. е. для определения перечня опасных устройств и возможных сценариев развития аварий, а также для решения слабоструктурируемой задачи оценки риска предлагается создать и применять экспертную систему на основе базы знаний факторов опасности (риска).

В работе [6] дано краткое описание простой ЭС, использующей байесовскую систему логического вывода. Она предназначена для проведения консультации с пользователем с целью определения вероятностей возможных исходов и использует для этого оценку правдоподобности

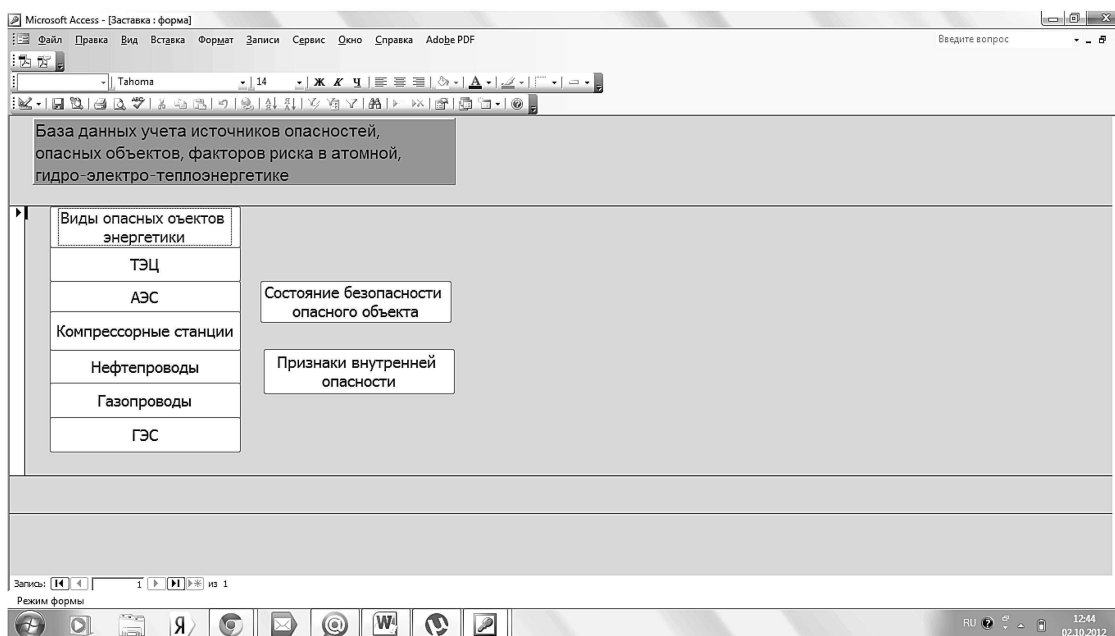


Рис. 3. Внешний вид главного окна программы БД «Опасные объекты энергетики»



некоторых предпосылок, получаемую от пользователя. ЭС в данном случае выступает в роли эксперта, который задает уточняющие вопросы пользователю относительно факторов риска и на основе полученных дополнительных сведений выдает результат консультации. Причем желательна минимизация количества задаваемых вопросов, для чего следует выявить и задавать самые важные вопросы, от ответа на которые в большей степени зависит окончательное установление результата. Именно так и поступает данная ЭС. Она запрашивает у пользователя оценку истинности самого важного *свидетельства*, на основе ответа корректирует вероятности *исходов* и переходит к следующему свидетельству, выбрав снова самое актуальное. Таким образом, достигается наискорейшее получение результата при минимальном количестве запросов.

Использование байесовской системы логического вывода означает, что информация, обрабатываемая ЭС, не является абсолютно точной, а носит вероятностный характер. Пользователь не обязательно должен быть уверен в абсолютной истинности или ложности свидетельства, он может отвечать на запросы системы с какой-то степенью уверенности. В свою очередь ЭС выдает результаты консультации в виде *вероятностей* наступления исходов. Под исходами в зависимости от настроек ЭС могут пониматься опасности, причины опасностей (факторы риска), сценарии развития аварий на опасном объекте и др.

ЭС представлена в виде компьютерной программы, в которой и проводится консультация. На рис. 4 показан фрагмент байесовского логического вывода, в котором свидетельства (вопросы уточняющего характера) — E_i , а исходы (факторы риска) — C_j . Величина апостериорной вероятности по этапу жизненного цикла проекта $P(C)$ находится как произведение вероятностей исходов, если эти факторы статистически независимы.

Рассмотрим, как в ЭС представлены результаты консультации. Целью консультации является определение *апостериорных вероятностей возможных исходов*. Список исходов с указанием текущих значений вероятностей показан в левой части верхней половины окна программы. Ширину этой области можно увеличить или умень-

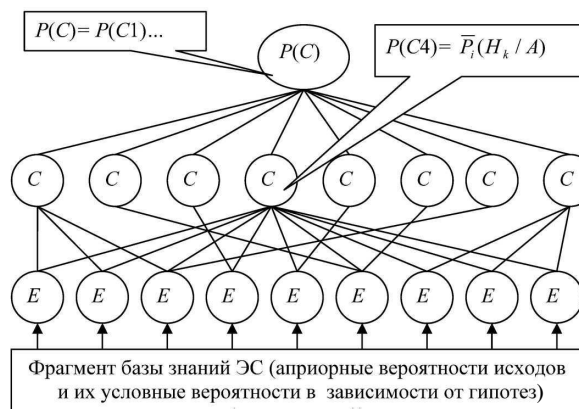


Рис. 4. Фрагмент байесовского логического вывода для ЭС

шить, передвинув разделитель, отделяющий ее от области обработанных свидетельств.

Для более удобного представления результатов их можно упорядочить либо по названиям исходов (в алфавитном порядке), либо по значениям текущих вероятностей. Вероятности исходов могут быть выражены в процентах. Здесь же можно сделать выбор относительно классификации результатов на существенные и несущественные (выделение цветом).

Имеется возможность следить за вероятностью конкретного исхода, если выделить его в списке, — теперь он всегда будет виден в окне (при этом результаты должны быть упорядочены в алфавитном порядке). Если же результаты упорядочены по вероятностям, то можно выбрать нижнюю строку списка, чтобы в поле зрения всегда был наименее вероятный исход (фактор риска ИП).

После того, как будет обработано последнее значимое свидетельство, ЭС подведет итог, и вероятности исходов в списке результатов примут окончательные значения. Теперь вы можете сделать вывод о возможности наступления интересующего вас исхода или просто прочесть название наиболее вероятного из возможных исходов. Кроме того, экспертная система выдает результаты консультации в виде столбчатой диаграммы, что позволяет наглядно показать ключевые факторы риска ($P_i(H_k / A) > P_{iкр}$).

В случае с ООЭ необходимо узнать какова вероятность возникновения и наступления того или иного исхода при изучении влияния того или иного фактора риска на опасный объект.

Кроме того, для выяснения вероятностей наступления того или иного исхода, в данном случае фактора риска, можно оценить влияние этих факторов в разных условиях. Для этого пользователи могут провести консультации с ЭС и на основе полученных результатов оценить ключевые факторы риска, после чего сделать предварительные выводы о безопасности объекта энергетики. Применение ЭС автоматизирует и укорачивает процесс выявления влияния факторов риска на ООЭ и производит их ранжирование по степени вероятности и важности, а также по величине предполагаемых потерь от их реализации. При этом выявляются ключевые факторы риска.

Наибольшую сложность при разработке ЭС вызвало создание ее БЗ на основе классификатора факторов риска объекта и присвоение факторам риска величин априорных вероятностей и условных вероятностей в зависимости от степени уверенности в том или ином утверждении. Надо отметить следующее обстоятельство: условные вероятности наступления того или иного элементарного события (фактор риска), задаваемые как величины P_y , P_n , являются основанием для проведения расчета апостериорной вероятности наступления нежелательного события согласно теореме Байеса.

Ниже приведено описание базы знаний опасностей и факторов риска ООЭ. Для под-

тверждения обоснованности предложенной базы знаний было проведено тестирование ЭС на нескольких опасных объектах, из чего было сделано заключение о возможности применения БЗ в оценке других опасных объектов энергетики. Конечно, БЗ не лишена определенных недостатков и, безусловно, необходимо проводить работу по ее улучшению по мере использования для большого числа опасных объектов, что даст необходимые статистические данные. Но и в первоначально созданном виде БЗ и использование ее для определения вероятностей факторов риска и сценариев происшествий является мощным качественным средством и необходимой предпосылкой создания информационно-управленческой системы безопасности опасных объектов энергетики. На рис. 5 представлен общий вид формы «Экспертный модуль».

Основные результаты исследования

Разработана база данных «Опасные объекты энергетики» предназначенная для хранения и структурирования данных, необходимых для оценки риска аварии на потенциально-опасных объектах топливно-энергетического комплекса региона России.

Разработан исследовательский прототип экспертной системы поддержки принятия решений на этапе идентификации опасностей,

Вероятности факторов риска ИЭП	Вероятность, %
1. Неправильность модели	35.3
2. Социальный фактор	34.4
3. Неправильная оценка риска	34.3
4. Математический фактор	33.5
5. Технологический фактор	33.0
6. Финансовый фактор	30.0
7. Человеческий фактор	25.5
8. Организационный фактор	33.0
9. Социально-экономический фактор	35.0
10. Долговременные последствия	38.0
11. Неполнота факторов риска	35.0
12. Угроза безопасности объекта	34.3
13. Фактор безопасности	33.4
14. Наличие проблемных ситуаций	35.0

Рис. 5. Общий вид формы «Экспертный модуль»



позволяющий проводить вычислительные эксперименты по реализации сценариев развития аварии на опасных объектах. Прототип создан на основе разработанной модели представления

базы знаний об источниках опасностей, угрозах, возможных сценариях развития аварий и реализован в специализированной оболочке на программной платформе «ДЕЛЬФИ-6».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Вылгина, Ю.В.** Разработка модели системы поддержки принятия решений: На примере тепловых электростанций [Текст]: дисс. канд. экон. наук и автореферат.— 2013.
2. **Ларичев, О.И.** Методологические проблемы анализа риска и безопасности использования новых технологий [Текст] / О.И. Ларичев, А.И. Мечитов // Системные исследования. Методологические проблемы. Ежегодник.— 1987. № 19. / Под ред. Д.М. Гвишиани, В.Н. Садовского.— М.: Наука, 1988.— С. 26–44.
3. **Шахрамьян, М.** ГИС для прогнозирования чрезвычайных ситуаций [Текст] / М. Шахрамьян // «Компьютерра».— № 47 от 10 декабря 2001 года.
4. **Симанков, В.С.** Автоматизация системных исследований [Текст] / В.С. Симанков. В.С. Симанков.— Краснодар: Изд-во КубГТУ, 2002.— 376 с.
5. **Симанков, В.С.** Методологические аспекты построения систем поддержки и принятия решений [Текст] / В.С. Симанков, С.Н. Владимиров, А.О. Денисенко, А.Н. Черкасов.— Краснодар: Изд-во КубГТУ, 2008.
6. **Туманов, А.Ю.** Модели и алгоритмы представления знаний для прогнозирования опасностей объектов техносферы и защиты от угроз в энергетике [Текст] / А.Ю. Туманов // Научно-технические ведомости СПбГПУ.— 2011. № 4(135).— С. 263–272.

ТУМАНОВ Александр Юрьевич — доцент кафедры управления и защиты в чрезвычайных ситуациях института военно-технического образования и безопасности Санкт-Петербургского государственного политехнического университета.
195251, ул. Политехническая, д. 29, Санкт-Петербург, Россия
toumanov@mail.ru