

## **Метод прогнозирования последствий и модель автоматизированной системы поддержки принятия решений диспетчера опасного производства при возникновении аварийных ситуаций**

*Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ»*

Описаны метод прогнозирования последствий и модель автоматизированной системы поддержки действий диспетчера при возникновении аварийных ситуаций.

**Ключевые слова:** прогноз последствий аварии, диспетчер производства, принятие решений, информационная технология.

При возникновении аварийных ситуаций на опасных объектах могут реализоваться угрозы: распространение облака отравляющих веществ, образование зоны загазованности топливовоздушной смесью рабочего пространства, возникновение огненных шаров, взрыв и т.п. Основными обязанностями диспетчера в таких случаях является оповещение определенных должностных лиц, служб, производственного персонала и координация действий в целях локализации масштабов аварии, минимизации потерь располагаемых ресурсов. Представленные угрозы реализуются обычно в течение малого времени с момента возникновения аварии. Диспетчер должен в сжатый срок и безошибочно организовать процесс работы предприятия в аварийной ситуации и осуществить уведомление должностных лиц, служб, производственного персонала о случившемся по телефонным линиям и локальной системе оповещения. При этом необходимо учитывать, что опасные процессы, характеризующиеся зонами поражения, происходят в реальных масштабах пространства и времени, зависят от текущих погодных условий и масштабов аварии [1].

Доступные для анализа современные методы и технологии поддержки действий диспетчера в основном направлены на создание аппаратной поддержки ранней стадии обнаружения аварий [2] и систем оповещения [3]. Например, комплекс автоматизированных систем раннего выявления чрезвычайных ситуаций и оповещения, разрабатываемый предприятиями ООО ПНФ «Элон-ТТ» (г. Харьков), ООО НПП «Озон-С» (г. Днепропетровск) и ООО «Оптим-Комплекс» (г. Запорожье), предназначен для реализации следующих операций: раннего выявления угрозы возникновения чрезвычайных ситуаций (контроль до критических параметров); выявления чрезвычайных ситуаций (контроль критических параметров); оповещения работающего персонала и других лиц, находящихся на территории ОАО «Запорожжкокс», об угрозе или возникновении чрезвычайных ситуаций, руководящего состава, ответственных должностных лиц территориальных органов МЧС и гражданской защиты населения, органов исполнительной власти. Данный комплекс удовлетворяет требованиям приказа МЧС Украины № 288 и может быть базовым для поддержки действий диспетчера предприятия, но этот комплекс не решает задачи прогнозирования последствий аварии с учетом текущих реальных условий. К локальным системам оповещения, управляемым диспетчером, относятся такие системы, как комплекс

централизованного оповещения «Певец» или комплекс централизованного оповещения «Заря» [3]. Данные системы выполняют только часть функций, возложенных на диспетчера и связанных с автоматическим оповещением. Основным недостатком этих систем является невозможность динамического формирования таблиц оповещения и полное отсутствие поддержки действий диспетчера в прогнозировании и координации служб при ликвидации последствий аварии. В России в последнее время создается общероссийская комплексная система информирования и оповещения населения в местах массового пребывания людей (ОКСИОН) – комплекс современных систем наблюдения, информирования и оповещения, разрабатываемый в рамках Федеральной целевой программы «Снижение рисков и смягчение последствий чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера в Российской Федерации до 2010 года». До середины 2010 года построено и введено в эксплуатацию всего 520 терминальных комплексов ОКСИОН. Весь комплекс находится в управлении ГУ ИЦ "ОКСИОН" – (Государственное учреждение: «Информационный центр Общероссийской комплексной системы информирования и оповещения населения в местах массового пребывания») [4]. Этот комплекс имеет структуру и функции общегосударственного уровня с применением в региональном масштабе. Несмотря на сложное и множественное функциональное и программно-аппаратное обеспечение, входные данные такой системы не могут быть совмещены с данными конкретного предприятия, позволяющими установить масштаб аварии и провести достоверный прогноз. В любом случае в таком комплексе нет поддержки действий диспетчера и формирования динамических таблиц оповещения. Таким образом, актуальной сохраняется задача разработки интеллектуальных средств прогнозирования последствий аварийных ситуаций на опасных производствах.

### 1. Постановка задачи и метод ее решения

Метод прогнозирования последствий и модель автоматизированной системы поддержки действий диспетчера опасного производства при возникновении аварийных ситуаций базируются на рассмотрении сложной физической системы (СФС), включающей в себя опасное производство, диспетчерскую службу, аппаратную систему контроля технического состояния производства как единую информационную структуру. Необходимо осуществить синтез рациональных решений, обеспечивающих управление имеющимися в распоряжении лиц, принимающих решения (ЛПР), ресурсами в целях, в случае возникновения аварии, локализации ее масштабов, минимизации потерь располагаемых ресурсов.

Математическая модель процесса принятия решений ЛПР при возникновении и развитии аварий на опасном производстве основана на последовательности преобразований хранящейся и поступающей информации. Эта модель представлена кортежем вида

$$D = \langle \vec{T}, \vec{P}, \vec{M}, \vec{E}, \vec{R} \rangle, \quad (1)$$

где  $\vec{T}$  - вектор параметров состояния средств технического обеспечения оповещения и определения погодных условий;

$\vec{P}$  - вектор параметров, определяющих расположение источников опасности в метрическом пространстве;

$\vec{M}$  - вектор параметров, характеризующих масштабы и величины параметров аварийного процесса;

$\vec{E}$  - вектор текстовых семантических параметров, определяющих тип аварийного события;

$\vec{R} = [R_d, R_s]^T$  - вектор величин параметров, характеризующих действия диспетчера  $R_d$  в различных ситуациях и список оповещения  $R_s$ , формируемый динамически на основе данных прогноза.

Пусть рассматриваемая СФС состоит из  $i$  подсистем, тогда для любой  $i$ -й подсистемы процесс принятия решений ЛПР определяется кортежем  $D_i$ .

Предполагается, что известны:

– детерминированные модели физических процессов, которые могут возникать в  $i$ -й подсистеме при аварии:

$$f_{ij} : \vec{S}_{ij} \rightarrow \vec{\Phi}_{ij}, \quad (2)$$

где  $1 \dots J$  - набор элементарных событий;

$\vec{S}_{ij}$  - вектор переменных, определяющих начальное состояние  $i$ -й подсистемы;

$\vec{\Phi}_{ij}$  - вектор фазовых переменных элементарных физических процессов, которые могут возникнуть в  $i$ -й подсистеме при чрезвычайной ситуации (ЧС);

– состояние средств технического обеспечения оповещения и определения погодных условий, представленное вектором усредненных параметров  $\vec{T}_{ij}$  по времени усреднения  $\Delta t$ .

Для анализа и прогнозирования последствий техногенных аварий рассмотрена комплексная модель чрезвычайной ситуации, включающая в себя:

– имитационную модель (дискретно-событийную) развития аварии в форме «дерева процессов»

$$\mu_k : \{(S, \Phi, \vec{P}_k)_i, \vec{E}_k\} \rightarrow \vec{M}_{ki}, \quad (3)$$

где  $S_i = \{\vec{S}_{ij}\}$ ;  $\Phi_i = \{\vec{\Phi}_{ij}\}$ ;  $\vec{M}_k = \sum_i \vec{M}_{ki}$ ;

– детерминированные модели

$$f_{ij} : \vec{S}_{ij} \rightarrow \vec{\Phi}_{ij}, j = 1 \dots J \quad (4)$$

Таким образом, необходимо в заданное время провести: ввод начальной информации; выполнить математическое моделирование неблагоприятных физических процессов; провести анализ полученных данных и выделить объекты, для которых прогнозируемые последствия превышают приемлемый уровень  $\vec{M}_k > \vec{M}_{\text{прием}}$ , где  $\vec{M}_{\text{прием}}$  - вектор значений приемлемых последствий;

определить значения вектора параметров  $\vec{R}$ , характеризующих реакцию СФС на воздействия; выполнить операции информационного обеспечения средств автооповещения. Предполагается, что в процессе работы производства в аварийной ситуации с помощью программных средств ведется мониторинг состояния СФС в реальном времени.

На основе анализа данных мониторинга СФС и разработанных ранее планов ликвидации аварийных ситуаций на производстве определяются источники опасности, создается электронная объектная карта предприятия и прилегающей местности в масштабе, соответствующем максимальной угрозе.

## **2. Модель автоматизированной системы поддержки принятия решений диспетчера опасного производства при возникновении аварийных ситуаций**

Для того, чтобы ускорить выполнение необходимых в случае возникновения аварии операций и минимизировать возможность ошибок, связанных с психологическими и субъективными особенностями ЛПР, а также получить в короткий срок объективный прогноз развития опасных событий, разработаны информационная технология и реализующий ее автоматизированный программно-аппаратный комплекс (АПАК) поддержки принятия решений диспетчера в аварийных ситуациях.

Программно-аппаратный комплекс состоит из следующих составляющих:

- программный модуль, содержащий средства моделирования неблагоприятных физических процессов и позволяющий проводить предварительный анализ и прогнозирование размеров областей и значений параметров поражающих факторов для указанных видов угроз;
- программный модуль, позволяющий формировать, дополнять и редактировать базу данных, содержащую информацию об источниках опасности, видах угроз, обслуживающем персонале, службах и объектах ответственности;
- аппаратная группа (рис. 1), включающая в себя: комплекс датчиков, локальную сеть компьютеров, программное обеспечение для сбора, обработки и отображения информации, автоматическую цифровую метеостанцию, локальную систему оповещения и АТС, управляемые цифровыми коммутируемыми средствами.

На основании проведенного анализа средствами программного обеспечения формируется база данных (БД) (рис. 2). В таблицах БД указываются места расположения источников опасности. Далее осуществляется привязка аварийного участка к объектным картам, выполненным в реальном масштабе; задаются растровые и векторные карты для отображения; определяются виды угроз, реализация которых возможна при данном источнике опасности; вводятся данные, необходимые для выполнения математического моделирования и определения параметров для прогноза последствий аварии. В итоге формируются таблицы по обязательному оповещению и действиям диспетчера в сложившейся аварийной ситуации.

Далее АПАК запрашивает текущие данные о ландшафтных погодных условиях, сформированные в течение заданного времени усреднения автоматической метеостанцией. Используя встроенные модели, АПАК выполняет расчет, генерирует и отображает графические и табличные результаты прогноза (рис. 3), генерирует списки обязательного и дополнительного (по объектам ответственности, попадающим в зону действия поражающих факторов) оповещения и подсказку действий диспетчера в данной ситуации.

Если в течение заданного времени АПАК не получит команду «отбой» оповещения по сгенерированным спискам, он автоматически выполняет автодозвон по выделенным параллельным линиям АТС и каналам локальной системы оповещения.



Рис. 1. Структурная схема автоматизированного программно-аппаратного комплекса поддержки принятия решений диспетчерской службы при возникновении и развитии аварий

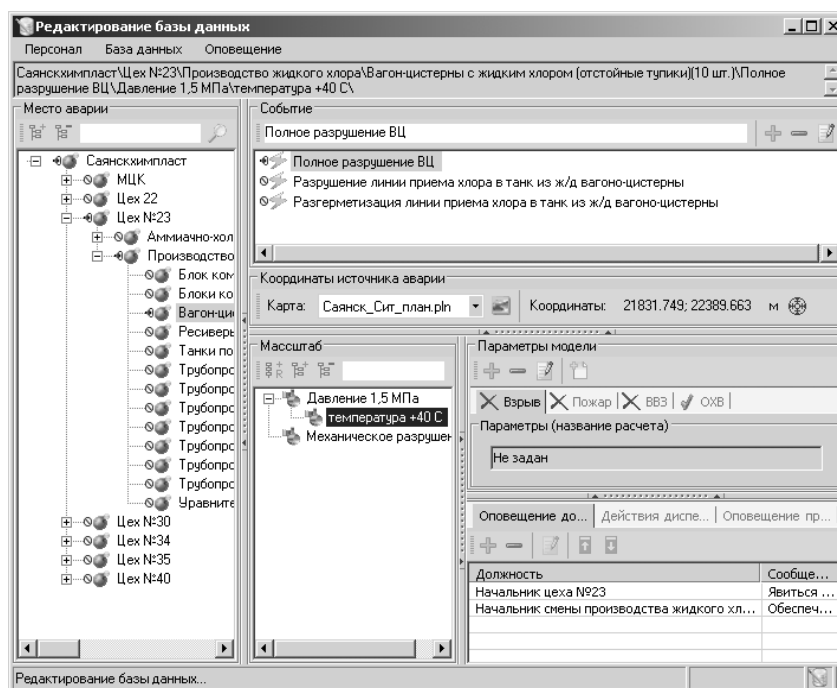


Рис. 2. База данных опасных объектов

Графические данные прогноза отображают зоны воздействия опасных факторов во времени и пространстве для различных видов угроз, а также пути эвакуации. Табличные данные содержат сведения о значениях параметров

аварии; объектах, находящихся в зоне опасности, расстояниях до источника опасности, времени начала воздействия на объекты, количестве людей на объектах и в зоне поражения и другие тактические данные.

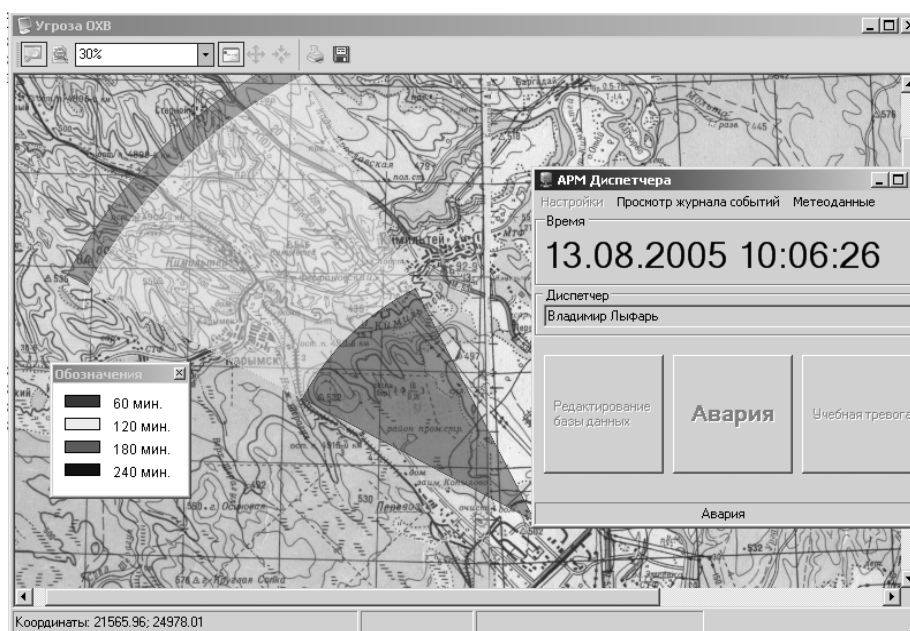


Рис. 3. Графическое отображение результатов прогноза

Время от момента активизации процедуры «Авария» до получения прогноза и начала автоматического оповещения не превышает одной минуты. В течение всего времени, начиная с момента активизации процедуры «Авария» до момента окончания всех действий диспетчера, АПАК ведет логический журнал, фиксируя все события в реальном времени. На основании этого журнала проводятся исследования правильности действий диспетчера и оповещения в процессе аварии.

Важной частью АПАК поддержки принятия решений диспетчерской службы при возникновении и развитии аварий является достоверность и информационная полнота прогноза. Прогноз основан на использовании данных о реальном состоянии окружающей среды в момент возникновения аварии и имеющихся в распоряжении математических моделей неблагоприятных физических процессов. Программный модуль, осуществляющий прогноз, позволяет получить сведения об опасных зонах, времени и степени угрозы для каждого объекта в прилегающем пространстве; количестве и местах нахождения людей, попадающих в зону поражения, заранее подготовленные данные о возможных путях эвакуации.

Прогноз проводят на основании непрерывно получаемых и обрабатываемых данных цифровой метеостанции. Данные обрабатывают таким образом, чтобы используемые усредненные значения параметров ветра давали максимально достоверный прогноз времени ликвидации последствий аварии и эвакуации людей из опасных зон. При прогнозе учитывают возможность отклонения ветра от среднего направления [5].

Генерацию таблиц оповещения проводят на основании сведений, внесенных в БД диспетчера, и логического вывода системы о степени «захвата» объектов ответственности зоной поражения. В случае бездействия диспетчера в

течение настраиваемого времени или подтверждения диспетчером предложения системы о начале оповещения осуществляют параллельное адресное оповещение с контролем выполнения. Диспетчер получает подсказку действий на мониторе собственного компьютера и наблюдает процесс автооповещения по мере выполнения заданий таблиц оповещения. Решая задачи, поставленные перед ним в процессе локализации масштабов и ликвидации аварии, диспетчер отмечает на своем компьютере выполненные задачи. Система фиксирует эти действия в реальном времени и ведет полный отчет о событиях.

Данные прогноза дублируются на компьютере штаба ГО и ЧС предприятия. В случае уточнения прогнозируемых последствий диспетчер может повторить прогноз с учетом вновь определенных обстоятельств и измененных величин параметров. В этом случае система вновь генерирует таблицы оповещения, обновляет графические и табличные данные прогноза.

Диспетчер в процессе работы может в интерактивном режиме редактировать данные в БД, активизировать процедуры «Учебная тревога» или «Авария». В момент приема дежурства диспетчер запускает АПАК под управлением своего профиля и вводит пароль. АПАК идентифицирует ответственного и ведет журнал изменений в процессе дежурства по системному времени.

Процедура «Учебная тревога» отличается от процедуры «Авария» тем, что диспетчер по своему усмотрению может отключить оповещение или провести его с обязательной генерацией сообщения о том, что тревога учебная и проводится проверка модулей и аппаратной группы АПАК.

В процессе работы АПАК реализуется как интерактивный режим работы пользователя, так и режим автоматической проверки целостности данных и работоспособности средств комплекса. В случае сбоя или возникновения ошибок АПАК формирует текстовый отчет о проверке, в котором указываются места локализации ошибок. АПАК содержит систему настроек и файлов обмена данными открытого формата, позволяющих адаптировать данную разработку к условиям различных диспетчерских пунктов, самостоятельно изменять настройки и данные в случае изменения технологии производства или системы оповещения, что обеспечивает гибкость принятия решений и расширяет возможности применения данной разработки.

## **Выводы**

Рассмотрены метод прогнозирования последствий и модель автоматизированной системы поддержки действий диспетчера при возникновении аварийных ситуаций. Разработан реализующий представленную технологию автоматизированный программно-аппаратный комплекс.

Внедрение автоматизированного программно-аппаратного комплекса даст возможность работникам диспетчерских пунктов и службам ГО и ЧС в интерактивном режиме осуществлять текущий контроль технического состояния опасных производств, а также автоматизировать процесс принятия решений в случае возникновения аварий в целях локализации их масштабов, минимизации потерь располагаемых ресурсов.

### Список литературы

1. Методики оценки последствий аварий на опасных производственных объектах: Сб. документов [Текст] / Колл. авт. – Сер. 27.- Вып. 2. – М.: НТЦ "Промышленная безопасность", 2001. – 208 с.
2. Комплекс автоматизированных систем раннего выявления чрезвычайных ситуаций и оповещения ОАО "Запорожжкокс" [Текст] /Е.А. Соловьев, Эйдельштейн Л.Я., Севастьянов А.Н., Кацило С.С., Чернышов Ю.А.// Матеріали 11-ї Всеукраїнської наук.-практ. конф. «Організація управління в надзвичайних ситуаціях». К.: ІДУЦЗУ УЦЗУ, 2009. – 425 с.
3. Кузьмин С.П. Автоматизированная система централизованного оповещения категоризованного города с численностью населения от 250 до 300 тысяч человек [Текст] / С.П. Кузьмин// Вестник Самарского отраслевого научно-исследовательского института радио, 2009. – С. 65-67.
4. Актуальные проблемы гражданской защиты. Материалы одиннадцатой Международной научно-практической конференции по проблемам защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций. 18-20 апреля 2009 г. / МЧС России. – Н. Новгород: Вектор-Тис, 2009. – 386 с.
5. Берлянд М. Е. Прогноз и регулирование загрязнения атмосферы, М.Е. Берлянд. – Л.: Гидрометеиздат, 1985. – 272 с.

**Рецензент:** д.т.н., профессор Кобрин В.Н., Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «Харьковский авиационный институт», г. Харьков

Поступила в редакцию 13.09.11

### **Метод прогнозування наслідків і модель автоматизованої системи підтримки прийняття рішень диспетчера небезпечного виробництва при виникненні аварійних ситуацій**

Описано метод прогнозування наслідків і модель автоматизованої системи підтримки дій диспетчера при виникненні аварійних ситуацій.

**Ключові слова:** прогноз наслідків аварії, диспетчер підприємства, прийняття рішень, інформаційна технологія.

### **Method of consequences prediction and model of the automated decision making support system of dangerous production controller in case of beginning of emergency situations**

The method of consequences prediction and model of the automated decision making support system of controller actions in case of beginning of emergency situations are described.

**Keywords:** consequences prediction of failure, controller of enterprise, decision making, information technology.