

Министерство образования и науки Украины
Технологический институт
Восточноукраинского национального университета им. В. Даля
(г.Северодонецк)

На правах рукописи

САФОНОВА Светлана Александровна

УДК 004.942:891

**ИНФОРМАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ПОДДЕРЖКИ
ОПЕРАТИВНЫХ РЕШЕНИЙ ДИСПЕТЧЕРА В ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ
СИТУАЦИЯХ НА ПРОИЗВОДСТВЕ**

05.13.06 – информационные технологии

Диссертация на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Научный руководитель
Лыфарь Владимир Алексеевич,
кандидат технических наук

Северодонецк – 2013

СОДЕРЖАНИЕ

ПЕРЕЧЕНЬ УСЛОВНЫХ СОКРАЩЕНИЙ	4
ВВЕДЕНИЕ	5
РАЗДЕЛ 1 АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ МЕТОДОВ ПОДДЕРЖКИ ДЕЙСТВИЙ ДИСПЕТЧЕРА ПРИ АВАРИЯХ. ФОРМАЛИЗАЦИЯ ЗАДАЧИ	11
1.1 Процессы, представляющие угрозу при авариях. Виды воздействия	12
1.2 Анализ области компетенции диспетчера предприятия	19
1.3 Структура информационных потоков и критерии оценки состояния	29
1.4 Обзор существующих информационных технологий поддержки принятия решений диспетчера в условиях аварии	32
1.5 Формализация постановки и структуризация задачи исследования Общая модель	35
РАЗДЕЛ 2 МОДЕЛИ АВАРИЙНЫХ ПРОЦЕССОВ И ПОСЛЕДСТВИЙ АВАРИЙ	41
2.1 Распространение опасных химических примесей в окружающем пространстве. Вероятность отравлений	43
2.1.1 Истечение газовой фазы из оборудования под давлением	44
2.1.2 Истечение жидкой фазы из оборудования	49
2.1.3 Испарение	56
2.1.4 Распространение примеси в атмосфере	59
2.2 Формирование зоны загазованности взрывоопасной примесью	71
2.3 Угроза взрыва. Воздействие ударной волны на людей и объекты	73
2.4 Пожары. Воздействие на людей	82
2.4.1 Огненный шар	83
2.4.2 Пожар пролива	85
РАЗДЕЛ 3 МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ УГРОЗ	90
3.1 Требования к представлению результатов расчетов	91

3.2 Структура программно-аппаратных средств информационной технологии	93
3.3 Организационная поддержка пользователя (диспетчера) автоматизированной системы	98
3.4 Динамические характеристики угроз	102
3.5 Получение входных данных базы источников опасности	105
3.6 Оповещение. Сотрудники, инструкции, действия диспетчера.	114
РАЗДЕЛ 4 РАЗРАБОТКА ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ СРЕДСТВ ИНФОРМАЦИОННОЙ ТЕХНОЛОГИИ ПОДДЕРЖКИ ДЕЙСТВИЙ ДИСПЕТЧЕРА ПРЕДПРИЯТИЯ	119
4.1 База данных источников опасности. Структура и связи	120
4.2 Средства редактирования, управления и тестирования в базе данных автоматизированной компьютерной системы	131
4.3 Опыт внедрения и использования программных средств поддержки действий диспетчера	145
ВЫВОДЫ	148
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	151
Приложение А. Алгоритмы решения задач моделирования	165
Приложение Б. Примеры проведения расчетов	174
Приложение В. Инструкция системного администратора	185
Приложение С. Внедрение системы поддержки действий диспетчера	196

ПЕРЕЧЕНЬ УСЛОВНЫХ СОКРАЩЕНИЙ

АРМД	Автоматизированное рабочее место диспетчера
АТС	Автоматическая телефонная станция
ВВЗ	Возможная взрывоопасная зона
ВГСО	Военизированный газоспасательный отряд
ВКПР	Верхний концентрационный предел распространения пламени
ГГС	Громкоговорящая связь
ГИС	Географическая информационная система
ГО	Гражданская оборона
ДГСД	Добровольная газоспасательная дружина
ДПД	Добровольная пожарная дружина
ЗАО	Закрытое акционерное общество
ЗКП	Запасной командный пункт
ИПИ	Источник первичной информации
ЛСО	Локальная система оповещения
МЧС	Министерство чрезвычайных ситуаций
МВД	Министерство внутренних дел
НКПР	Нижний концентрационный предел распространения пламени
ОКСИОН	Общероссийская комплексная система информирования и оповещения населения
ОХВ	Опасные химические вещества
ПГФ	Парогазовая фаза
ПЛАС	План ликвидации аварийных ситуаций
ПДК	Предельно допустимая концентрация
ЧС	Чрезвычайная ситуация
CFD	Computational Fluid Dynamics
EPA	Environment Protection Agency
HAZOP	Hazard and Operability Study
OSHA	Occupational Safety and Health Administration
PHA	Process Hazards Analysis
PSM	Process Safety Management
RMP	Risk Management Program
SLOD DTL	Assessment of the Dangerous Toxic Load Significant Likelihood of Death (Уровень токсичного воздействия 1% границы смертности)
SLOT DTL	Assessment of the Dangerous Toxic Load for Specified Level of Toxicity (Уровень токсичного воздействия 50% смертности)

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы. Возникновение и развитие аварийных ситуаций на опасных промышленных объектах может приводить к существенным негативным последствиям, которые снижаются при четких и профессиональных действиях обслуживающего персонала таких предприятий. При этом важную роль играют определенные мероприятия, которые основываются на быстром получении качественной и достоверной информации о масштабах и условиях развития чрезвычайных ситуаций.

Закон Украины "Об объектах повышенной опасности" от 18.01.2001 г., ряд постановлений и нормативных документов регламентируют меры безопасности на предприятиях повышенной опасности. Согласно этим документам при возникновении или угрозе возникновения чрезвычайных ситуаций на производстве, связанных с технологическими процессами, персонал предприятия должен действовать в соответствии с Планами ликвидации аварийных ситуаций и должностных инструкций.

Для получения достоверной прогнозной информации за приемлемое время необходимо иметь программно-аппаратные средства введения предшествующей входной информации о расположении объектов, людей, опасных веществ, процессах, погодных условиях, а также информационную модель, которая дает возможность математического моделирования процессов, возникающих при реализации угроз, и определения расчетных данных, необходимых для принятия решений в условиях аварии.

Несмотря на наличие моделей и методов определения основных показателей угроз и их последствий, их практическое применение для оперативных действий диспетчера невозможно без разработки объединенной информационной технологии, удовлетворяющей требованиям моделирования достаточного качества, которое может быть проведено в ограниченное время. Кроме того, необходима разработка унифицированной системы, которая могла бы быть использована для различных производств, с учетом возможности их

развития и модернизации, для которых возможны угрозы пожаров, взрывов, распространения парогазовой фазы опасных химических веществ в атмосфере.

Целесообразность применения программно-аппаратных средств поддержки принятия решений диспетчером химического предприятия (на примере ЗАО «Северодонецкое объединение Азот») в условиях аварии и недостатка времени обусловлена:

1) необходимостью получения за приемлемое время достоверной прогнозной информации об ожидаемых угрозах и их последствиях, определения количества и расположения объектов и людей, для которых эти угрозы реализуются в процессе развития аварии;

2) необходимостью проведения автоматизированного оповещения должностных лиц и персонала предприятия о возникновении аварии параллельно по независимым каналам связи для увеличения скорости оповещения (более чем в $n/2$ раз, где n – количество параллельных независимых линий автоматизированного оповещения);

3) необходимостью координирования действия служб по ликвидации аварии и корректирования прогнозной информации;

4) необходимостью объективизировать выполнение функций диспетчера в аварийных ситуациях, путем автоматизированной поддержки действий диспетчера потенциально опасного производства.

В связи с этим тема диссертации имеет важное научное и практическое значение, поскольку она направлена на решение актуальной научно-прикладной задачи, заключающейся в разработке моделей и методов определения последствий чрезвычайных ситуаций на объектах повышенной опасности и информационной технологии поддержки принятия решений диспетчером в условиях аварии и недостатка времени.

Связь работы с научными программами, планами и темами. Работа выполнена на кафедре компьютерной инженерии технологического института Восточноукраинского университета им. В. Даля (г. Северодонецк) и была связана с научно-исследовательскими работами университета в 2005-2010 гг., в

соответствии с совместными хозяйственными договорными работами с научно-производственными объединениями, предприятиями и организациями. Важнейшей из них является "Анализ работы существующей системы наблюдения за состоянием атмосферного воздуха и исследования источников влияния на состояние атмосферного воздуха" (ДР № 0108U007618).

Участие автора в указанных научно-исследовательских темах и проектах заключается в развитии математических моделей, методов системной и информационной технологий, методик, программных средств моделирования, анализа опасных физических процессов и возникновения чрезвычайных ситуаций на техногенных объектах.

Цель и задачи исследования. Целью диссертационного исследования является разработка информационной технологии поддержки принятия решений диспетчера промышленного предприятия повышенной опасности на основе анализа угроз, возникающих при техногенных катастрофах для снижения негативных последствий аварий.

Для достижения поставленной цели в диссертации ставятся следующие задачи:

- провести анализ современных информационных технологий поддержки действий диспетчера предприятия повышенной опасности в условиях возникновения и развития аварий и существующих подходов к моделированию аварийных ситуаций на техногенных объектах;

- усовершенствовать комплекс моделей для имитации аварийных ситуаций, которые позволяют прогнозировать последствия действий поражающих факторов, оценивать опасные зоны для людей, возможность разрушения и нарушения работоспособности объектов жизнедеятельности;

- разработать информационную технологию поддержки принятия решений и организации автоматизированного оповещения при возникновении чрезвычайных ситуаций.

Объектом исследования являются процессы ликвидации чрезвычайных ситуаций на производстве.

Предметом исследования являются математические модели, методы анализа, оценки и прогнозирования последствий чрезвычайных ситуаций для поддержки действий диспетчера в условиях аварии.

Методы исследования. При работе использовались методы математической физики, вычислительной математики для определения количественных показателей последствий аварийных процессов. При разработке комплексной структуры автоматизированной системы поддержки принятия решений в условиях чрезвычайных ситуаций использовались элементы теории информационных систем и современные средства программирования.

Научная новизна полученных результатов заключается в следующем:

а) впервые разработан метод определения последствий чрезвычайных ситуаций техногенного характера, базирующийся на учете реальных условий в которых развиваются события, а также математических моделях процессов, удовлетворяющих требованиям к скорости получения расчетных данных угроз с учетом консервативного подхода;

б) усовершенствованы:

- модель состояния опасной среды техногенного объекта, учитывающая динамику и масштаб возникновения и развития аварий, обеспечивающая определение возможных последствий разрушительного воздействия;

- модель разрушения сооружений и влияния на людей, которая позволяет определить масштабы негативных последствий взрывов и опасное пространство;

в) получил дальнейшее развитие метод поддержки принятия решений в условиях аварии, который основывается на анализе угроз, возникающих при техногенных катастрофах.

Практическое значение полученных результатов. В совокупности, разработанные системные математические модели и вычислительные методы, которые использованы при разработке прикладного программного обеспечения, являются научно-методической основой для практического применения на промышленных предприятиях для внедрения на рабочем месте диспетчера производства.

Научные положения, выводы, предложения и рекомендации, а также результаты расчетных исследований обоснованы и приведены автором в диссертации, статьях, отчетах о совместных научно-исследовательских работах на основе хозяйственных договоров с предприятием (ЗАО «Северодонецкое объединение «Азот»), на кафедре компьютерной инженерии технологического института Восточнoукраинского университета им. В. Даля (г. Северодонецк).

Использование результатов исследования методически совершенствует практику разработки программного обеспечения и программно-аппаратных комплексов рабочих мест диспетчера и позволяет повысить надежность труда диспетчеров предприятий за счет автоматизации процессов анализа последствий аварий и поддержки принятия решений по корректировке действий при авариях и оповещению в условиях сжатых сроков реагирования.

Результаты диссертационной работы внедрены: в ЗАО "Северодонецкое объединение "Азот" (акт о внедрении от 2.03.2010 г.).

Личный вклад соискателя. Все основные научные положения, результаты и рекомендации диссертационной работы получены автором самостоятельно. В публикациях, написанных в соавторстве, соискателю принадлежат следующие результаты: методы обеспечения безопасности и надежности информации [1], методы разработки баз данных и определения показателей угроз [2,3], структура программного комплекса информационной технологии и методы составления прогноза формирования, развития аварий, ее последствий при принятии решений и поддержке действий диспетчера предприятия при возникновении аварий, связанные с выбросом опасных химических веществ в парогазовой фазе в атмосферу с учетом реальных текущих условий выброса (расчет сектора отклонений прогнозируемого заражения и определение зоны возможного поражения) [4,5]; информационная технология и программно-аппаратные средства, которые позволяют в короткий срок ввести входные данные аварии и получить расчетную информацию, содержащую динамические характеристики угроз, которые возникают в результате промышленных аварий на производствах повышенной опасности, математическая модель информационных потоков,

комплексная модель чрезвычайной ситуации для анализа и определения последствий техногенных аварий, методы определения токсичного влияния на людей опасных химических веществ [6-8,11]; организация базы данных и методы распределения вычислений [9,10].

Апробация результатов диссертации. Апробация результатов диссертационных исследований проводилась на технических совещаниях и семинарах, при внедрении и использовании информационной системы поддержки действий диспетчера в аварийных условиях, а также на научных семинарах кафедры компьютерной инженерии технологического института Восточноукраинского национального университета им. В. Даля (г. Северодонецк). Отдельные положения и выводы докладывались на украинских, российских и международных конференциях, семинарах и симпозиумах: семинаре "Технические средства защиты информации" (Луганск, Украина, 2006 г.); научно-практических конференциях студентов, аспирантов и молодых ученых "Технология" (Северодонецк, Украина, 2006-2011 гг.); VI Международной конференции "Стратегия качества в промышленности и образовании" (Технический Университет-Варна, Болгария, 2010 г.), VII Международной научно-практической конференции "Информационные технологии и безопасность в управлении" (Одесса, Украина, 2010 г.).

Публикации. По теме диссертации опубликовано 11 печатных трудов, из которых - 7 статей в научно-технических журналах и сборниках научных трудов, в том числе 6 статей входят в перечень изданий, в которых рекомендуется публикация основных результатов диссертационных исследований на соискание ученой степени кандидата наук, 4 публикации в материалах и докладах всеукраинских, всероссийских и международных конференций, конгрессов и симпозиумов.