

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

**доктора технических наук, профессора Попова Николая Сергеевича
на диссертационную работу Чернышева Леонида Олеговича**

**«Визуализация и анализ аварийных выбросов химически опасных
веществ на промышленных предприятиях»,**

представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук
по специальности 2.3.1 Системный анализ, управление и обработка
информации, статистика (технические науки)

Актуальность темы диссертационного исследования

Актуальность темы диссертации Чернышева Л.О. обусловлена необходимостью повышения уровня промышленной безопасности и минимизации последствий техногенных аварий. В условиях роста объемов производства и увеличения количества предприятий, использующих опасные химические вещества, возрастает риск аварийных ситуаций, которые могут привести к серьезным экологическим, экономическим и социальным последствиям. Современные промышленные предприятия сталкиваются с задачами предупреждения и ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций, для решения которых наиболее важной является оперативная информация о характере выбросов, их распространении и потенциальном воздействии на персонал организации, население прилегающих территорий и окружающую среду. Существующие методы получения такой информации, используемые в системах поддержки принятия решений, часто оказываются недостаточно эффективными из-за сложности процессов распространения химических веществ в атмосфере, а также неопределенности факторов образования зоны загрязнения.

Поэтому особенно актуальными и практически значимыми являются исследования, связанные с разработкой и совершенствованием существующих методов и алгоритмов прогнозирования и визуализации аварийных выбросов химически опасных веществ с учетом эффектов застройки местности,

метеорологических условий и характеристик источника выброса. Разработка методов визуализации и анализа аварийных выбросов позволит ускорить и упростить анализ аварийной ситуации в сложных условиях выброса для принятия обоснованных решений и координации действий экстренных служб по защите персонала и населения. Таким образом, исследование в данной области направлено на решение актуальных задач обеспечения безопасности жизнедеятельности и охраны окружающей среды.

Целью работы: разработка метода и алгоритмов анализа, прогнозирования и визуализации опасной зоны загрязнения при аварийных выбросах химически опасных веществ в условиях неопределенности исходной информации.

Основные задачи работы:

1. Осуществить анализ проблемы оперативного реагирования при выбросах токсических веществ на химически опасном производстве.
2. Проанализировать существующие подходы к прогнозированию и визуализации аварийного загрязнения местности.
3. Разработать метод прогнозирования и визуализации оперативной обстановки с возможностью корректировки параметров прогноза по данным мониторинга местности.
4. Исследовать особенности существующих алгоритмов прогнозирования и разработать подходы к реализации таких алгоритмов на основе теории клеточных автоматов.
5. Разработать и программно реализовать алгоритмы комплексной системы. Осуществить контрольное испытание системы.
6. Оценить эффективность предложенных решений и разработать рекомендации по дальнейшему развитию комплексной системы.

Структура, объем и содержание работы

Диссертационная работа состоит из введения, трех глав, заключения, списка цитируемой литературы и трех приложений. Работа содержит 147 страниц основного текста, 30 рисунков, 3 таблицы и 3 приложения. Список используемой литературы включает 151 наименование.

Во введении обоснована актуальность темы исследования и представлена степень ее разработанности, сформулированы цель и основные задачи исследования, показана научная новизна, теоретическая и практическая значимость работы, приведена основная характеристика работы и определены основные положения, выносимые на защиту.

Первая глава посвящена анализу современного состояния проблемы визуализации и анализа аварийных выбросов химически опасных веществ на промышленных предприятиях. Рассматриваются нормативно-правовые аспекты обеспечения промышленной безопасности и мониторинга выбросов химически опасных веществ. Анализируются отечественные и международные стандарты, регулирующие вопросы предотвращения аварийных ситуаций и минимизации их последствий. Приводится описание существующих подходов и методов, применяемых для моделирования и прогнозирования аварийных ситуаций. Представлен обзор существующих подходов к проблеме прогнозирования. Анализируются их возможности, ограничения и перспективы применения в условиях реальных промышленных объектов. Подчеркивается, для разработки алгоритмического обеспечения системы прогнозирования и визуализации последствий аварийных выбросов могут быть применены методы оценки параметров источника, а также алгоритмы клеточных автоматов. Сформулирована цель и произведена постановка задач исследования.

Вторая глава содержит описание разработанных автором алгоритмов анализа и визуализации опасной зоны загрязнения при аварийных выбросах химически опасных веществ в рамках предложенного метода прогнозирования с возможностью корректировки параметров прогноза. Алгоритмическое обеспечение разрабатываемой системы представлено в виде комплекса взаимосвязанных алгоритмов обработки информации. Во внутреннем контуре такого комплекса формируется результат прогноза, внешний контур необходим для корректировки параметров прогнозной модели. Рассмотрены аналитические и вычислительные алгоритмы рассеивания примеси. Исследованы особенности алгоритма на основе уравнения Гаусса, которое

применяется для прогнозирования и визуализации опасной зоны загрязнения при мезо-уровневом масштабе аварий. Отмечено, что алгоритмы гауссовой модели не учитывают сложные условия выброса при локальном масштабе аварии. Для данного случая разработаны алгоритмы клеточно-автоматной модели рассеивания примеси. Обоснованы алгоритмы настройки моделей во внешнем контуре системы и определены показатели эффективности прогноза. Представлено описание разработанной автором методики визуализации и анализа аварийных выбросов химически опасных веществ и приведены примеры визуализации зоны загрязнения с использованием разработанных алгоритмов прогноза.

В третьей главе рассмотрены вопросы реализации и апробации комплексной системы прогнозирования и визуализации аварийных выбросов химически опасных веществ. Приведено описание алгоритмического и программного обеспечения разработанной системы. Разработана и реализована модификация алгоритма "бросания лучей", позволяющая сформировать контурный слой застройки. Результаты контрольного испытания подтверждают эффективность предложенного автором подхода и возможность корректировки параметров прогноза на основе данных полевых наблюдений. Приведены основные характеристики разработанного программного обеспечения и даны рекомендации по дальнейшему развитию комплексной системы прогнозирования и визуализации. Подчеркивается практическая значимость разработанных алгоритмов для оперативного реагирования на аварийные ситуации, а также их потенциал для использования в системах поддержки принятия решений.

Новизна диссертационной работы

Новизна диссертационной работы заключается в разработке метода прогнозирования последствий выброса опасных химических веществ, позволяющего оценить размеры и конфигурацию зоны аварийного загрязнения на основе двухконтурной схемы обработки аварийной ситуации. Для оценки

эффективности прогноза использованы показатели геометрической дисперсии и доли прогнозов в пределах двукратного отклонения от наблюдений.

Представленный метод выбран в качестве основы для разработки новых клеточно-автоматных алгоритмов прогнозирования и визуализации опасной зоны загрязнения, позволяющих более точно описывать распространение загрязнений в сложных условиях выброса химически опасных веществ в атмосферу. Автором предложен подход к фронтальной и эмпирической модификации алгоритмов клеточно-автоматной модели, позволивший снизить временные затраты на поиск решения при сложной конфигурации рельефа и высокой детализации карты местности. Автором разработан алгоритм определения конфигурации застройки, позволяющий упростить и ускорить процедуры формирования данных о застройке на двумерной карте местности.

Достоверность научных положений и выводов

Достоверность научных положений и сделанных выводов корректным применением методов системного анализа и моделирования сложных систем для решения задач диссертационного исследования, использованием апробированных методик в схеме обработки аварийной ситуации, сопоставлением результатов выполненных расчетов с экспериментальными данными, а также актами испытаний и свидетельствами о регистрации программ.

Теоретическая и практическая значимость работы заключается в развитии основ системного анализа и прогнозирования последствий выбросов химически опасных веществ в атмосферу с учетом данных химической обстановки. Разработанные клеточно-автоматные алгоритмы рассеивания примеси учитывают влияние сложных условий выброса при локальном масштабе аварии. Практическая значимость работы подтверждается соответствующими актами передачи результатов исследования в управление по обеспечению безопасности населения администрации г. Твери, а также актами испытаний и внедрения результатов исследования в проектно-конструкторском бюро автоматизации производств (ООО «ПКБ АП»).

Обоснованность научных положений, выводов, рекомендаций, сформулированных в работе, подтверждается использованием актуальных

методов исследования и анализа при проведении вычислительных экспериментов. Результаты диссертационной работы изложены в 18 работах, из которых одна статья в сборнике, входящем в базу Scopus, четыре статьи в журналах, входящих в перечень утвержденных ВАК, что соответствует рекомендациям Минобрнауки России. Результаты работы апробированы на различных Международных и Всероссийских конференциях.

Содержание автореферата полностью соответствует содержанию диссертации.

Замечания по диссертационной работе:

1. При проведении контрольных испытаний системы не рассмотрены сценарии одновременного возникновения нескольких источников выброса, что может быть актуально для крупных промышленных объектов.

2. В работе недостаточно подробно рассмотрено влияние эффекта распространения химически опасных веществ, особенно в условиях городской застройки.

3. В работе отсутствует обоснование выбора шага дискретизации (размера ячейки) при реализации клеточно-автоматных алгоритмов, что может быть существенным для практического применения.

4. Недостаточно подробно описан механизм интеграции разработанной системы с существующими на предприятиях системами мониторинга и контроля.

5. Некоторые иллюстрации в работе недостаточно информативны и требуют более подробных пояснений в подписях.

Заключение

Диссертационная работа Чернышева Леонида Олеговича на тему: «Визуализация и анализ аварийных выбросов химически опасных веществ на промышленных предприятиях», представленная на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.3.1 Системный анализ, управление и обработка информации, статистика (технические науки) является законченной научно-квалификационной работой. Научные положения, выводы

и рекомендации обоснованы, работа обладает теоретической и практической значимостью.

Диссертация соответствует п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства РФ № 842 от 24.09.2013 г., и соискателю Чернышеву Леониду Олеговичу может быть присуждена ученая степень кандидата технических наук по специальности 2.3.1 Системный анализ, управление и обработка информации, статистика (технические науки).

Официальный оппонент:

Доктор технических наук, профессор,
профессор кафедры «Природопользование
и защита окружающей среды»
ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный
технический университет»



Н.С. Попов

«20» 01 2025 г.

Попов Николай Сергеевич

Почтовый адрес: 392000, Тамбовская область, г.Тамбов, ул. Советская, д.106/5

Телефон (рабочий): +7 (4752) 63-03-65

Адрес электронной почты: eco@mail.tstu.ru

Подпись Попова Н.С. заверяю
Ученый секретарь ученого совета
ФГБОУ ВО «ТГТУ»



Г.В. Мозгова

20.01.2025