

**На правах рукописи**

**ЕНИКЕЕВА Карина Рафаэлевна**

**ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИОННАЯ  
ПОДДЕРЖКА ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ  
В ПРОЦЕССЕ РАЗРАБОТКИ ПАСПОРТОВ БЕЗОПАСНОСТИ  
ПРОМЫШЛЕННЫХ ОБЪЕКТОВ**

**05.13.01 – Системный анализ, управление и обработка информации  
(в промышленности)**

**Автореферат  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук**

**Уфа 2008**

Работа выполнена в Уфимском государственном авиационном техническом университете на кафедре вычислительной математики и кибернетики

- Научный руководитель** д-р техн. наук, проф.  
**Юсупова Нафиса Исламовна**
- Официальные оппоненты** д-р техн. наук, проф.  
**Павлов Сергей Владимирович**  
канд. техн. наук, доц.  
**Низамутдинов Марсель Малихович**
- Ведущая организация** Управление по чрезвычайным ситуациям  
при Правительстве Республики Башкортостан

Защита диссертации состоится «24» октября 2008 г. в 10:00 часов  
на заседании диссертационного совета Д-212.288.03  
при Уфимском государственном авиационном техническом университете  
по адресу: 450000, Уфа-центр, ул. К. Маркса, 12

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке университета

Автореферат разослан « 15 » сентября 2008 г.

Ученый секретарь  
диссертационного совета  
д-р техн. наук, проф.

**В.В. Миронов**

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

### Актуальность темы

В настоящее время в Российской Федерации функционируют свыше 2,5 тыс. химически опасных объектов, более 1,5 тыс. радиационно-опасных объектов, 8 тыс. пожаро- и взрывоопасных объектов, более 30 тыс. гидротехнических сооружений и других объектов. Большая часть их представляет не только экономическую, оборонную и социальную значимость для страны, но и потенциальную опасность для здоровья и жизни населения, а также окружающей природной среды. В зонах возможного воздействия поражающих факторов при авариях на этих объектах проживают свыше 90 млн. жителей страны. Таким образом, возникает необходимость разработки и осуществления превентивных мероприятий в области защиты от чрезвычайных ситуаций (ЧС). Для достижения этой цели в частности на государственном уровне разработана и реализуется Федеральная и региональные целевые программы «Снижение рисков и смягчение последствий чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера в Российской Федерации до 2010 года». В них входят такие мероприятия как «разработка и внедрение информационных и прогнозно-аналитических систем, в том числе геоинформационных экспертных систем», «проведение комплексных исследований с использованием методов математического моделирования для выявления закономерностей в области обеспечения техногенной безопасности, выработки вероятных сценариев развития ситуаций и поддержки принятия необходимых решений», паспортизация опасных производственных объектов.

Исследованию различных аспектов анализа риска чрезвычайных ситуаций и поддержки принятия решений в ЧС посвящены исследования и публикации многих отечественных и зарубежных ученых и специалистов – В.А. Акимова, П.Г. Белова, В.И. Васильева, В.Е. Гвоздева, А.И. Гражданкина, Д.В. Дегтярева, Б.Г. Ильясова, В.Г. Крымского, Р. Кука, Х. Кумамото, В.В. Лесных, М.В. Лисанова, В. Маршалла, С.В. Павлова, А.С. Печеркина, Н.Н. Радаева, Р.З. Хамитова, Л.Р. Черняховской, М.А. Шахраманьяна, С.К. Шойгу, И.У. Ямалова и других.

Не смотря на значительные успехи в решении проблем анализа риска, далеко не все задачи в этой области можно считать решенными. По-прежнему актуальны исследования, направленные на комплексное прогнозирование возможных техногенных ЧС, анализ опасных производств, опасностей на территории, получение достоверной информации о возможных угрозах техногенного характера.

Одним из важнейших мероприятий в области защиты от ЧС, отвечающим вышеприведенным требованиям и относящимся к превентивным мероприятиям, является разработка паспортов безопасности (ПБ) промышленных объектов. Паспорта безопасности промышленных объектов разрабатывают с целью проведения всестороннего анализа риска, определения его показателей для персонала и проживающего вблизи населения, разработки мероприятий по снижению уровня риска и смягчению последствий аварий на опасном объекте.

Для поддержки принятия решений в процессе паспортизации, повышения эффективности этого процесса, а также достоверности результатов целесообразно использовать возможности современных информационных технологий.

### **Цель работы**

Разработка интеллектуальной информационной поддержки принятия решений при проведении анализа риска опасных промышленных объектов для повышения эффективности процесса создания паспортов безопасности.

### **Задачи исследования**

Для достижения поставленной цели в работе решаются следующие задачи:

1. Системный анализ процесса создания паспортов безопасности и разработка подхода к интеллектуальной информационной поддержке принятия решений при паспортизации промышленных объектов с использованием технологий экспертных и геоинформационных систем (ГИС). Разработка системных моделей для реализации предлагаемого подхода.

2. Разработка моделей представления знаний для интеллектуальной информационной поддержки принятия решений при создании паспортов безопасности.

3. Разработка метода реализации моделей расчетов последствий аварий в геоинформационной среде для повышения эффективности разработки паспортов безопасности.

4. Разработка алгоритмического обеспечения процесса анализа риска промышленных объектов и его программная реализация для осуществления предлагаемого подхода.

5. Разработка методики и анализ эффективности предложенного подхода к интеллектуальной информационной поддержке процесса паспортизации на основе результатов использования в реальных условиях.

### **Методы исследования**

В работе применялись методы системного анализа, теории управления и принятия решений, представления знаний, автоматизированного проектирования информационных систем.

### **Научная новизна работы**

1. Подход к интеллектуальной информационной поддержке принятия решений при разработке паспортов безопасности промышленных объектов, предложенный впервые для данной предметной области, основан на системном подходе, разработке функциональной и информационной моделей, с использованием технологий экспертных и геоинформационных систем.

2. Разработанные для интеллектуальной информационной поддержки принятия решений при создании паспортов безопасности модели представления знаний об опасных объектах и возможных сценариях развития аварий на них, в отличие от известных, основаны на применении правил продукций.

3. Метод реализации моделей расчета последствий возможных аварий в ГИС отличается от известных тем, что в рамках одного программного продукта осуществлена возможность расчета параметров разного рода поражающих факторов (в одной оболочке совмещены разные модели расчетов), при этом резуль-

таты сохраняются в унифицированной базе геоданных, что облегчает их совместное использование, комбинирование, сложение в единое поле риска.

4. Разработанное алгоритмическое обеспечение процесса паспортизации промышленных объектов отличается новой областью применения баз знаний с производственными правилами вывода для идентификации опасностей. На этапе оценки риска позволяет осуществлять моделирование последствий аварий в геоинформационной среде.

5. Разработанные модели для анализа эффективности предложенного подхода к интеллектуальной информационной поддержке процесса паспортизации, в отличие от известных, основаны на построении диаграмм потоков данных и временных диаграмм.

### **Практическая значимость и внедрение результатов работы**

Значение результатов для практики информационной поддержки и поддержки принятия решений в процессе разработки паспортов безопасности опасных объектов заключается в том, что они представляют собой научно-обоснованный подход к повышению эффективности анализа риска производственных объектов, поскольку дают практически реализуемую информацию о возможных опасностях, сценариях их развития и последствиях реализации.

Методология интеллектуальной информационной поддержки принятия решений в процессе анализа риска (на этапе идентификации опасностей) реализована на основе технологий экспертных систем с применением оболочки «EX-SYS» RuleBook. Это позволяет выявлять возможные источники опасности и дальнейшие варианты развития событий (в зависимости от типа опасного объекта, опасного вещества и других сопутствующих условий), получать рекомендации о выборе той или иной модели расчета поражающих факторов.

Модели (различные виды воздействия, различные методики) расчетов поражающих факторов аварий и связанных с ними рисков реализованы в виде программы «Риск ЧС (оператор)» которая работает в среде ArcGIS и обладает возможностью безболезненного наращивания новыми моделями. Она позволяет в геоинформационной среде использовать одновременно несколько моделей, т.е. проводить расчеты по оценке поражения и последствиям от разного рода аварий на промышленных объектах, при этом возможно применения базовых функций ГИС для пространственного анализа, создания ситуационных планов (карт) и пр. Интерфейс программы имеет общий вид для всех типов расчетов, это удобно с точки зрения пользователя. Результаты сохраняются в специально разработанной базе геоданных, таким образом, они имеют одинаковую структуру, что облегчает дальнейшую работу с ними.

Разработанные программные продукты можно применять как в производственных условиях (на опасных объектах), так и в научных исследованиях.

Описанные результаты диссертационной работы внедрены в Научно-исследовательском институте безопасности жизнедеятельности Республики Башкортостан, в учебном процессе Уфимского государственного авиационного технического университета.

### **Связь исследований с научными программами**

Работа выполнялась в период 2005–2008 гг. в рамках Федеральной целе-

вой программы «Снижение рисков и смягчение последствий чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера в Российской Федерации до 2010 года» и Республиканской целевой программы «Снижение рисков и смягчение последствий чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера в Республике Башкортостан до 2010 года». Кроме того, исследования проводились в рамках научно-исследовательских работ № ИФ-ВК-01-08-03 по теме «Исследование и разработка интеллектуальной технологической поддержки принятия решений и управления на основе инженерии знаний»

#### **На защиту выносятся:**

1. Подход к интеллектуальной информационной поддержке принятия решений в процессе паспортизации опасных объектов, основанный на системном подходе. Системные модели для интеллектуальной информационной поддержки процесса разработки паспортов безопасности промышленных объектов.

2. Модели представления знаний для интеллектуальной информационной поддержки принятия решений при создании паспортов безопасности.

3. Метод реализации моделей расчета последствий аварий в геоинформационной среде для повышения эффективности разработки паспортов безопасности.

4. Алгоритмическое обеспечение процесса анализа риска промышленных объектов для интеллектуальной информационной поддержки принятия решений при разработке паспортов безопасности.

5. Методика анализа эффективности предложенного подхода к интеллектуальной информационной поддержке процесса паспортизации на основе диаграмм потоков данных и временных диаграмм и результаты исследования эффективности, полученные при эксплуатации разработанного программного обеспечения.

#### **Апробация работы и публикации**

Основные положения диссертационной работы докладывались и обсуждались на ряде научных конференций и семинаров:

– 7-й Международной конференции «Компьютерные науки и информационные технологии» CSIT'2005, Уфа, Россия, 2005;

– 8-й Международной конференции «Компьютерные науки и информационные технологии» CSIT'2006, Карлсруэ, Германия, 2006;

– 1-й и 2-й Региональной зимней школе–семинаре аспирантов и молодых ученых «Интеллектуальные системы обработки информации и управления», г. Уфа, 2006, 2007;

– Всероссийской научно-практической конференции «Гуманитарные и естественнонаучные аспекты современной экологии», г. Уфа, 2006;

– IV и V Республиканской научно-практической конференции «Проблемы безопасности и защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций», г. Уфа, 2007, 2008.

Основные положения и результаты диссертационной работы опубликованы в 15 источниках, включая 11 статей (из них 3 в рецензируемых журналах из списка ВАК), 2 доклада на конференциях и 2 программы для ЭВМ, зарегистрированные в Роспатенте.

### **Структура и объем работы**

Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения, библиографического списка. Работа изложена на 120 страницах машинописного текста. Библиографический список включает 101 наименование.

### **СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ**

**Во введении** обосновывается актуальность, излагаются цель и задачи исследования, отмечается новизна и практическая ценность работы.

**В первой главе** проведен системный анализ проблемы разработки паспортов безопасности промышленных объектов.

Рассмотрены существующие теоретические методы анализа риска промышленных объектов. Показано, что основными этапами анализа риска является идентификация опасности и оценка риска аварий на производственном объекте для отдельных лиц, групп людей, имущества, окружающей природной среды.

Рассмотрены различные концепции, методы и методики, применяемые для решения задач анализа риска. Анализ риска промышленных объектов производится на основании технократической концепции. Основными элементами, входящими в систему анализа, являются: источник опасности, опасное явление, поражающие факторы, объект воздействия, ущерб. В рамках ее используются феноменологические, детерминистские, вероятностные и экспертные методы оценки риска. На основе рассмотренных методов строятся различные методики оценки риска, которые в зависимости от имеющейся исходной информации делятся на статистические, теоретико-вероятностные, эвристические.

Анализ риска производственных объектов при разработке паспортов безопасности (то есть получение количественных оценок потенциальной опасности объектов) включает решение следующих задач:

- построение всего множества сценариев возникновения и развития аварий;
- оценку частот реализации каждого из сценариев возникновения и развития аварий;
- построение полей поражающих факторов, возникающих при различных сценариях развития аварий;
- оценку ущербов воздействия поражающих факторов аварий на человека или другие материальные объекты.

Количественный анализ аварийных событий базируется на использовании математических моделей и методов математического моделирования. Моделирование возможных реализаций аварий опирается на использование моделей источников, полей поражающих факторов, описания реципиентов, смягчающих факторов и поражения.

Отмечено, что объединяющим фактором для всех моделей является пространственное описание объекта и его воздействия на окружающую среду, связанное с определением его местоположения, анализом зон поражения. В связи с этим практически стандартом при программной реализации моделей стало

применение геоинформационных систем.

Проведенный анализ известных программных средств, посредством которых возможна информационная поддержка этапов процесса анализа риска при паспортизации опасных объектов показал, что нет единой клиентоориентированной системы позволяющей интегрировать различные программно-реализованные математические модели для прогнозирования аварий на опасных объектах, построенной по принципу применения ГИС не в качестве отдельной подсистемы, а в качестве «ядра», которое может дополняться специализированными модулями. Также недостаточное внимание уделяется решению вопросов поддержки принятия решения при идентификации опасностей и выборе расчетных сценариев аварий.

В заключительной части главы приведены основные задачи исследования.

**Вторая глава** посвящена разработке общего подхода к интеллектуальной информационной поддержке принятия решений при разработке паспортов безопасности промышленных объектов.

На основе системных принципов выявляются основные этапы разработки паспорта безопасности промышленного объекта для формирования перечня задач принятия решения и информационной поддержки. Обобщенная схема поддержки принятия решений представлена на рисунке 1.

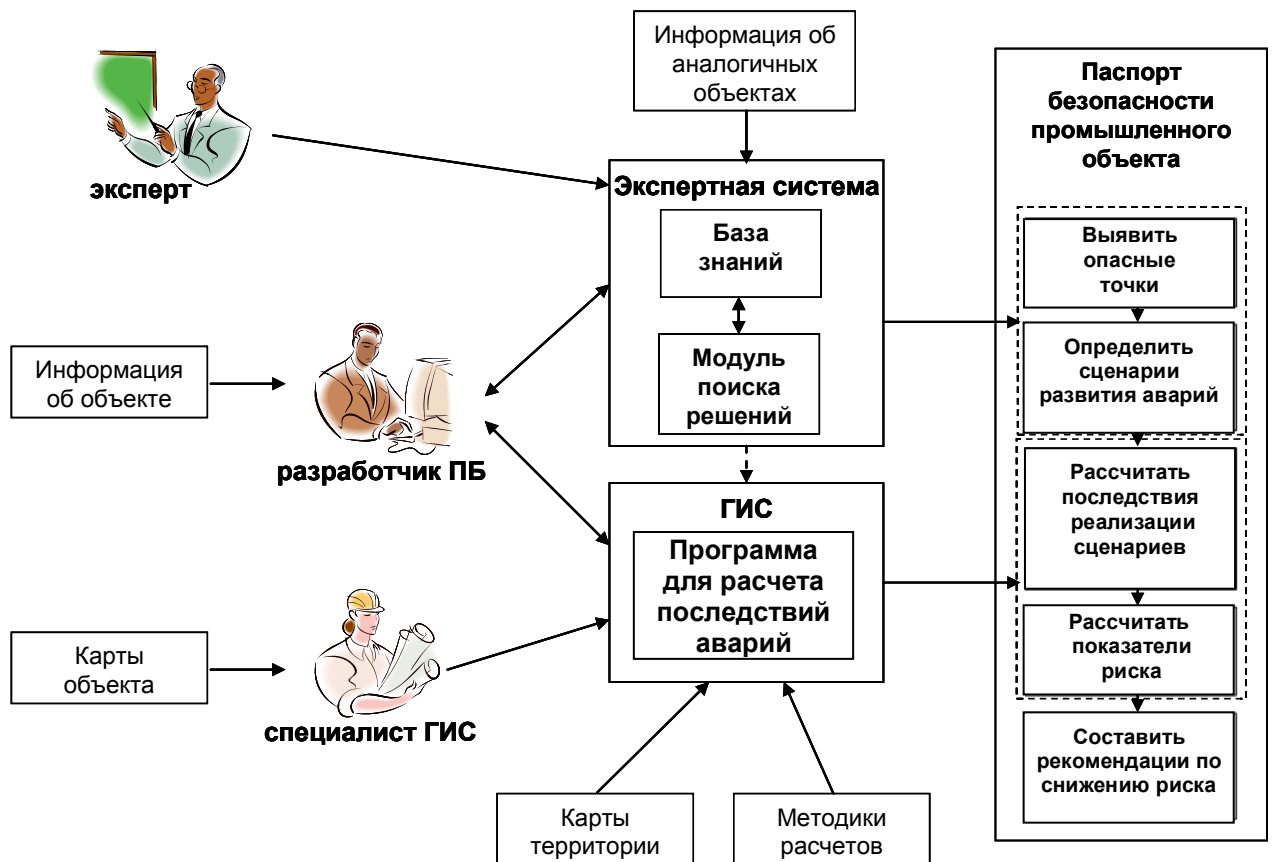


Рисунок 1 – Схема интеллектуальной информационной поддержки принятия решений при разработке ПБ

Для решения задач интеллектуальной информационной поддержки при-



нятия решений при разработке паспортов безопасности опасных объектов разработана функциональная модель процесса разработки паспорта безопасности, включающая в себя декомпозицию функций (действий) до элементарных операций, описание информационного взаимодействия. Такое представление реализуется посредством IDEF0-метода.

При разработке функциональной модели разработки паспорта безопасности были выделены 6 основных функций:

- определение опасных точек объекта;
- определение сценариев аварий;
- расчет последствий аварий;
- расчет показателей риска;
- выработка рекомендаций по снижению риска (при необходимости);
- оформление паспорта безопасности.

Фрагмент разработанной функциональной модели с использованием стандарта IDEF0 приведен на рисунке 2.

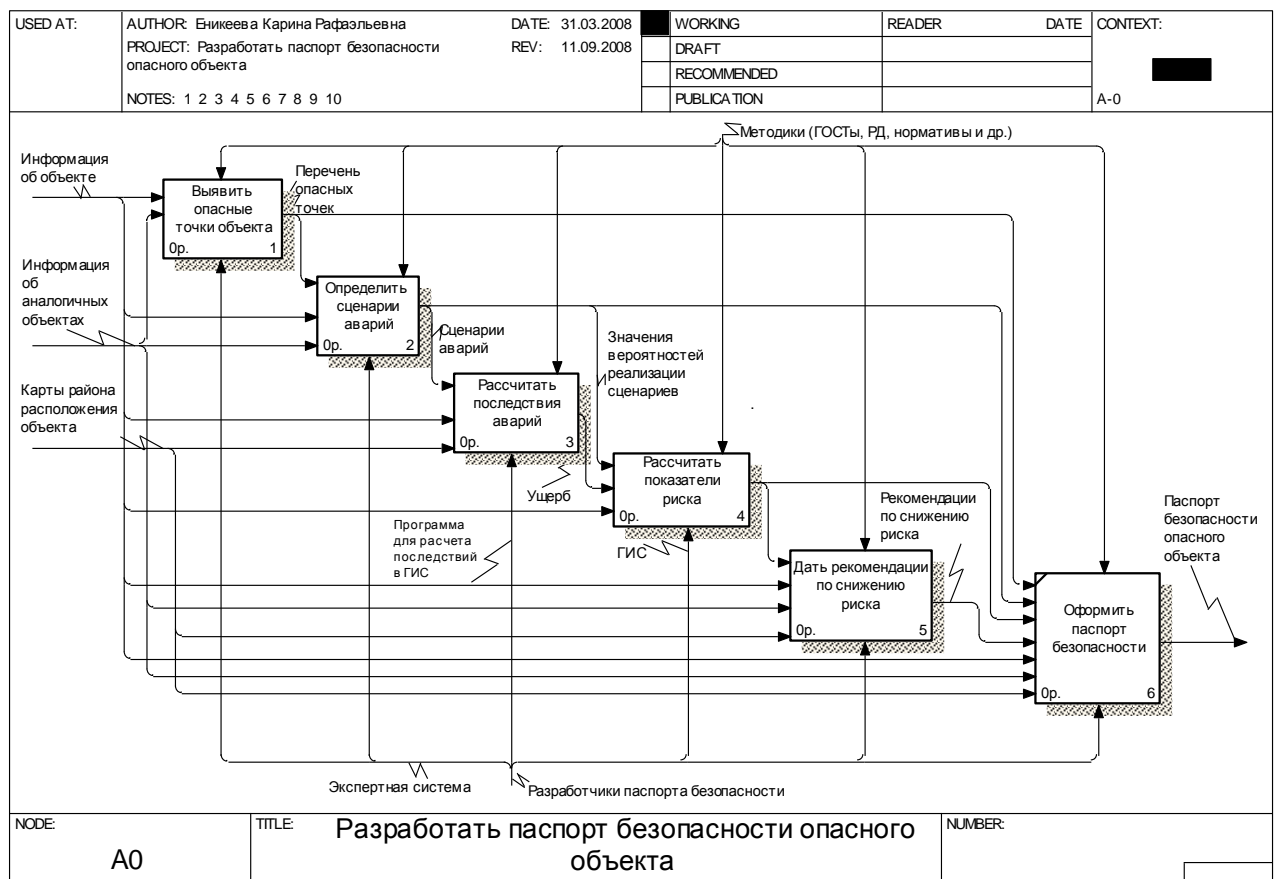


Рисунок 2 – Фрагмент функциональной модели интеллектуальной информационной поддержки принятия решений при разработке ПБ

Анализ построенной функциональной модели позволил выделить перечень объектов предметной области, составляющих множество сущностей информационной модели интеллектуальной информационной поддержки принятия решений при разработке паспортов безопасности, выделить атрибуты сущностей и формализовать связи между сущностями модели (рисунок 3).

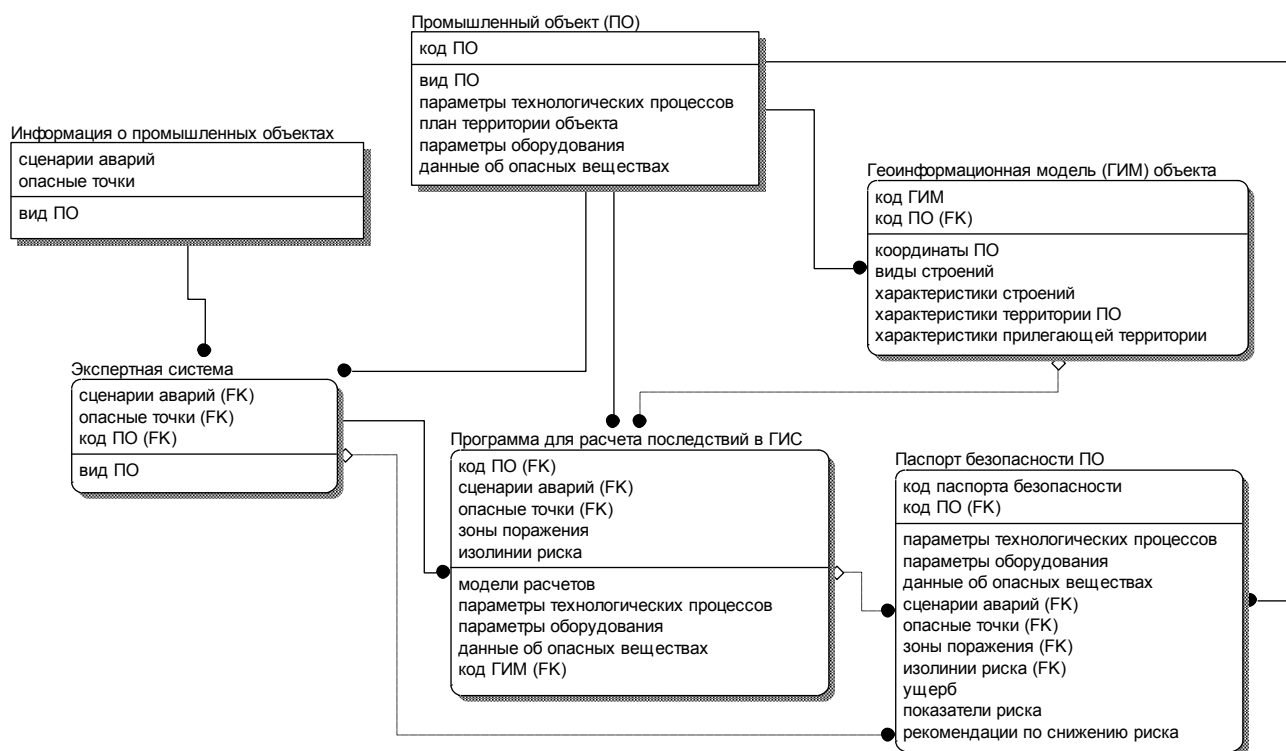


Рисунок 3 – Концептуальная информационная модель интеллектуальной информационной поддержки принятия решений при разработке ПБ

На основе системного анализа разработан подход к интеллектуальной информационной поддержке процесса принятия решений при паспортизации производственных объектов. Предложено применять экспертную систему совместно с геоинформационной системой, в рамках которой реализованы модели прогнозирования последствий аварий на промышленных объектах.

**В третьей главе** предложены методы интеллектуальной информационной поддержки принятия решений в процессе разработки паспортов безопасности, показана целесообразность идентификации опасностей на основе применения базы знаний с продукционными правилами вывода. Для дальнейшего прогнозирования последствий аварий разработан метод реализации моделей расчетов параметров поражающих факторов в геоинформационной среде.

Были разработаны модели представления знаний. Разработанные продукционные правила базы знаний для определения опасных точек и возможных сценариев развития аварий имеют следующий вид:

$$r_i: F_{\text{ПО}}; \text{Если } A_1 \text{ И } A_2 \dots \text{ И } A_n \text{ То } S_c = C_{\text{ПО}}^k,$$

где  $r_i$  – имя  $i$ -й продукции,  
 $F_{\text{ПО}}$  – сфера применения продукции,  
 $A_j$  –  $j$ -е условие правила,  
 $S_c$  – заключение правила,  
 $C_{\text{ПО}}^k$  –  $k$ -й сценарий аварии.

Правила приведены в таблице 1. Заключение правил представляют собой сценарии развития возможных аварий на промышленных объектах с указанием

вероятности их реализации и названием методики дальнейших расчетов параметров поражающих факторов (ПФ).

Таблица 1. Фрагмент разработанных правил базы знаний

№	Правило
R1	Если $F_{\text{по}} = f_{\text{ПО}}^{\text{АЗС}}$ и $F_{\text{АЗС}} = f_{\text{АЗС}}^{\text{АЦ}}$ и $F_{\text{р}} = \text{частичная}$ и $F_{\text{МВ}} = \text{произошло}$ и $F_{\text{лп}} = \text{несвоевременная}$ , то $C_{\text{АЗС}}^1$
R2	Если $F_{\text{по}} = f_{\text{ПО}}^{\text{АЗС}}$ и $F_{\text{АЗС}} = f_{\text{АЗС}}^{\text{АЦ}}$ и $F_{\text{р}} = \text{частичная}$ и $F_{\text{МВ}} = \text{произошло}$ и $F_{\text{лп}} = \text{своевременная}$ , то $C_{\text{АЗС}}^2$
R3	Если $F_{\text{по}} = f_{\text{ПО}}^{\text{АЗС}}$ и $F_{\text{АЗС}} = f_{\text{АЗС}}^{\text{АЦ}}$ и $F_{\text{р}} = \text{частичная}$ и $F_{\text{МВ}} = \text{не произошло}$ и $F_{\text{лп}} = \text{своевременная}$ , то $C_{\text{АЗС}}^3$
R4	Если $F_{\text{по}} = f_{\text{ПО}}^{\text{АЗС}}$ и $F_{\text{АЗС}} = f_{\text{АЗС}}^{\text{АЦ}}$ и $F_{\text{р}} = \text{частичная}$ и $F_{\text{МВ}} = \text{не произошло}$ и $F_{\text{лп}} = \text{несвоевременная}$ и $F_{\text{из}} = \text{есть}$ , то $C_{\text{АЗС}}^4$
R5	Если $F_{\text{по}} = f_{\text{ПО}}^{\text{АЗС}}$ и $F_{\text{АЗС}} = f_{\text{АЗС}}^{\text{АЦ}}$ и $F_{\text{р}} = \text{полная}$ и $F_{\text{МВ}} = \text{произошло}$ , то $C_{\text{АЗС}}^5$
R6	Если $F_{\text{по}} = f_{\text{ПО}}^{\text{АЗС}}$ и $F_{\text{АЗС}} = f_{\text{АЗС}}^{\text{АЦ}}$ и $F_{\text{р}} = \text{полная}$ и $F_{\text{МВ}} = \text{не произошло}$ и $F_{\text{лп}} = \text{своевременная}$ , то $C_{\text{АЗС}}^6$
R7	Если $F_{\text{по}} = f_{\text{ПО}}^{\text{АЗС}}$ и $F_{\text{АЗС}} = f_{\text{АЗС}}^{\text{АЦ}}$ и $F_{\text{р}} = \text{полная}$ и $F_{\text{МВ}} = \text{не произошло}$ и $F_{\text{лп}} = \text{несвоевременная}$ и $F_{\text{из}} = \text{есть}$ , то $C_{\text{АЗС}}^7$

Например, правило 1 выглядит следующим образом: **Если** вид промышленного объекта – АЗС и опасная точка АЗС – автоцистерна и разгерметизация частичная и мгновенного воспламенения не произошло и ликвидация пожара несвоевременная, **то Сценарий аварии:** Частичная разгерметизация автоцистерны (АЦ) на территории АЗС (срыв трубы при сливе; нарушения герметичности АЦ)  $\Rightarrow$  истечение бензина с мгновенным воспламенением  $\Rightarrow$  образование пожара пролива  $\Rightarrow$  воздействие теплового излучения на окружающие объекты  $\Rightarrow$  отсутствие своевременных действий по тушению пожара  $\Rightarrow$  разогрев АЦ до критической температуры, прогрев бензина по глубине, повышение давления  $\Rightarrow$  разрыв АЦ с образованием волны давления  $\Rightarrow$  воздействие ударной волны. Вероятность реализации:  $1,25 \cdot 10^{-6}$ . Модель расчета: «Давление при взрыве резервуара с перегретой жидкостью».

На основе разработанной базы знаний было предложено реализовать экспертную систему для поддержки принятия решений при разработке паспортов безопасности промышленных объектов на этапе идентификации опасностей.

Анализ последствий реализации опасностей было предложено проводить в геоинформационной среде, при помощи разработанной специализированной программы, посредством которой в рамках одной оболочки реализуются модели расчетов параметров различных поражающих факторов аварий (баллистического, теплового, токсического воздействий), которые могут привести к человеческим жертвам и, следовательно, должны учитываться при построении изолиний индивидуального риска. Проведенный системный анализ моделей показал, что общими необходимыми характеристиками (атрибутами) для всех результатов расчетов является множество:

$$\{Q(Ci), Q_{\Pi i}, R_{\text{и}i}, r, \text{Ind}, DFP\},$$

где  $Q(Ci)$  – вероятность реализации в течение года  $i$ -го сценария развития аварии,  $\text{год}^{-1}$ ;

$Q_{\Pi i}$  – условная вероятность поражения человека при реализации  $i$ -го сценария развития аварии;

$R_{\text{и}i}$  – индивидуальный риск  $i$ -го сценария развития аварии,  $\text{год}^{-1}$ ;

$r$  – радиус зоны воздействия поражающего фактора, м;

$\text{Ind}$  – индекс объекта (связь «один к многим» с зонами поражения);

$DFP$  – параметр поражающего фактора (в зависимости от вида ПФ измеряется в  $\text{Вт/м}^2$ , Па, и др.).

Данное множество было определено, как обязательное, в качестве атрибутов, рассчитываемых и присваиваемых каждому результату расчета (зонам поражения). Все результаты предложено сохранять в форме специально разработанного универсального шаблона персональной базы геоданных (один расчет – один файл базы геоданных). Таким образом, возникает возможность при необходимости извлечь из базы результаты расчетов. Они добавляются в проект ГИС в виде группы из двух слоев: исходные объекты и зоны поражения, связанные между собой отношением «один к многим», то есть один объект имеет несколько зон поражения.

При сохранении результатов расчетов в форме единого шаблона и при наличии у зон поражения единого набора общих атрибутов можно легко сопоставлять результаты расчетов поражающих факторов разной природы, объединять их для получения изолиний индивидуального риска на определенной территории (что является одним из важнейших результатов разработки паспортов безопасности).

Предложен метод анализа эффективности предложенного подхода к поддержке процесса паспортизации на основе построения диаграмм потоков данных и временных диаграмм (графиков Ганта). Осуществив построение моделей по принципу «как есть» и «как надо», т.е. «как было» до и «как стало» после применения средств поддержки, возможно оценить эффективность разработок.

**В четвертой главе** разработано программное обеспечение для анализа риска промышленных объектов. Созданы экспертная система и специализированная программа для расчета последствий аварий в ГИС. Проведен анализ работоспособности и целесообразности использования предложенного подхода к интеллектуальной информационной поддержке принятия решений при разработке паспортов безопасности промышленных объектов.

Разработанная экспертная система создана на основе базы знаний об источниках опасностей (опасных точках объектов), возможных сценариях развития аварий. Система реализована в оболочке «EXSYS» RuleBook. Выбрав на начальном этапе вид опасного объекта можно получить список опасных точек, присутствующих на нем и далее, проследовав по тому или иному пути (выбирая интересующие возможности развития аварий), получить подробный сценарий с указанием вероятности его реализации и название подходящей модели расчета для программы «Риск ЧС (оператор)». Экспертная система является универсальной, то есть может использоваться для анализа опасностей и риска

непосредственно на производственных объектах (руководителем, главным инженером и пр.) и при разработке паспортов безопасности.

Для информационной поддержки дальнейших этапов создания ПБ разработана специальная программа «Риск ЧС (оператор)», которая позволяет в среде ArcGIS (ESRI), использовать несколько моделей определения параметров поражающих факторов аварий (различные виды воздействия, различные методики) и проводить расчеты по оценке поражения и последствиям чрезвычайных ситуаций на промышленных объектах.

На рисунке 4 показаны возможности программы. Они заключаются в выборе одного из методов расчета, вводе исходных данных, проведении расчета и отображении результатов на карте и в формате документа Word. При этом исходными данными для расчета являются слои карты, а также данные, введенные пользователем. Результаты расчета сохраняются в персональной базе геоданных, состоящей из 4 покрытий:

- объекты воздействия – объекты слоя карты, по которому проводился расчет;
- зоны поражения – результат расчетов;
- параметры – все исходные параметры, заданные для проведения расчета;
- ошибки – перечень объектов воздействия, по которым расчет не проводился с указанием причины.

Программа позволяет, меняя исходные параметры, интерактивно наблюдать результаты расчета. Пример работы программы приведен на рисунке 5.

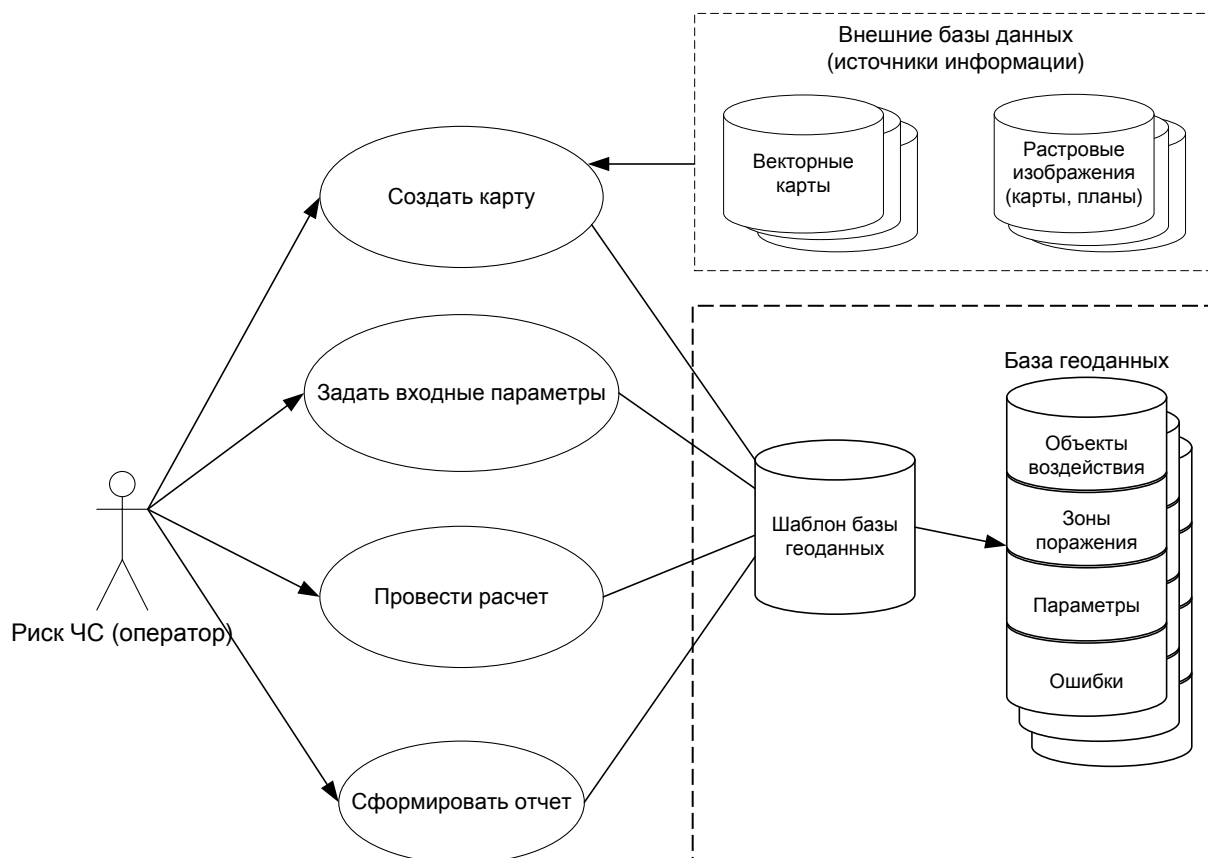


Рисунок 4 – Возможности программы «Риск ЧС (оператор)»

Программа «Риск ЧС (оператор)» прошла апробацию и эксплуатируется в ряде проектных и промышленных предприятий: ГУП НИИ БЖД РБ (Уфа), ОАО «ТАИФ-НК» (Нижнекамск), ЗАО НПО «Эксперт» (Москва), ООО «Нефтегазовые технологии» (Уфа), Челябинский центр мониторинга и прогнозирования ЧС (Челябинск).

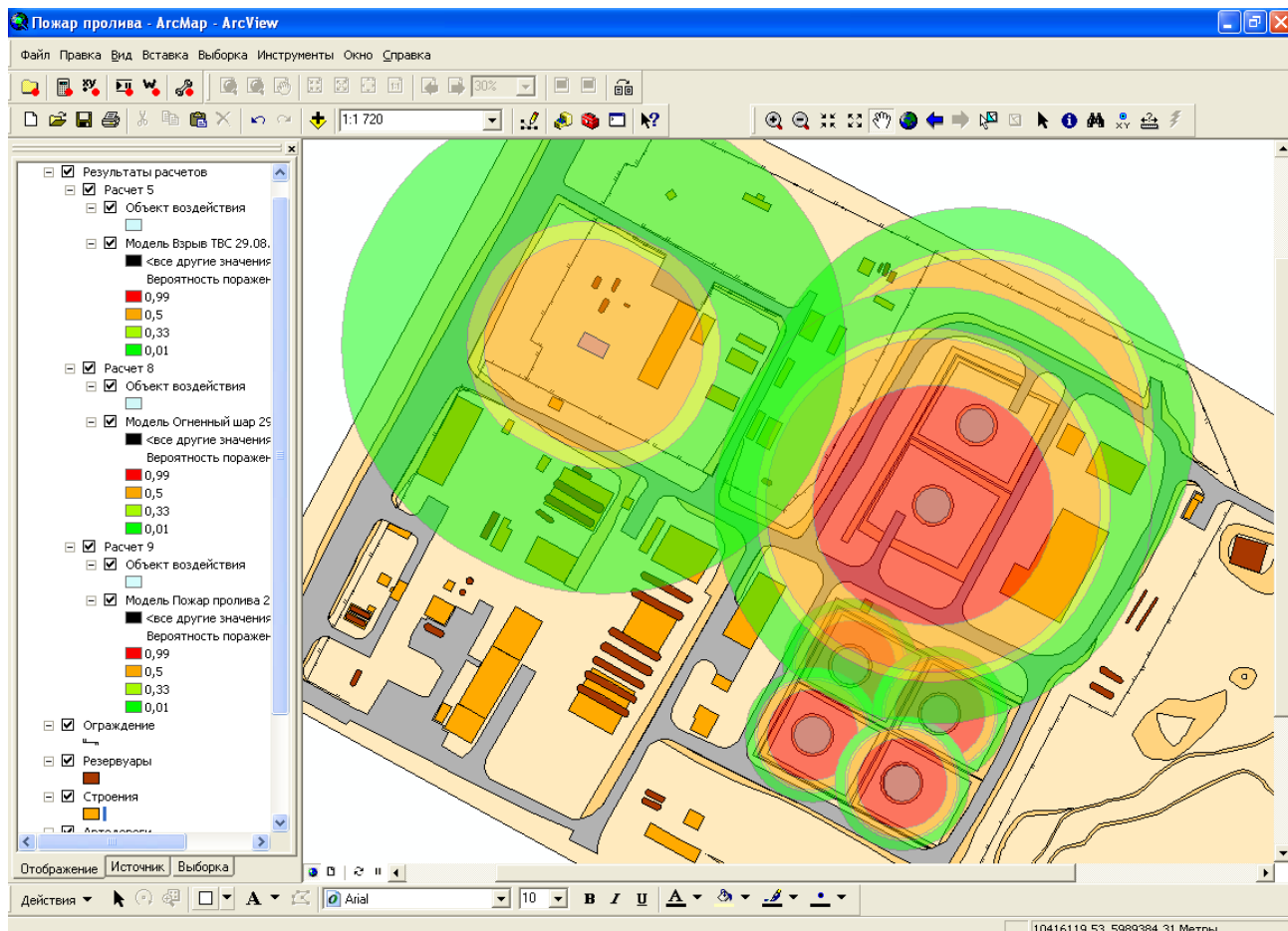


Рисунок 5 – Пример работы с программой «Риск ЧС (оператор)»

Анализ эффективности применения экспертной системы и специализированной программы расчета последствий аварий в ГИС проводился в НИИ БЖД РБ при разработке паспортов безопасности опасных производственных объектов. Для оценивания эффективности средств поддержки были привлечены специалисты в области промышленной безопасности, анализа риска, геоинформационных технологий. На основе результатов системного анализа процесса разработки ПБ промышленного объекта, выявлены основные производственные этапы, информационные потоки, которые существуют без использования разработанного программного обеспечения и с его применением. С использованием методологии DFD (Data Flow Diagram) были построены соответствующие модели процесса разработки паспорта безопасности (см. рисунок 6, а, б). Функции, выполняемые при разработке ПБ специалистами в области ГИС, имеют красный цвет, а специалистами по промышленной безопасности – зеленый. На основе опроса разработчиков паспортов были определены временные затраты на каждый этап процесса. Построены графики Ганта.

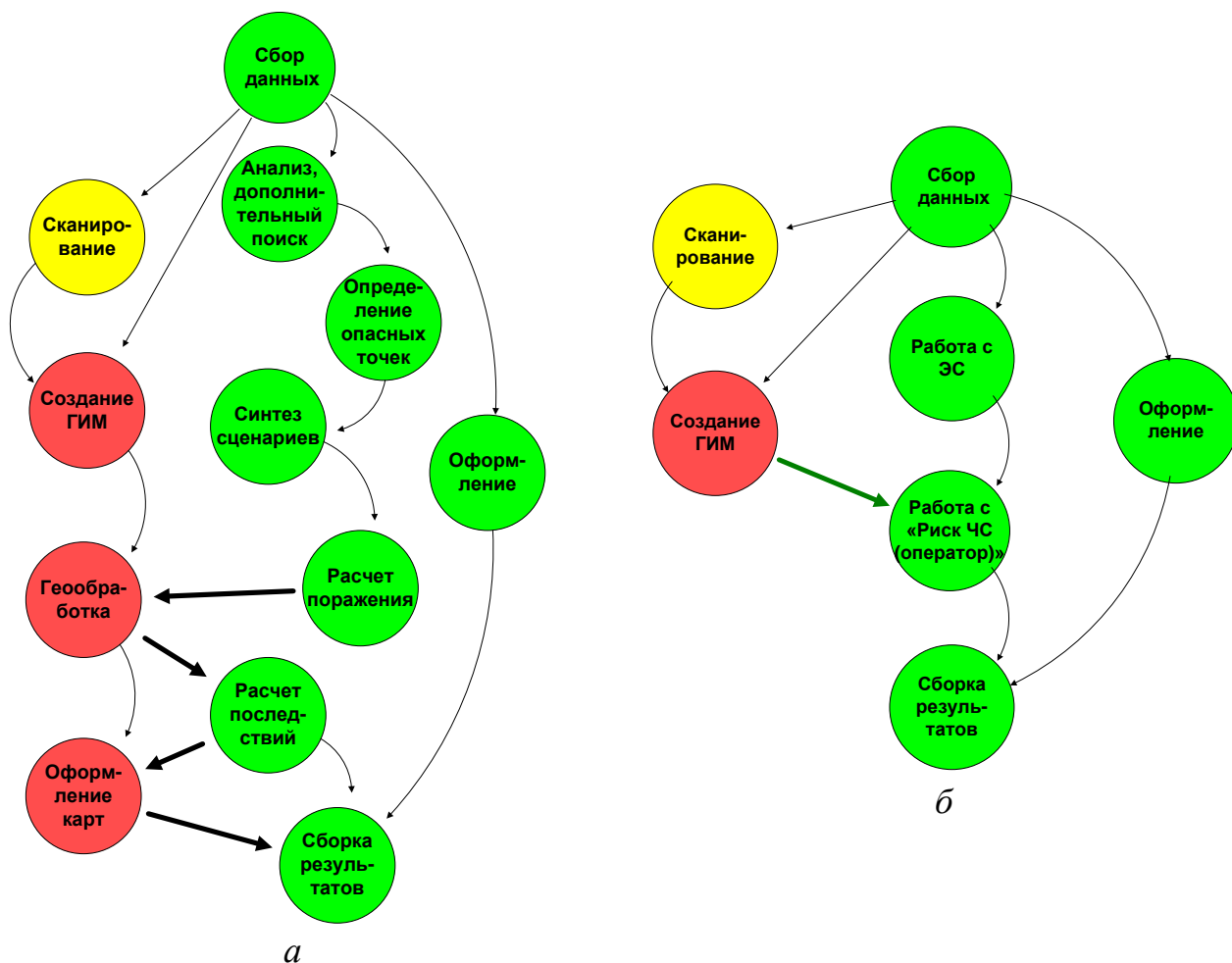
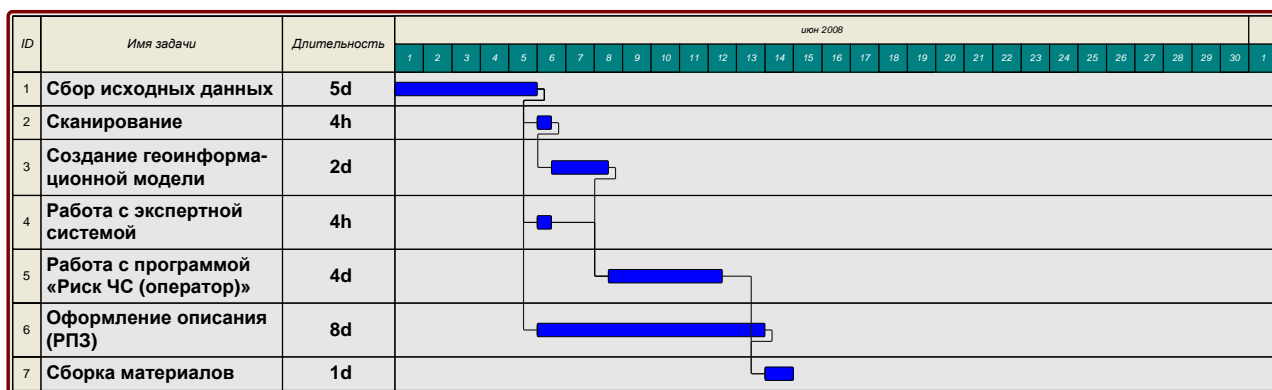


Рисунок 6 – Диаграмма потоков данных при разработке ПБ:  
«как было» (а) и «как стало» (б)

Так как в зависимости от сложности паспорта безопасности временные затраты на его создание могут меняться, были составлены графики для максимального и минимального по длительности вариантов разработки ПБ. На рисунке 7, а, б представлен график разработки паспорта («как было» и «как стало»), требующего максимальных затрат времени на каждом этапе. На основе построенных моделей был проведен анализ эффективности предложенного подхода к интеллектуальной информационной поддержке процесса паспортизации.

ID	Имя задачи	Длительность	июнь 2008																																
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	1		
1	Сбор исходных данных	5d	■	■	■	■	■																												
2	Сканирование	4h					■	■	■	■																									
3	Создание геоинформационной модели	2d																																	
4	Анализ информации, синтез сценариев	4d																																	
5	Расчет зон поражения	14d																																	
6	Геообработка	2d																																	
7	Расчет последствий	2d																																	
8	Оформление карт	2d																																	
9	Оформление описания (РПЗ)	22d																																	
10	Сборка материалов	2d																																	

а



б

Рисунок 7 – График разработки ПБ (максимальный объем работ):  
«как было» (а) и «как стало» (б)

Анализ временных диаграмм показал, что сокращение затрат времени при разработке паспортов безопасности с применением созданных программных продуктов составило от 12,1 до 54,8%, трудоемкость процесса (количество затрачиваемых человеко-часов) уменьшилась на 34,8–53,5% в зависимости от сложности проводимых работ по паспортизации.

**В заключении** приводятся основные результаты и выводы по диссертационной работе.

## ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ

1. Подход к интеллектуальной информационной поддержке принятия решений в процессе паспортизации промышленных объектов, отличающийся тем, что основан на системном подходе и включает функциональную (методология IDEF0) и информационную модели (методология IDEF1X) поддержки разработки паспортов безопасности. Это позволяет определить структуру системы интеллектуальной информационной поддержки и разработать соответствующее программное обеспечение.

2. Модели представления знаний для интеллектуальной информационной поддержки принятия решений при создании паспортов безопасности, отличающиеся тем, что основаны на применении продукционных правил вывода для данной предметной области, составляют основу для разработки соответствующего алгоритмического обеспечения информационной поддержки принятия решений на этапах выявления опасностей и определения возможных сценариев развития аварий на промышленных объектах.

3. Метод реализации моделей расчета последствий возможных аварий в ГИС, отличающийся тем, что с целью повышения эффективности, снижения требований к квалификации разработчика паспортов безопасности промышленных объектов расчет параметров разного рода поражающих факторов реализован в рамках одного программного продукта (единый интерфейс), при этом для облегчения совместного использования полученных результатов они сохраняются в специально разработанной унифицированной базе геоданных.

Геоинформационная система использована в качестве ядра моделирования, к которому возможно добавление моделей расчетов. Такой подход позволил осуществлять безболезненное наращивание системы новыми моделями



расчетов, использовать различные модели в рамках одного проекта, а также использовать базовые возможности ГИС для пространственного анализа зон поражения, построения изолиний индивидуального риска, расчета усредненного показателя индивидуального риска, создания карт и пр.

4. Алгоритмическое обеспечение процесса анализа риска опасных объектов, отличающееся применением экспертной системы с продукционными правилами вывода в процессе идентификации опасностей и специализированной программы для расчета последствий реализации опасностей на территории в геоинформационной среде, позволяет решать специфические задачи, характерные для процесса разработки паспортов безопасности промышленных объектов.

5. Модели для анализа эффективности предложенного подхода к интеллектуальной информационной поддержке принятия решений, отличающиеся применением диаграмм потоков данных и временных диаграмм, что позволяет проводить анализ эффективности по критериям «сокращение временных затрат» и «сокращение затрат труда».

Эффективность предложенного подхода к интеллектуальной информационной поддержке принятия решений при разработке паспортов безопасности промышленных объектов установлена на основе данных, полученных при использовании разработанных программных продуктов. Их применение позволило сократить время разработки паспорта безопасности опасного объекта (на 12,1–54,8%) и снизить трудоемкость процесса (на 34,8–53,5%). Это позволило сделать вывод о повышении эффективности процесса паспортизации.

Результаты диссертационной работы внедрены в Научно-исследовательском институте безопасности жизнедеятельности Республики Башкортостан. Они входят в комплекс средств для анализа риска промышленных объектов, разработки паспортов безопасности объектов и территорий и других документов в области промышленной безопасности.

### **СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ**

#### ***В рецензируемых журналах из списка ВАК***

1. Системное моделирование процесса информационной поддержки разработки паспортов безопасности опасных производственных объектов / Н.И. Юсупова, С.А. Митакович, К.Р. Еникеева // Вестник УГАТУ : научн. журн. Уфимск. гос. авиац. техн. ун-та. Серия «Управление, вычислительная техника и информатика». 2008. Т. 10, № 2 (27). С. 80–87.

#### ***В рецензируемых журналах из списка ВАК по смежным специальностям***

2. Применение информационных технологий для разработки паспортов безопасности опасных объектов / Н.И. Юсупова, К.Р. Еникеева // Безопасность жизнедеятельности. М. : Новые технологии, 2007. № 9. С. 59–63.

3. Поддержка принятия решений при разработке паспортов безопасности опасных объектов нефтегазового комплекса / Н.И. Юсупова, К.Р. Еникеева // Технологии нефти и газа : научн.-технол. журнал. 2008. № 1. С. 50–57.

#### ***В других изданиях***

4. К вопросу о моделировании аварийных разливов нефтепродуктов на акваториях / К.Р. Фаттахова (Еникеева) // Тр. 7-й междунар. конф. CSIT' 2005.

Уфа, Россия, 2005. Т. 3. С. 267–269. (Статья на англ. яз.).

5. Геоинформационное моделирование последствий аварийных нефтеразливов на акваториях / К.Р. Фаттахова (Еникеева) // Принятие решений в условиях неопределенности : межвуз. научн. сб. Уфа : УГАТУ, 2005. Вып. 2. С. 68–71.

6. К вопросу о разработке паспортов безопасности опасных объектов / К.Р. Фаттахова (Еникеева) // Интеллектуальные системы обработки информации и управления : сб. ст. Рег. зимн. шк.–сем. аспирантов и молодых ученых. Уфа: УГАТУ, 2006. Т. 1. С. 272–277.

7. Разработка Паспортов безопасности опасных объектов, как мера обеспечения экологической безопасности Республики Башкортостан и г.Уфы / К.Р. Фаттахова (Еникеева) // Гуманитарные и естественнонаучные аспекты современной экологии: сб. матер. докл. всерос. научн.-практ. конф. Уфа : БИС, 2006. Т 3. С. 96–98.

8. Информационная поддержка разработки паспортов безопасности опасных объектов на базе современных компьютерных технологий / К.Р. Еникеева // Тр. 8-й междунар. конф. CSIT' 2006. Карлсруэ, Германия, 2006. Т. 2. С. 45–48. (Статья на англ. яз.).

9. Проблемы оценки риска возникновения аварий на опасных производственных объектах / К.Р. Еникеева // Информационные технологии и математические методы исследований в экономике : матер. Башкирско–Саксонского форума. Уфа, 2006. Т. 1. С. 142–148. (Статья на англ. яз.).

10. К вопросу об оценке риска аварий на опасных производственных объектах / К.Р. Еникеева // Принятие решений в условиях неопределенности: межвуз. научн. сб. Вып.4. Уфа : УГАТУ, 2007. С. 255–261.

11. Информационная поддержка процесса разработки паспорта безопасности опасного объекта на примере ТЭЦ / К.Р. Еникеева // Интеллектуальные системы обработки информации и управления : сб. ст. 2-й рег. зимн. шк.-сем. аспирантов и молодых ученых. Уфа : УГАТУ, 2007. Т 2. С. 65–70.

12. Практические аспекты применения известных методик расчетов параметров взрыва ТВС / Е.В. Заяц, К.Р. Еникеева // Проблемы безопасности и защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций: матер. IV респ. научн.-практ. конф. Уфа : Экология, 2007. С. 33–34.

13. Практические аспекты разработки паспорта безопасности территории субъекта РФ / Е.В. Заяц, С.А. Митакович, К.Р. Еникеева, Т.М. Смородинова // Проблемы безопасности и защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций : матер. V респ. научн.-практ. конф. Уфа : Экология, 2008. С. 20–21.

14. Свид. об офиц. рег. программы для ЭВМ № 2008611893. Риск ЧС (оператор) / С.А. Митакович, Е.В. Заяц, К.Р. Еникеева. Роспатент, 16 апреля 2008.

15. Свид. об офиц. рег. программы для ЭВМ № 2008613320. Модель расчета теплового излучения при пожаре пролива для модуля Риск ЧС (оператор) / С.А. Митакович, Е.В. Заяц, К.Р. Еникеева. Роспатент, 14 июля 2008.

ЕНИКЕЕВА Карина Рафаэлевна

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИОННАЯ  
ПОДДЕРЖКА ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ  
В ПРОЦЕССЕ РАЗРАБОТКИ ПАСПОРТОВ БЕЗОПАСНОСТИ  
ПРОМЫШЛЕННЫХ ОБЪЕКТОВ

Специальность 05.13.01 – Системный анализ, управление  
и обработка информации (в промышленности)

АВТОРЕФЕРАТ  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Подписано к печати 11.09.2008 г. Формат 60x84 1/16.  
Бумага офсетная. Печать плоская. Гарнитура Times New Roman Cyr.  
Усл. печ. л. 1,0. Усл. кр.- отт. 1,0. Уч.- изд. л. 0,9.  
Тираж 100 экз. Заказ № 370.

ГОУ ВПО Уфимский государственный авиационный технический университет  
Центр оперативной полиграфии  
450000, Уфа-центр, ул. К.Маркса,12