

На правах рукописи



Марухленко Сергей Леонидович

**МОДЕЛЬ, МЕТОД И АЛГОРИТМ ОЦЕНКИ РИСКА
ТЕХНОГЕННЫХ АВАРИЙ (НА ПРИМЕРЕ НЕФТЕГАЗОВЫХ
ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ОБЪЕКТОВ)**

05.13.01 - Системный анализ, управление и обработка информации
(технические науки)

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Курск – 2012

Работа выполнена в Юго-Западном государственном университете на кафедре информационных систем и технологий

Научный руководитель: доктор технических наук, профессор
Дегтярев Сергей Викторович

Официальные оппоненты: **Кореневский Николай Алексеевич**
доктор технических наук, профессор,
заслуженный деятель науки РФ,
Юго-Западный государственный
университет, заведующий кафедрой
биомедицинской инженерии

Челышов Сергей Юрьевич
кандидат технических наук,
НИЦ (г. Курск) ФГУП «18 ЦНИИ»
МО РФ,
ведущий научный сотрудник

Ведущая организация: Владимирский государственный
университет имени Александра
Григорьевича и Николая Григорьевича
Столетовых (г. Владимир)

Защита состоится «24» декабря 2012 г. в 13⁰⁰ часов в конференц-зале на заседании диссертационного совета Д 212.105.03 при Юго-Западном государственном университете по адресу г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Юго-Западного государственного университета.

Автореферат разослан «19» ноября 2012 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета
Д 212.105.03
к.т.н.



Милостная Н. А.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность работы. Разработка системы мониторинга состояния объектов нефтегазовой промышленности, позволяющей осуществлять контроль и управление риском техногенных аварий в масштабе реального времени является приоритетным направлением в части повышения надежности и безопасности систем энергетики. Обеспечение безопасности объектов энергетики объективно обуславливает внедрение систем мониторинга, основанных на комбинации расчетно-аналитических и когнитивных элементов, обеспечивающих оценку безопасности с минимизацией временных задержек.

Задача оценки последствий аварий на нефтегазовых производственных объектах (НГПО) является слабоструктурированной, в связи с этим построение строгих математических моделей невозможно, что обуславливает применение системного анализа, в частности, путем использования методов имитационного моделирования, обеспечивающего повышение качества оценки состояния сложных систем. Эффективным методом имитационного моделирования является использование деревьев событий, позволяющих определить наиболее вероятные сценарии развития аварий и оценить их последствия. Для оценки состояния НГПО широкое применение находят геоинформационные технологии, позволяющие в масштабе реального времени получить данные о параметрах ситуационного плана и локализовать зону поражающего воздействия.

В связи с этим в настоящее время имеет место противоречие. С одной стороны, учитывая высокую динамику развития техногенных аварий, требуется оценка их характеристик в масштабе реального времени, с другой – недостаток методов и средств прогнозирования развития поражающих факторов техногенных аварий на основе системного анализа и обработки данных геоинформационных систем (далее ГИС), обеспечивающих оценку опасности и управление риском. Под риском в рамках работы понимается мера опасности, характеризующая возможность возникновения аварии на НГПО и тяжесть ее последствий.

К основным этапам (фазам) управления промышленной безопасностью относятся: планирование, нормативное регулирование, организация безопасного функционирования объектов, мониторинг и контроль сложных систем.

Для оценки риска необходима разработка новых методов и алгоритмов, которые позволяют определять уровень негативного воздействия техногенных аварий на НГПО с учетом большого числа параметров, описывающих аварийную ситуацию. Приоритетным направлением исследований является повышение оперативности управления промышленной безопасностью НГПО на основе создания средств оценки степени опасности.

Цель диссертационной работы заключается в повышении оперативности управления промышленной безопасностью НГПО путем системного анализа и обработки данных ГИС, оценки вероятности возникновения и развития поражающих факторов техногенных аварий.

Объект исследования. Техногенные аварии и процессы их ликвидации на НГПО.

Предмет исследования. Методы и средства обработки данных для оценки риска техногенных аварий на НГПО.

Научно-техническая задача. Разработка метода и имитационной модели оценки риска аварий на опасных производственных объектах (на примере НГПО) при управлении промышленной безопасностью, на основе представления данных многослойными матрицами, обеспечивающих определение поля потенциального риска и реципиентов риска.

Диссертационная работа выполнена в рамках проекта № 2.2.3.2/6979 «Разработка и создание имитационных моделей прогнозирования и оценки рисков пожароопасных ситуаций в организациях» аналитической ведомственной целевой программы «Развитие научного потенциала высшей школы (2009-2011 годы)» и федеральной целевой программы «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2007 – 2013 годы» государственный контракт № 14.514.11.4039 по теме «Разработка методов и алгоритмов систем поддержки принятия решений в научно-технической сфере на основе визуального анализа многомерных слабоструктурированных данных и показателей».

Поставленная научно-техническая задача декомпозирована на следующие частные **задачи исследований:**

1. Анализ состояния вопроса оценки риска территориально-распределенных промышленных объектов. Обоснование направлений исследования;
2. Разработка модели формирования поля потенциального риска применительно к протяженным нефтегазовым производственным объектам;
3. Разработка метода оценки риска на основе использования данных геоинформационных систем;
4. Разработка алгоритма и программного обеспечения для оценки техногенного риска и их экспериментальная проверка на нефтегазовых производственных объектах.

Методы исследования. В работе для решения поставленных задач используются методы системного анализа, теории управления, имитационного и математического моделирования, теории синтеза сложных информационных систем, экспертного оценивания и объектно-ориентированного программирования, современные методы анализа риска промышленных аварий. При разработке программного обеспечения в

качестве инструментария использовались среды Delphi 6, Delphi XE, Microsoft Office 2010.

Новыми научными результатами и положениями, выносимыми на защиту, являются:

1. Математическая модель формирования поля потенциального риска для сложных систем (на примере НГПО), учитывающая системные связи фрагментов предметной области, отличающаяся предварительной оценкой вектора дискретизации при формировании многослойных матриц и позволяющая исключить пропуск реципиентов риска.

2. Обобщенная модель формирования поля потенциального риска для протяженных объектов, состоящая в численном вычислении риска путем сложения значения ячеек матрицы построено с учетом области определения и позволяющая минимизировать число операций при расчете параметров аварий на протяженных объектах.

3. Метод оценки риска техногенных аварий, состоящий из этапов ввода геоинформационных данных, определения вектора дискретизации и вычисления вероятности поражения путем сложения значений ячеек матрицы, позволяющий повысить оперативность управления промышленной безопасностью сложными системами (на примере НГПО).

4. Алгоритм и программное обеспечение многопоточной обработки данных для управления риском промышленных аварий, отличающиеся открытой архитектурой и возможностью распараллеливания производимых вычислений, позволяющие сформировать многослойные матрицы и задать требования к ГИС.

Практическая ценность работы заключается в том, что

— пространственное распределение поля потенциального риска и зоны действия поражающих факторов могут быть использованы при проектировании опасных производственных объектов;

— программная реализация модуля в виде открытой системы может быть внедрена и использоваться в составе ГИС при мониторинге состояния НГПО;

— пространственное распределение поля потенциального риска и показатели поражающих факторов найдут применение в управленческой деятельности предприятия.

Реализация и внедрение. Результаты диссертационных исследований внедрены в ЗАО «НТЦ ПБ» (г. Москва) при разработке программно-аппаратного комплекса ТОКСИ+Risk. На сегодняшний день программный комплекс ТОКСИ+Risk используется в ряде экспертных организаций, в российских ВУЗах, среди которых Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева, Юго-Западный Государственный университет.

Научно-методические результаты, полученные в диссертационной работе, внедрены в Верхне-Донское Управление Ростехнадзора и в

Управления Федеральной службы по надзору в сфере природопользования по Курской области, а также в учебный процесс кафедры охраны труда и окружающей среды (ЮЗГУ) по курсам «Управление риском, системный анализ и моделирование», «Методы и приборы контроля окружающей среды и экологический мониторинг».

Соответствие паспорту специальности. Согласно паспорту специальности 05.13.01 – Системный анализ, управление и обработка информации, материалы, представленные в диссертации, соответствуют пункту 4 в части, касающейся разработки методов и алгоритмов принятия решений и обработки информации при управлении сложными распределенными объектами.

Апробация работы. Основные положения диссертационной работы докладывались и получили положительную оценку на Международных и Российских конференциях: «Информационно-измерительные, диагностические и управляющие системы» (Курск, 2009 г.), «Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций» (Курск, 2010 г., 2011 г.), научно-практических семинарах «Использование программного комплекса ТОКСИ+Risk для оценки риска и расчета последствий аварий на опасных производственных объектах» (г. Москва, 2008-2012 гг.), научно-технических семинарах кафедры информационных систем и технологий Юго-Западного государственного университета с 2009 по 2012 гг, I Региональной научно-технической конференции «Информационные системы и технологии» (Курск, 2012 г.).

Публикации. Основные результаты выполненных исследований и разработок опубликованы в 17 научных работах, среди них 7 статей в рецензируемых научных журналах и изданиях, 2 свидетельства регистрации программ для ЭВМ.

Личный вклад автора. Все выносимые на защиту научные результаты получены соискателем лично. В работах, опубликованных в соавторстве, лично соискателем предложены в [1, 2, 5, 6, 17] – метод и алгоритм формирования многослойной матрицы, в [3, 4, 7] методы и способы хранения данных для взаимодействия расчетных модулей, в [8, 10] обработка потоков данных в вычислительных сетях, обзор существующих методов обработки разграничения доступа представлен в [9, 11], организация взаимодействия удаленных компонентов вычислительной сети в [12, 13, 14, 15, 16].

Структура и объем работы. Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы, включающего 94 наименования, и приложения, изложена на 142 страницах машинописного текста и поясняется 34 рисунками и 9 таблицами.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность темы диссертационной работы, сформулирована цель и научные задачи исследований, изложены основные результаты, включающие научную новизну и практическую значимость, рассмотрены используемые методы исследования, описаны итоги применения результатов работы, приведены основные научные положения, выносимые на защиту.

В первой главе проведен обзор и анализ причин и последствий аварий, произошедших на объектах нефтяной промышленности России и других стран за наиболее характерный период (1996-2012 гг.). Рассмотрены современные методы оценки риска аварий на НГПО, которые показали, что развитие поражающих факторов не адаптировано к параметрам ситуационного плана, полученных из ГИС.

Проведен обзор существующих аппаратно-программных решений для оценки риска техногенных аварий, который позволил сделать вывод о том, что для автоматизации процесса определения последствий аварий на НГПО целесообразно использовать информационно-вычислительные системы, обеспечивающие возможность получения на базе измерительных данных вторичной информации, которая должна использоваться как при решении задач оперативного, так и стратегического управления. Основой таких систем должны являться распределенные базы данных измерительной информации, полученной от ГИС, а также программы системного анализа, численного моделирования и статистического анализа.

Показано, что аварии, сопровождающиеся пожарами и взрывами, характеризуются наиболее сильными разрушениями сооружений и потерями среди обслуживающего персонала и большим уровнем экономического ущерба. В частности, показано, что факел пламени, пожар разлива и взрыв топливно-воздушной смеси являются наиболее характерными и опасными сценариями развития аварии.

Таким образом, анализ процесса эксплуатации НГПО в современных условиях свидетельствует о существенном ужесточении требований к ним в отношении промышленной безопасности, что положено в формулировку и определение основных направлений диссертационной работы, которыми являются необходимость построения модели формирования поля потенциального риска, на основе которой необходима разработка метода оценки риска с использованием данных ГИС, алгоритма, реализующего разработанный метод, и создание специализированного программного обеспечения.

Во второй главе осуществлена постановка задачи и ее решение для оценки влияния поражающих факторов на общее поле риска на основе разработанной математической модели формирования поля потенциального риска. Модель основывается на матричной форме

представления данных в иерархических структурах и дальнейшей пространственной интерполяции многослойных матриц. Показано, что для создания интерполированного ситуационного плана необходимо иметь совокупность точек с данными о пространственном расположении (координаты в пользовательской системе) и количественное значение параметров в этих точках. В большинстве случаев множество таких исходных точек образуют нерегулярную сеть, имеет различную плотность, разрывы.

Ситуационный план включает в себя векторную составляющую, полученную из данных ГИС и территориально распределенные объекты (подсистемы), определяющие предметную область. Предметная область декомпозируется на множество фрагментов (подсистем) реципиентов риска $\{E\}$ и совокупность объектов, определяющих области поражения $\{Z\}$. Каждый объект $e_i \in \{E\}$, характеризуется множеством атрибутов $\{K\} = \{k_1, k_2, \dots, k_n\}$, где индекс определяет коэффициент присутствия, число рискующих, тип объекта, коэффициент защищенности и др. В соответствии с множеством $\{K\}$, элементы которого являются параметрами аргументов функций $F_k : f_1(e_i), f_2(e_i), \dots, f_k(e_i)$ оценивается показатель подсистемы. Каждый объект $z_i \in \{Z\}$ характеризуется набором атрибутов из множества $\{L\} = \{l_1, l_2, \dots, l_r\}$, где индекс определяет вероятность поражения, частоту возникновения аварии, частоту наступления метеосостояния, вероятность реализации опасного фактора и др. В соответствии с множеством $\{L\}$ элементы которого являются параметрами аргументов функций $F_l : f_1(z_i), f_2(z_i), \dots, f_l(z_i)$ оценивается степень воздействия поражающих факторов.

Для представления системы в матричном виде необходимо определить вектор дискретизации, позволяющий оценить поле потенциального риска с учетом объектов ситуационного плана относительно данных, полученных от ГИС. Пространственное распределение объектов и необходимость оценки риска в масштабах подсистемы достигается посредством использования многослойной структуры (матрицы), включающей:

1. $\{V\}$ – множество подсистем, включающих $\{E\}$, $\{Z\}$ и результат отношений, формирующее совокупность объектов предметной области.

$$\{V\} = \{v_1, v_2, \dots, v_i\}, i = \overline{1, I_v}, I_v = |V|. \quad (1)$$

2. $\{S\}$ – множество атрибутов объектов предметной области.

$$\{S\} = \{s_i\}, i = \overline{1, S_v}, S_v = |S|. \quad (2)$$

3. $\{ID\}$ – множество идентификаторов множества подсистем.

Обработка значений в узлах многослойных матриц C_o , C_p осуществляется согласно соотношениям:

$$C_o = C_x \cup C_y = \| c_{v_d, s_d, id_d} \|, v_d \in V_x \cup V_y, s_d \in S_x \cup S_y, id_d \in ID_x \cup ID_y, \quad (3)$$

$$C_p = C_x \cap C_y = \| c_{v_d, s_d, id_d} \|, v_d \in V_x \cap V_y, s_d \in S_x \cap S_y, id_d \in ID_x \cap ID_y, \quad (4)$$

где исходные матрицы:

$$C_x = \| c_{v_x, s_x, id_x} \|, v_x \in V_x \subseteq V, s_x \in S_x \subseteq S, id_x \in ID_x \subseteq ID, \quad (5)$$

$$C_y = \| c_{v_y, s_y, id_y} \|, v_y \in V_y \subseteq V, s_y \in S_y \subseteq S, id_y \in ID_y \subseteq ID. \quad (6)$$

Для расчета вектора дискретизации введен коэффициент t , определяемый как:

$$t = \frac{s'}{Lc} \cdot \frac{Mx_x - Mn_x}{Mx_y - Mn_y}, \quad (7)$$

где s' - коэффициент соответствия векторных и локальных координат в соответствии с данными полученными от ГИС; Lc - длина ячейки матрицы риска; $Mx_x - Mn_x$ - протяженность системы вдоль оси абсцисс, $Mx_y - Mn_y$ - протяженность системы вдоль оси ординат, определяется по формуле:

$$Mn_x = \min[\min(x_{ij}^z \cdot scale - x_i^0), \min(x_{mj}^e)], \quad (8)$$

где $i=1..i'$ (i' - количество подсистем $\{Z\}$); $m=1..m'$ (m' - количество подсистем $\{E\}$); $j=1..j'$ (j' - количество вершин территориально распределенных объектов системы).

Mx_x определяется аналогично формуле (8) по максимальному значению координаты оси абсцисс.

С помощью коэффициента t устанавливается соответствие матричных координат векторным с учетом данных полученных от ГИС согласно соотношению:

$$q = \frac{t}{\max(Mx_x - Mn_x, Mx_y - Mn_y)}. \quad (9)$$

Таким образом, формирование многослойных матриц предполагает использование минимально достаточного фрагмента области ситуационного плана, а максимальное число разбиений при дискретизации определяется автоматически на этапе предварительной обработки. Эта особенность разработанной модели позволяет оценить и минимизировать временные задержки этапа формирования матриц.

Для расчета полей потенциального риска трубопроводов в рамках диссертационной работы разработана обобщенная модель расчета полей потенциального риска для протяженных объектов, особенностью которой является использование многослойных матриц. Модель учитывает функцию зависимости риска от расстояния до источника развития негативного фактора, определенную на заданном промежутке.

Вычисление риска в соответствии с заданной плотностью распределения вероятности определяется соотношениями:

$$\left\{ \begin{array}{l} \left\{ \begin{array}{l} \text{если } (x \leq x_{L1}) \wedge (x - x_{L1} \geq x_1), \text{ то} \\ x_{k2} = x - x_{L1}, \end{array} \right. \\ \left\{ \begin{array}{l} \text{если } (x - x_{L1} \leq x_1), \text{ то } x_{k1} = x_1, \\ \text{если } (x - x_{L2} > x_1), \text{ то } x_{k1} = x - x_{L2}, \end{array} \right. \\ \left\{ \begin{array}{l} \text{если } (x > x_{L2}) \wedge (x < x_{L1}), \text{ то:} \\ \left\{ \begin{array}{l} \text{если } (x_{L1} - x \leq x_1), \text{ то } x_{k1} = x_1, \\ \text{если } (x_{L1} - x > x_1), \text{ то } x_{k1} = x_{L1} - x, \end{array} \right. \\ \left\{ \begin{array}{l} \text{если } (x_{L2} - x \geq x_2), \text{ то } x_{k2} = x_2, \\ \text{если } (x_{L2} - x < x_2), \text{ то } x_{k2} = x_{L2} - x, \end{array} \right. \end{array} \right. \\ \left\{ \begin{array}{l} \text{если } (x \geq x_{L2}) \wedge (x - x_{L2} \leq x_2), \text{ то} \\ x_{k1} = x - x_{L2}, \end{array} \right. \\ \left\{ \begin{array}{l} \text{если } (x - x_{L1} \geq x_2), \text{ то } x_{k2} = x_2, \\ \text{если } (x - x_{L1} < x_2), \text{ то } x_{k2} = x - x_{L1}. \end{array} \right. \end{array} \right. \quad (10)$$

где x_{L1}, x_{L2} – граничные координаты протяженного НГПО вдоль оси абсцисс, x_{k1}, x_{k2} – граничные значения интеграла функции вероятностного поражения соответственно.

Модель имеет следующие преимущества по сравнению с копированием матриц с заданным шагом, а именно, точность расчетов зависит только от шага исходных матриц, число расчетов на протяженных НГПО минимально, что следует из зависимостей:

$$n = \left(\sum_{i=1}^X i \right) \cdot Y + (X_{T/2} - X) \cdot Y, \quad (11)$$

$$n' = X_{T/2} \cdot Y, \quad (12)$$

где n – количество вычислений без использования обобщенной модели;

n' – количество вычислений с использованием обобщенной модели; X, Y – размерность слоя многомерной матрицы, определяющего развитие негативных факторов на соответствующем протяженном НГПО; $X_{T/2}$ – половина горизонтальной проекции протяженного НГПО.

Разработанная математическая модель положена в основу создания метода и алгоритма решения комплексной задачи обработки информации НГПО.

В третьей главе разработан метод оценки риска на основе данных ГИС, включающий следующие этапы:

1. Инициализация компонентов ситуационного плана, к которым отнесены: территориальное расположение площадочных НГПО, представляющих опасность, пространственное распределение реципиентов риска, линии пролегания газо-трубопроводов. Опрос внешних датчиков выполняется в режиме мониторинга НГПО, включающий обновление данных о состоянии окружающей среды, параметров текущего состояния потенциально опасного оборудования и др.

2. В зависимости от данных, полученных от ГИС, и декомпозиции системы для обеспечения возможности формирования и оценки поля потенциального риска осуществляется представление подсистем в матричном виде, что достигается посредством определения вектора дискретизации. Предварительная оценка вектора дискретизации при формировании многослойных матриц, позволяет исключить пропуск (невозможность учета в многослойной структуре матрицы) реципиентов риска.

3. По количеству исходов деревьев событий определяются наиболее вероятные сценарии развития аварий, и оцениваются их последствия, формируется множество, включающее в себя зоны потенциального поражения (ЗПП). В соответствии с вектором дискретизации реализуется учет множества подсистем, входящих в иерархическую структуру.

4. В соответствии с обобщенной моделью формирования поля потенциального риска для протяженных объектов, использующей матричное представление компонентов подсистемы, описывающей развитие негативного воздействия, выполняется оценка риска техногенных аварий на НГПО.

Данные ситуационного плана, включающие расположение НГПО и реципиентов риска, в результате применения метода оценки риска аварий при управлении промышленной безопасностью, описываются в реляционной базе данных многослойными матрицами, параметры которых задаются индивидуально в соответствии с вектором дискретизации и особенностями подсистем, что схематично поясняется рисунком 1.

Учитываемые размеры типовой расчетной зоны для НГПО: H_x в направлении «запад-восток» и H_y в направлении «юг-север» рассчитываются по формулам:

$$H_x = H_{пл-x} + 2 \cdot H_{кр}, \quad (12)$$

$$H_y = H_{пл-y} + 2 \cdot H_{кр}, \quad (13)$$

где $H_{пл-x}$, $H_{пл-y}$ - размеры (соответственно, длина – в направлении «запад-восток» и ширина – в направлении «юг-север») объекта, представляемого (в плане) в виде прямоугольника, включающего все выделенные опасные составляющие, м; $H_{кр}$ - дальность распространения от места аварии на территории НГПО превалирующего поражающего фактора максимальной аварии, м.

Указанный параметр, как правило, представляет собой расстояние от точки разрыва наиболее опасной составляющей (как правило, трубопровода с наибольшим диаметром и давлением) до внешней границы зоны потенциального теплового поражения (от пожара на этой составляющей), соответствующей одному проценту вероятности отброса незащищенного человека волной давления, т.е. определяется по результатам соответствующих расчетов ЗПП.

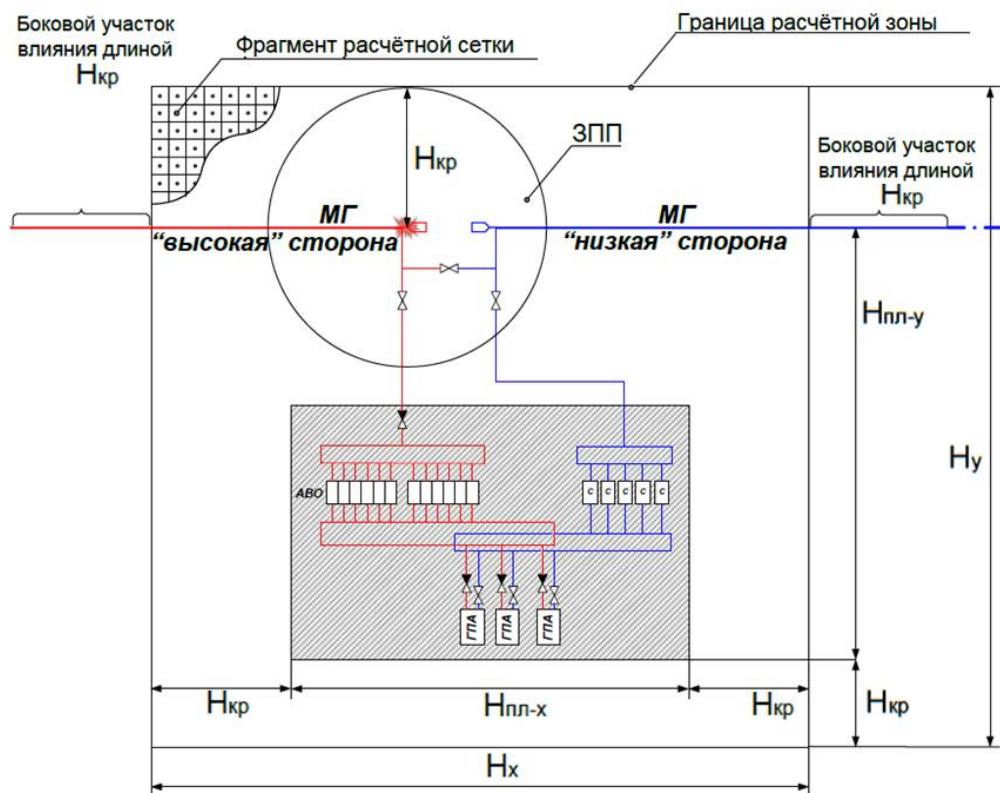


Рис. 1. Схема расчетной области для НГПО

Таким образом, разработан метод оценки риска техногенных аварий, позволяющий повысить оперативность управления промышленной безопасностью на НГПО, на основе которого синтезирован алгоритм и разработано программное обеспечение многопоточной обработки данных для решения задачи управления риском аварий.

В четвертой главе, базируясь на разработанном методе, синтезирован алгоритм и реализовано программное обеспечение многопоточной обработки данных для управления риском промышленных аварий. Алгоритм включает следующие шаги:

1. Инициализация подсистем ситуационного плана.
2. Циклический опрос внешних датчиков.
3. В случае необходимости расчета множества контуров поражения факторами негативного воздействия аварий НГПО, по количеству исходов деревьев событий, позволяющих определить наиболее вероятные сценарии развития аварий и оценить их последствия, формируется множество, включающее в себя ЗПП (обеспечивается блоком расчетных методик, результат работы которого является входным множеством шага 4).
4. Определение вектора дискретизации по данным ГИС, исключающего случаи невозможности учета подсистем в многослойной матрице.
5. В соответствии с вектором дискретизации выполняется учет множества подсистем в виде иерархической структуры.
6. Формирование поля потенциального риска протяженных объектов в соответствии с обобщенной моделью, использующей матричное представление соответствующих элементов, обеспечивающее оценку риска техногенных аварий на НГПО.
7. Обработка динамически рассчитываемых данных, позволяющая определить показатели индивидуального и коллективного риска послойно, а также сформировать обобщенную диаграмму социального риска.

Особенностью синтезированного алгоритма, обобщенная схема которого представлена на рисунке 2, является возможность реализации параллельной обработки данных для управления риском промышленных аварий. Шаги 4-6 позволяют сформировать многослойную матрицу, на основании которой обеспечивается возможность определения показателей индивидуального и коллективного рисков послойно, а также формирования обобщенной диаграммы социального риска без дополнительных вычислений.

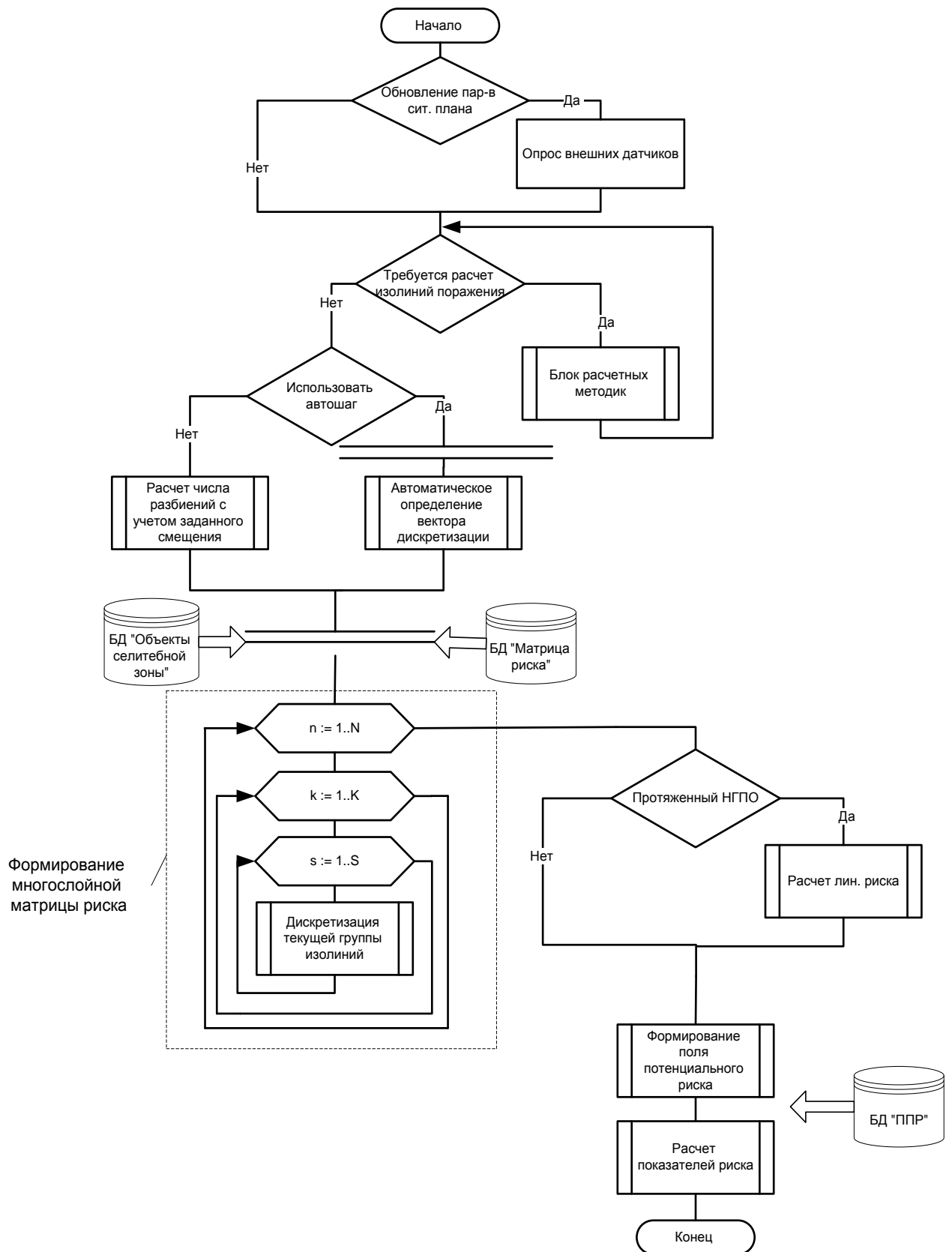


Рис. 2. Обобщенная схема оценки техногенного риска промышленных аварий

Для проведения экспериментальных исследований в ходе работы разработано модульное программное обеспечение, реализующее приведенный алгоритм многопоточной обработки данных для решения задачи управления риском промышленных аварий, отличающееся открытой архитектурой и возможностью распараллеливания производимых вычислений, позволяющее оценить многослойные матрицы и сформировать пространственное распределение поля потенциального риска с учетом данных, полученных от ГИС, которое интегрировано в состав программного комплекса ТОКСИ+Risk.

В целях проведения сравнительных испытаний были выбраны альтернативные программные комплексы: ТОКСИ+, PHAST Managing Risk и Delta Risk (результаты приведены в таблице 1). Выбор этих продуктов обоснован и согласован по функциональным возможностям с требованиями экспертных организаций, профессиональная деятельность которых связана с проведением анализа риска НГПО.

Таблица 1

Сравнительная характеристика программных средств
для анализа риска

Наименование	ТОКСИ+ Risk	ТОКСИ+	PHAST Managing Risk	Delta Risk
1	2	3	4	5
Использование данных, полученных от ГИС	+	-	+	-
Многопоточная обработка данных	+	-	+	-
Моделирование на основе деревьев событий	+	-	+	+
Расчет показателей риска	+	-	+	-
Использование реляционной базы данных	+	-	+	-
Подбор шага матриц с учетом отношения размеров областей, локализирующих реципиентов риска	+	-	+	-
Формирование протоколов в соответствии со стандартами РПЗ ДПБ	+	+	-	+
Автоматизированный расчет степени возникновения аварий на НГПО	+	-	-	+

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5
Временные затраты на проведение аналогичных операций, час	3.0	17.4	3.2	19.2
Достоверность результатов вычислений, %	90.3	83.0	90.7	81.4
Стоимость, тыс.руб	140	69	1 600	70

На рисунке 3 представлено схематичное изображение поля потенциального риска аварии, произошедшей в результате полного разрушения НГПО, сформированное в среде ТОКСИ+Risk. Графическое отображение результатов обработки многослойных матриц подсистем ситуационного плана показано полупрозрачной областью, показаны характерные контуры поражающих факторов (1, 2, 3, 4). Данные контуры представляют собой изолинии риска, полученные посредством пространственной интерполяции и отображением средствами ГИС, локализуя область негативного воздействия.

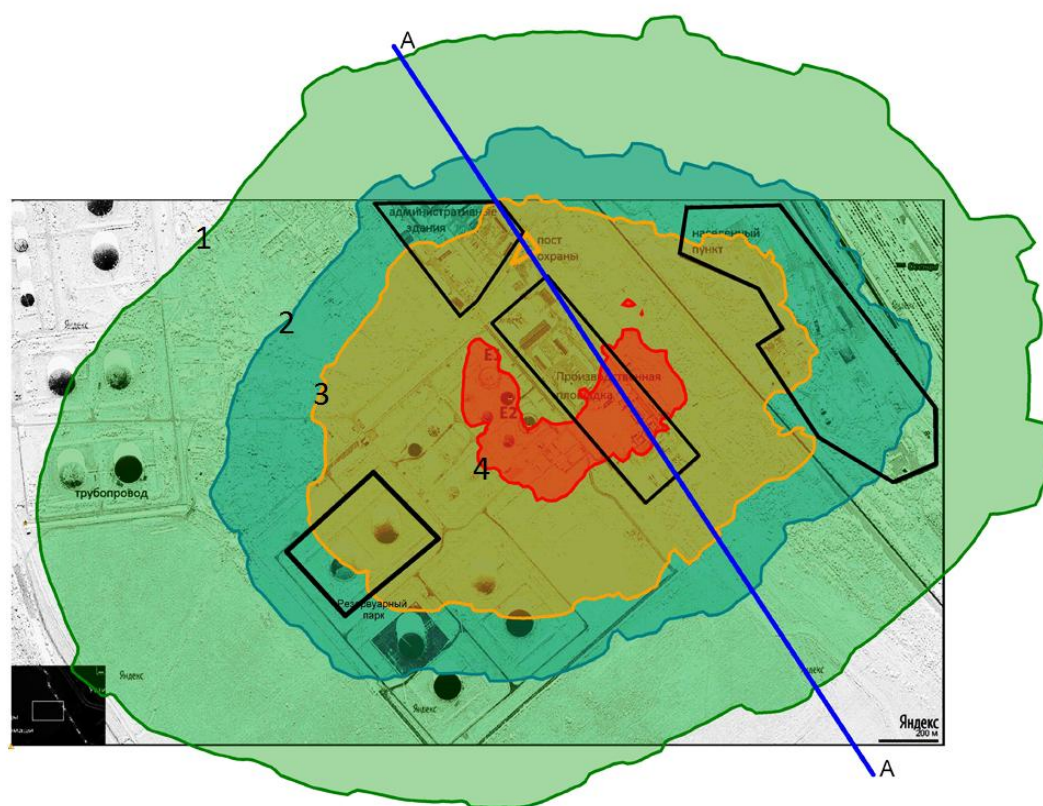


Рис. 3. Схема развития техногенной аварии (ТОКСИ+Risk)

На рисунке 3 показан пример секущей плоскости А-А, на основе которой строится зависимость потенциального риска от смещения вдоль секущей плоскости в локальных координатах ГИС (рис. 4) и обеспечивается когнитивность представления полученных результатов.

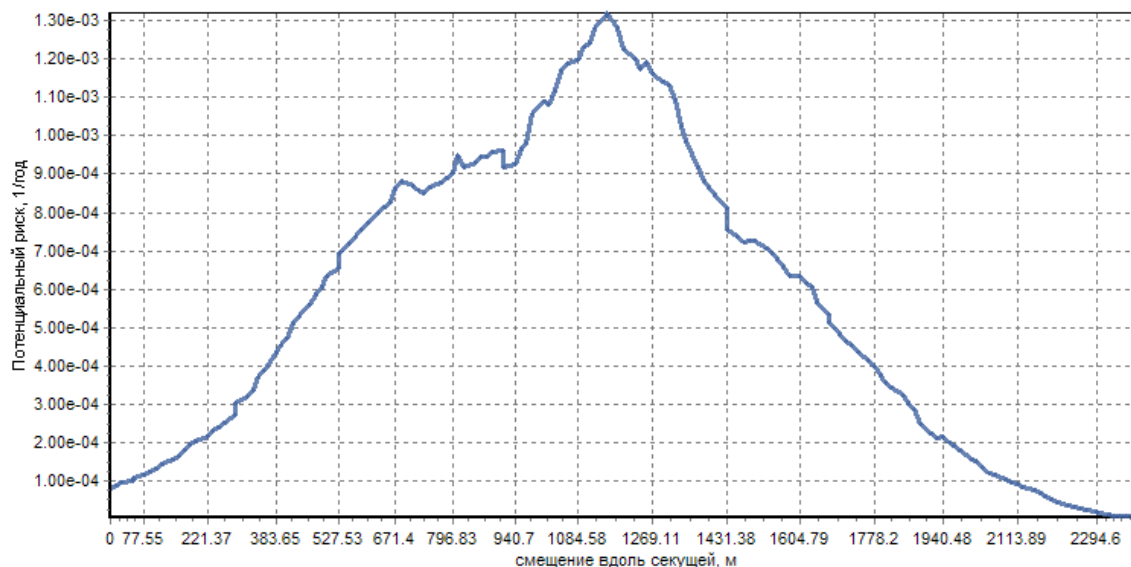


Рис. 4. Распределение потенциального риска вдоль секущей плоскости

Оценка риска по сравнению с использованием постоянного шага разбиения при генерации многослойных матриц показала увеличение скорости оценки риска на 15% относительно PHAST Managing Risk, при потере достоверности на 0,44%. Стоимость программного комплекса ТОКСИ+Risk составляет 8.75% относительно стоимости программного комплекса PHAST Managing Risk.

Таким образом, результаты испытаний разработанного программного обеспечения подтвердили повышение оперативности управления промышленной безопасностью на НГПО на 15-20 % в зависимости от ситуации.

В заключении сформулированы основные результаты диссертационной работы.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ

В диссертационной работе решалась научная задача разработки метода и имитационной модели оценки риска аварий при управлении промышленной безопасностью, на основе представления данных в реляционной базе многослойными матрицами, обеспечивающих определение поля потенциального риска и реципиентов риска. В ходе решения этой задачи получены следующие основные результаты:

1. На основе анализа состояния вопроса оценки риска территориально-распределенных нефтегазовых объектов показано, что

ограничением существующих методов и средств прогнозирования развития поражающих факторов техногенных аварий путем анализа и обработки данных ГИС является невозможность обеспечения оценки опасности и управления риском.

2. Обоснована объективная необходимость разработки моделей и метода оценки риска техногенных аварий на НГПО, позволяющих повысить оперативность управления промышленной безопасностью.

3. Разработана математическая модель формирования поля потенциального риска, учитывающая системные связи фрагментов предметной области, особенностью которой является определение вектора дискретизации при формировании многослойных матриц, позволяющая оценить и минимизировать временные задержки этапа формирования матриц и исключить пропуск реципиентов риска.

4. Разработана обобщенная модель формирования поля потенциального риска, позволяющая минимизировать число операций при расчете параметров аварий на протяженных объектах и состоящая в численном определении риска путем сложения значения ячеек матрицы с учетом области определения.

5. Разработан метод оценки риска техногенных аварий, позволяющий повысить оперативность управления промышленной безопасностью на НГПО, включающий в себя этапы определения вектора дискретизации, ввода данных ГИС, формирования многослойных матриц и вычисления вероятности поражения.

6. Синтезирован алгоритм, позволяющий обеспечить возможность параллельной обработки данных для управления риском промышленных аварий, включающий этап формирования многослойных матриц, на основании которых без дополнительных вычислений обеспечивается возможность определения показателей индивидуального и коллективного рисков послойно, а также построение обобщенной диаграммы социального риска.

7. Разработано модульное программное обеспечение, реализующее многопоточную обработку данных для оценки техногенного риска, отличающееся открытой архитектурой и возможностью распараллеливания производимых вычислений, позволяющее сформировать многослойные матрицы и задать требования к ГИС.

8. Проведено экспериментальное исследование, заключающееся в анализе результатов сравнительных испытаний альтернативных программных решений, подтвердившее увеличение скорости оценки риска на 15% относительно PHAST Managing Risk, при потере достоверности на 0,44%, что подтверждает повышение оперативности управления промышленной безопасностью на НГПО на 15-20% в зависимости от ситуации при применении разработанного метода.

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ в рецензируемых научных журналах и изданиях

1. Марухленко, С.Л. Программная модель для автоматизации расчета показателей риска техногенных аварий. / С.Л. Марухленко, А.Л. Марухленко, С.В. Дегтярев // Информационно-измерительные и управляющие системы. – 2010. – №11. – Т.8. – С. 35-39.
2. Марухленко, С.Л. Программный модуль для обработки информации и системного анализа данных, полученных в результате расчета негативного воздействия техногенных аварий. / С.Л. Марухленко // Информационно-измерительные и управляющие системы. – 2010. – №11. – Т.8. – С. 51-59.
3. Марухленко, С.Л. Использование программного комплекса Токси+Risk для оценки пожарного риска. / С.Л. Марухленко, А.А. Агапов, А.С. Софьин и др. // Безопасность труда в промышленности. – 2010. – №1. – С. 44-50.
4. Марухленко, С.Л. Программно-аппаратный комплекс «Токси+Метео» для оценки последствий возможных аварий с учетом текущих данных о погодных условиях. / С.Л. Марухленко, А.А. Агапов, А.С. Софьин и др. // Безопасность труда в промышленности. – 2011. – №1. – С. 22-25.
5. Марухленко, С.Л. Программный модуль для системного анализа опасных факторов техногенных аварий. / С.Л. Марухленко, А.Л. Марухленко, С.В. Дегтярев // Известия ЮЗГУ. – 2011. – № 6. – Ч. 2. – С.41-45.
6. Марухленко, С.Л. Метод формирования многослойной матрицы для расчета показателей риска техногенных аварий. / С.Л. Марухленко, А.Л. Марухленко, С.В. Дегтярев // Научные технологии. – 2012. – №9. – С. 4-6.
7. Марухленко, С.Л. Метод и алгоритм расчета показателей риска для опасных производственных объектов / С.Л. Марухленко // Известия ЮЗГУ. Серия. Управление, вычислительная техника, информатика. Медицинское приборостроение. – 2012. – №2. – С. 59-63.

Патенты и свидетельства

8. Свидетельство о гос. регистрации программы для ЭВМ № 2008610757, (РФ). - М.: РосПатент / Марухленко С.Л., Марухленко А.Л. заявлено 26.02.2008; опубл. 31.03.2008.
9. Свидетельство о гос. регистрации программы для ЭВМ № 2009615864, (РФ). - М.: РосПатент / С.Л. Марухленко, А.А. Агапов, А.С. Софьин и др. заявлено 24.08.2009; опубл. 22.10.2009.

Другие публикации

10. Марухленко, С.Л. Модель аппаратной реализации отказоустойчивого алгоритма сквозного кодирования потока шины данных / С.Л. Марухленко, А.Л. Марухленко, С.В. Дегтярев // Информационно-

измерительные, диагностические и управляющие системы. Диагностика-2009: материалы Международной научно-технической конференции. – Курск, 2009. – С. 195-198.

11. Марухленко, С.Л. Математические основы метода блочного синхрокodирования / С.Л. Марухленко, А.Л. Марухленко, И.И. Алябьева // Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций: материалы II Региональной научно-практической конференции. – Курск, 2010. – С. 220-224.

12. Марухленко, С.Л. Программный модуль для определения параметров взаимодействия компонентов территориально-распределенной вычислительной сети / С.Л. Марухленко, А.Л. Марухленко, И.И. Алябьева // Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций: материалы II Региональной научно-практической конференции. – Курск, 2010. – С. 224-228.

13. Марухленко, С.Л. Обзор функциональных возможностей современных программных средств разграничения доступа в телекоммуникационных системах / С.Л. Марухленко, А.Л. Марухленко, А.А. Квасков // Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций: материалы II Региональной научно-практической конференции. – Курск, 2010. – С. 228-231.

14. Марухленко, С.Л. Основы построения и разграничения доступа в многопользовательской инфокоммуникационной системе / С.Л. Марухленко, А.Л. Марухленко, П.С. Мирзаханов // Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций: материалы II Региональной научно-практической конференции. – Курск, 2010. – С. 231-235.

15. Марухленко, С.Л. Организация защищенного канала взаимодействия удаленных абонентов вычислительной сети / С.Л. Марухленко, А.Л. Марухленко, П.С. Мирзаханов // Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций: материалы III Региональной научно-практической конференции. – Курск, 2011. – С. 87-90.

16. Марухленко, С.Л. Структурно-функциональная организация устройства потоковой обработки и коммутации каналов данных / С.Л. Марухленко, А.Л. Марухленко, П.С. Мирзаханов // Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций: материалы III Региональной научно-практической конференции. – Курск, 2011. – С. 90-94.

17. Марухленко С. Л. Интегральная модель расчета полей потенциального риска для нефте-газопроводов. // Информационные системы и технологии: материалы I Региональной научно-технической конференции. – Курск, 2012. – С. 24-26.