

## **ИНФОРМАЦИОННАЯ ПОДДЕРЖКА ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПО ОБЕСПЕЧЕНИЮ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ**

**А. М. Манаенков, Ю. В. Немтинова, В. А. Немтинов**

*ФГБОУ ВПО «Тамбовский государственный технический университет», г. Тамбов*

*Рецензент канд. техн. наук, профессор В. Г. Мокрозуб*

**Ключевые слова:** база данных; геоинформационная система; процедурное правило; система поддержки принятия решений; 3D-моделирование.

**Аннотация:** Рассмотрены функциональные возможности системы поддержки принятия решений по обеспечению экологической безопасности промышленного предприятия, а также информационно-логическая модель, основанная на производственных правилах для поиска решений. Представлена схема работы системы и рассмотрены ее основные компоненты.

### **Введение**

В настоящее время широкое распространение и развитие вычислительной техники привело к созданию машинных систем поддержки принятия решений (СППР). Создаются автоматизированные системы для управления предприятиями торговли, промышленности, сельского хозяйства, банковской сферы и т.п. Главной особенностью таких систем является полный охват всех функций предприятия.

Одной из основных функций промышленного предприятия является обеспечение экологической безопасности производства и сохранения окружающей среды. Чрезвычайные ситуации (ЧС) на промышленном предприятии, в том числе и с выбросом опасных веществ, происходят по различным причинам: изношенность оборудования, несоблюдение техники безопасности обслуживающим персоналом, природные катастрофы и прочее. В таких случаях важно, не только ликвидировать последствия ЧС, но

---

Манаенков Антон Михайлович – младший научный сотрудник кафедры «Компьютерно-интегрированные системы в машиностроении»; Немтинова Юлия Владимировна – кандидат экономических наук, доцент кафедры «Компьютерно-интегрированные системы в машиностроении»; Немтинов Владимир Алексеевич – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Компьютерно-интегрированные системы в машиностроении», e-mail: nemtinov@mail.gaps.tstu.ru, ТамбГТУ, г. Тамбов.

и сделать это оперативно с минимальными трудовыми и материальными затратами [1, 2]. Для решения поставленных задач важно учитывать не только поступающие данные от контрольно-измерительных приборов, но метеорологические условия и особенности рельефа местности, так как в случае ЧС нужно спрогнозировать зону распространения опасных веществ. Поэтому создание и развитие подобных систем является одной из первостепенных задач при комплексной автоматизации управления промышленным предприятием.

В связи с этим в работе рассматриваются вопросы создания системы поддержки принятия управленческих решений по обеспечению экологической безопасности промышленного предприятия.

### Система поддержки принятия решений

Примерная структурная схема СППР для экологически безопасного управления промышленным предприятием представлена на рис. 1.

Для предотвращения возникновения нештатных ситуаций важно контролировать максимальное число параметров технологических процессов производства. Это касается не только процессов получения целевой продукции, но и их транспортировки из одного цеха в другой по трубопроводам. В настоящее время существует огромное количество датчиков, позволяющих контролировать все возможные параметры вещества внутри трубопровода, реактора, цистерны для хранения. Температура, давление, напор и т.д. – параметры, при помощи которых возможно не только определить наличие разгерметизации и аварийной ситуации, но и предотвратить ЧС, если параметры не достигли критического уровня [3].

Информационно-логическая модель (ИЛМ) СППР для обеспечения нормального функционирования процессов производства и транспортировки веществ представляет собой множество данных и связей между

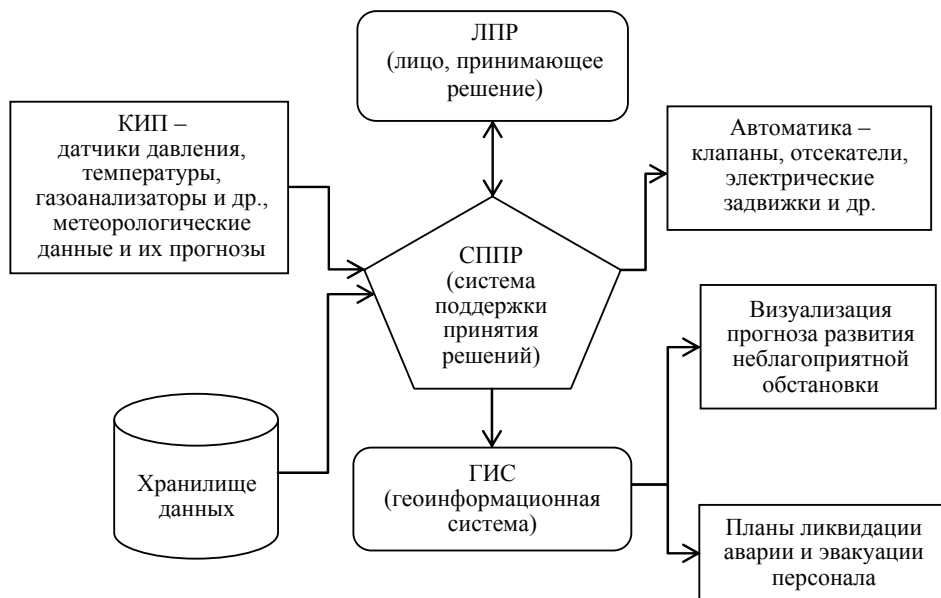


Рис. 1. Структурная схема СППР

ними в виде правил. Каждое продукционное правило, находящееся в хранилище данных, состоит из двух частей: антецедента и консеквента. Антецедент представляет собой условную часть (посылку правила) и состоит из элементарных предложений, соединенных логическими операторами И, ИЛИ. Консеквент включает одно или несколько предложений, которые выражают либо факт, либо указание на действие, подлежащее исполнению. В общем виде ИЛМ можно представить следующим кортежем

$$M = (d_1, \dots, d_i, \dots, d_N, p_1, \dots, p_j, \dots, p_s), \quad (1)$$

где  $M$  – оператор ИЛМ;  $d_1, \dots, d_N$  – множество данных ИЛМ;  $p_1, \dots, p_s$  – множество правил. В свою очередь, правила, входящие в модель, построены по типу: ЕСЛИ ... (условия выполняются), ТО ... (реализация следствия), в формализованном виде описываются следующим образом

$$p^k : \{ \text{if}((d_1^{k'} A_1 z_1^{k'}) \lambda_1 (d_2^{k'} A_2 z_2^{k'}) \lambda_2 \dots \lambda_{n-1} (d_n^{k'} A_n z_n^{k'})) \text{ then } (d_{1m}^{k'} A_{1m} z_{1m}^{k''}) \},$$

где IF – обозначение условия «ЕСЛИ»; THEN – обозначение следствия «ТО»;  $A_i, A_i \in \{=, >, \geq, <, \leq\}, i = \overline{1, n}$  – арифметический оператор;  $\lambda_i \in \{\wedge, \vee\}$  – логический оператор;  $d_s', d_{1m}''$  – соответственно входные и выходные данные модели;  $Z^{k'} = \{z_1^{k'}, \dots, z_n^{k'}\}$  – множество значений входных данных  $d_s^{k'}$ ;  $z_1^{k''} \in \{z_{11}^{k''}, \dots, z_{1M}^{k''}\}$  – значения для выходных данных  $d_{1k}''$ ;  $n$  – число условий;  $k$  – индекс правила.

Таким образом, предложенный метод выбора решений, основанный на продукционных правилах, прост в исполнении и в то же время эффективен в работе.

Рассмотрим работу модуля СППР на примере анализа состояния перегретого пара в трубопроводе. Например, в систему поступили следующие данные:

Участок трубопровода .....	3
Текущие:	
давление, МПа .....	0,5
температура, °С .....	150
расход .....	–
вязкость .....	–

После их обработки формируется запрос в базу знаний логических правил с параметром – «участок трубопровода»

```
mysql_query("SELECT * FROM $dbnametab WHERE
           pipesec='$pipesec'", $dbcnx),
```

где  $dbnametab$  – таблица логических правил;  $\$pipesec$  – заданный пользователем участок трубопровода;  $\$dbcnx$  – ссылка на идентификатор запроса.

Результатом выполнения запроса являются два интервала штатных параметров для данного участка трубопровода – интервал давления и интервал температуры, другие параметры для данного участка не учитываются. Приведем штатные интервалы:

Участок трубопровода .....	3
Интервалы:	
давления, МПа .....	1,6...2,2
температуры, °С .....	250...350
расхода .....	–
вязкости .....	–
Транспортируемое вещество .....	Перегретый пар

Далее модуль СППР, реализованный в среде MySQL [4 – 6], формирует запрос в базу данных, параметром которого служит текущий участок трубопровода. Результатом выполнения запроса служат логические правила, сформированные для данного участка. Например, одно из множества правил для введенного участка:

Участок трубопровода...	3
Давление.....	Больше нормального (>)
Температура.....	Нормальная (=)
Расход.....	–
Вязкость.....	–
Возможная причина.....	Запорная арматура <b>1а</b> не пропускает вещество
Действия.....	Отключить насос <b>5н</b> и диагностировать запорную арматуру <b>1а</b> .

В настоящее время база знаний содержит более 50-ти правил.

Далее СППР поочередно сравнивает значение текущего показателя с интервалом штатных значений. По окончании поиска подбирается логическое правило, удовлетворяющее полученным сравнениям. Формально это будет выглядеть так:

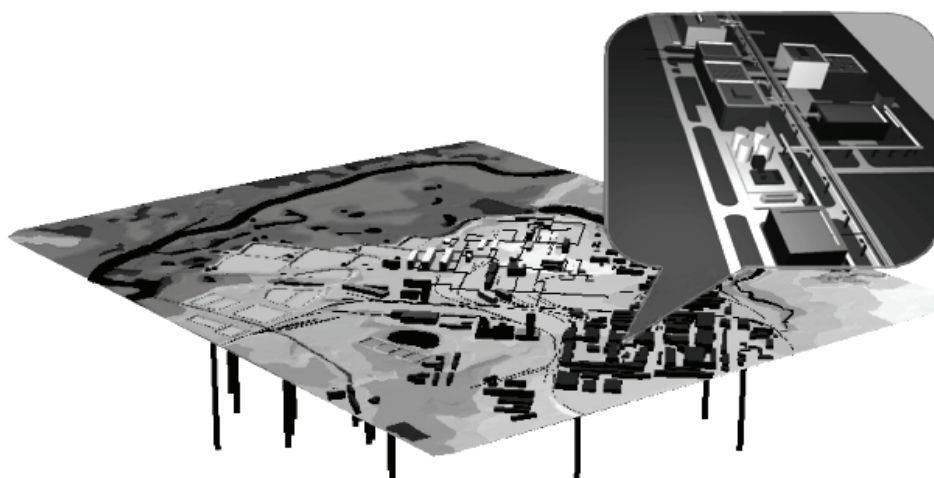
ЕСЛИ «текущее давление» = (0.5 МПа) < «штатное давление» = [1.6–2.2]МПа, ТО «давление» = «меньше допустимого») И («текущая температура» = 150°С < «штатная температура» = [250–350]°С, ТО «температура» = «меньше допустимой».

На основе этого формируется запрос в базе данных (БД) («участок трубы» = 3, «давление» = «меньше допустимого», «температура» = «меньше допустимой»), результаты которого отражены выше.

Для визуализации вариантов решений СППР целесообразно использовать ГИС [7, 8], построенную с помощью открытого формата 3d, взаимодействующего с базой данных. Пример визуализации модели территории с детализацией до отдельного производственного комплекса предприятия представлен на рис. 2. Апробация СППР произведена на основе тестовых данных с ОАО «Пигмент» [9].

### Заключение

Разработанная автоматизированная система может найти применение на любом предприятии, производственная деятельность которого связана с получением целевой (химической, пищевой, сельскохозяйственной) продукции. Система позволяет не только своевременно отреагировать



**Рис. 2. Трехмерная модель промышленного предприятия**

на ЧС путем взаимодействия с автоматикой (задвижками, клапанами, отсекающими и т.п.), но и предоставить ЛПР информацию о сценарии развития ЧС, определить перечень объектов, которые попали в зону загрязнения и указать действия рабочего персонала для снижения последствий ЧС.

#### *Список литературы*

1. О подходе комплексного использования информационных технологий для исследования химико-технологических объектов / В. А. Немтинов [и др.] // Вестн. компьютерных и информ. технологий. – 2013. – № 5. – С. 28 – 33.
2. Remote Access Information System for Analysis of Chemical Engineering Objects / V. A. Nemtinov [et al.] // Signal Processing Research. – 2013. – No. 2. – P. 12 – 16.
3. Информационное пространство при управлении химическим предприятием / В. А. Немтинов [и др.] // Хим. пром-сть сегодня. – 2010. – № 9. – С. 6 – 13.
4. Начиная работать с MySQL [Электронный ресурс]. – Режим доступа : [http://dev.mysql.com/tech-resources/articles/mysql\\_intro\\_rus.html](http://dev.mysql.com/tech-resources/articles/mysql_intro_rus.html) (дата обращения: 11.09.2013).
5. Представление структуры технических объектов с взаимозаменяемыми элементами в виртуальных моделях / В. Г. Мокрозуб [и др.] // Вест. Тамб. гос. техн. ун-та. – 2011. – Т. 17, № 2. – С. 467 – 471.
6. Мокрозуб, В. Г. Информационно-логические модели технических объектов и их представление в информационных системах / В. Г. Мокрозуб, В. А. Немтинов, С. Я. Егоров // Информ. технологии в проектировании и пр-ве. – 2010. – № 3. – С. 68 – 73.
7. Использование Интернета при информационной поддержке принятия решений по управлению промышленным предприятием / В. А. Немтинов [и др.] // Прикладная информатика. – 2010. – № 4. – С. 8 – 12.
8. Технология создания пространственных моделей территориально распределенных объектов с использованием геоинформационных систем / В. А. Немтинов [и др.] // Информ. технологии. – 2008. – № 8. – С. 23 – 25.
9. Программа «УПРЗА Эколог» [Электронный ресурс]. Режим поиска : [http://logosoft.ru/programmy/atmosfera/uprza\\_ekolog.html](http://logosoft.ru/programmy/atmosfera/uprza_ekolog.html) (дата обращения: 15.03.2014).

## References

1. Nemtinov V.A., Nemtinova Yu.V., Pchelintseva A.A., Manaenkov A.M. *Herald of computer and information technologies*, 2013, no.5, pp. 28-33.
2. Nemtinov V.A., Nemtinova Yu.V., Pchelintseva A.A., Manaenkov A.M. *Signal Processing Research*, 2013, no. 2, pp. 12-16.
3. Nemtinov V.A., Morozov V.V., Nemtinov K.V., Manaenkov A.M. *Khimicheskaya promyshlennost' segodnya*, 2010, no. 9, pp. 6-13.
4. [http://dev.mysql.com/tech-resources/articles/mysql\\_intro\\_rus.html](http://dev.mysql.com/tech-resources/articles/mysql_intro_rus.html) (accessed 11 September 2013).
5. Mokrozub V.G., Serdyuk A.I., Kamenev S.V., Shamaev S.Yu. *Transactions of Tambov State Technical University*, 2011, vol. 17, no. 2, pp. 467-471.
6. Mokrozub V.G., Nemtinov V.A., Egorov S.Ya. *Informacionnye tehnologii v proektirovanii i proizvodstve*, 2010, no. 3, pp. 68-73.
7. Nemtinov V.A., Morozov V.V., Egorov S.Ya., Manaenkov A.M. *Prikladnaya informatika*, 2010, no. 4, pp. 8-12.
8. Nemtinov V.A., Nemtinov K.V., Morozov V.V., Manaenkov A.M. *Informacionnye Tehnologii*, 2008, no. 8, pp. 23-25.
9. [http://logosoft.ru/programmy/atmosfera/uprza\\_ekolog.html](http://logosoft.ru/programmy/atmosfera/uprza_ekolog.html) (accessed 15 March 2014).

---

### Decision-Making Information Support of Ecological Safety of an Industrial Enterprise

A. M. Manaenkov, Yu. V. Nemtinova, V. A. Nemtinov

*Tambov State Technical University, Tambov*

**Keywords:** database; decision support system; GIS; procedural rules; 3D-modeling.

**Abstract:** In this article, we discuss functional capabilities of a decision support system aimed on maintaining ecological safety of industrial enterprises, and also describe an information and logical model, which is based on production rules. We provide an exemplary block diagram of an environmentally safe management system of an industrial enterprise, which involves sensors for monitoring possible parameters of a substance inside the pipelines, reactors, storage tanks (temperature, pressure, and etc.) that allow not only to determine depressurization and emergency, but also to prevent them, if the parameters have not reached their critical level.

Information and logical model of a system, which ensures normal production and transportation of substances, is presented as a set of data and relationships in the form of production rules. Implementation of an information and logical model is made on the example of superheated steam in the pipeline.

Visualization of managerial options is done with the use of a geographic information system. We provide a visualization example of a terrain model with a detail level up to a single industrial complex of enterprises.

Approbation of the system was done on the basis of test data from one of the industrial enterprises of Tambov.

---

© А. М. Манаенков, Ю. В. Немтинова, В. А. Немтинов, 2015