

МОДЕЛЬ ИНФОРМАЦИОННОГО ОБЪЕКТА ТРУБОПРОВОДНОЙ СИСТЕМЫ

П.И. Пахомов, В.А. Немтинов

ГОУ ВПО «Тамбовский государственный технический университет», г. Тамбов

Ключевые слова и фразы: аналитические и информационно-логические модели; информационный объект; трубопроводная система.

Аннотация: Рассмотрены вопросы разработки модели информационного объекта трубопроводной системы.

В настоящее время принятие эффективных решений по управлению сложными техническими объектами невозможно без использования прикладных автоматизированных информационных систем (АИС) поддержки принятия решений. При этом одним из основных элементов АИС являются модели объектов, входящих в состав технических систем. В связи с этим, рассмотрим вопросы разработки модели информационного объекта на примере трубопроводной системы.

Введем понятие информационного объекта трубопроводной системы.

Определение. Информационным объектом трубопроводной системы (реального объекта, процесса или события) называется совокупность знаний о ней, представленной в виде графовой структуры фреймов и включающей сведения о составе, свойствах системы и ее элементах, а также способах задания значений этих свойств.

Схема представления данных об информационном объекте O , описывающем трубопроводную систему, приведена на рис. 1.

$$O = \{St_o, S_o, Sp_o, M_o\},$$

где St_o – фрейм, описывающий структурный состав сложного информационного объекта [1]; S_o – фрейм, описывающий свойства, характерные для всего объекта; Sp_o – множество способов задания свойств объекта; M_o – множество моделей, позволяющих определить значения свойств, характерных для всего объекта. При этом следует отметить, что:

$$s_{oi} = \{s_{oi}^i, z_{oi}^i\}, i = \overline{1, N},$$

где s_{oi}^i – соответственно наименование слота свойства z_{oi}^i и его значение, N – количество свойств.

Элементами множества s_{oi}^i являются термы:

$$Sp_o = \{\text{«задается ЛПП»}, \text{«выбирается из списка ЛПП»}, \text{«рассчитывается по модели»}\}$$

Для каждого i -го свойства, значение которого определяется в результате использования аналитической или информационно-логической модели, предлагается модель M_{oi} :

$$M_o = \{M_{o1}, \dots, M_{oi}, \dots, M_{oN}\}.$$

В свою очередь, каждый k -ый элемент сложного информационного объекта O может быть описать аналогичным способом:

$$O_k = \{St_k, S_k, Sp_k, M_k\}, k = \overline{1, K},$$

где St_k – фрейм, описывающий структурный состав k -го элемента информационного объекта;

S_k – фрейм, описывающий свойства, характерные для k -го элемента объекта; Sp_k – множество способов задания свойств k -го элемента объекта; M_k – множество моделей, позволяющих определить значения свойств, характерных для k -го элемента объекта.

$$s_{ki} = \{s_{ki}^i, z_{ki}^i\}, i = \overline{1, N_k},$$

где s_{ki}^1, z_{ki}^1 – соответственно наименование слота свойства s_{ki}^1 k -го элемента объекта и его значение, N_k – количество свойств k -го элемента объекта.

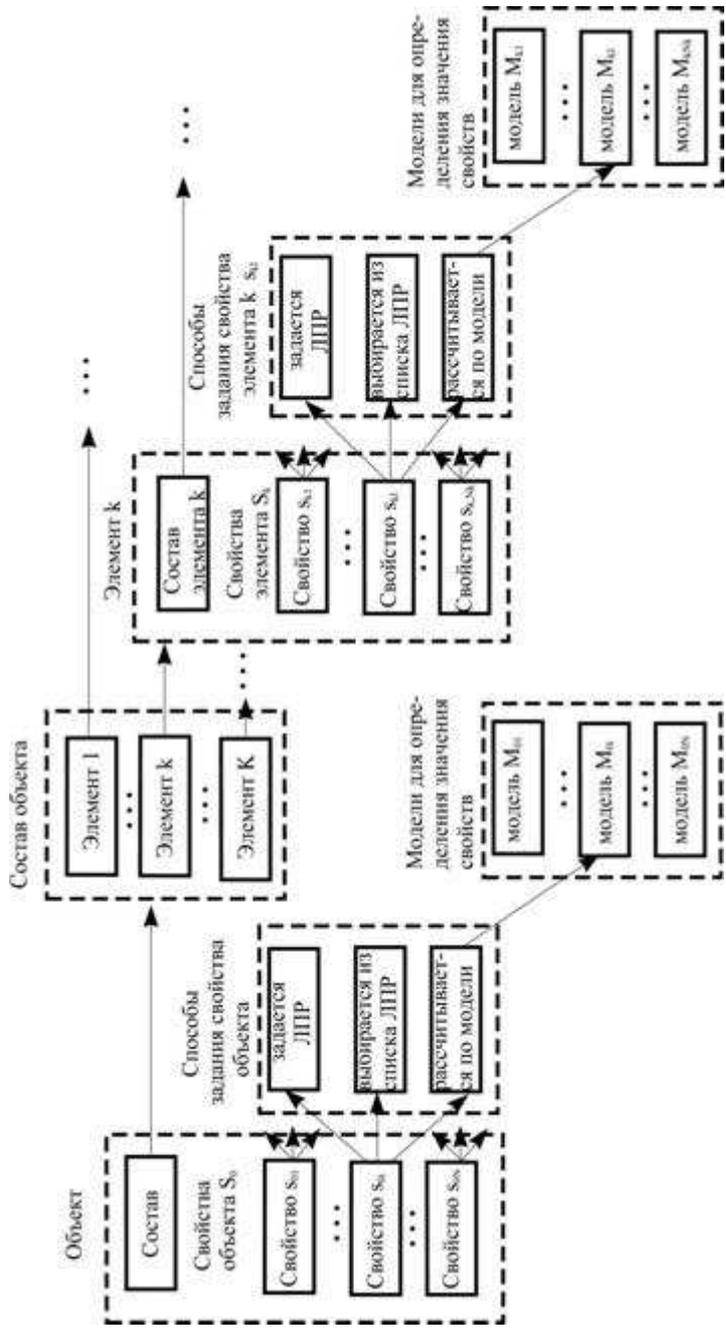


Рис. 1 Схема представления знаний об информационном объекте, описывающем трубопроводную систему

Элементами множества SP_k являются такие термы:

$$SP_k = \{ \text{«задается ЛПР»}, \text{«выбирается из списка ЛПР»}, \text{«рассчитывается по модели»} \}.$$

Для l -го свойства k -го элемента объекта, значение которого определяется в результате использования аналитической или информационно-логической модели, предлагается модель M_{kl} :

$$M_k = \{ M_{k1}, \dots, M_{kl}, \dots, M_{kN_k} \}.$$

Следует отметить, что множества фреймов $O, O_k | k = \overline{1, K}$ и т.д. (см. рис. 1) имеют аналогичную структуру. В связи этим, можно говорить о шаблоне для описания информационного объекта или его элемента.

Реализацию модели рассмотрим на примере фрагмента водопроводной сети:

$$O = (St_o, S_o, Sp_o, M_o)$$

Элементами множеств St_o, S_o являются:

$St_o = \{ \text{«трубопровод»}, \text{«центробежный насос»}, \text{«задвижка»}, \text{«диафрагма»}, \text{«постепенное сужение трубопровода»}, \dots, \text{«внезапное расширение»} \}$.

$S_o = \{ \text{«жидкость»}, \text{«плотность жидкости»}, \text{«вязкость жидкости»}, \text{«модуль упругости жидкости»}, \text{«содержание примесей»}, \dots, \text{«суточный расход»} \}$.

В качестве примера множеств S_k , описывающих свойства, характерные для k -го элемента объекта можно отметить:

$S_k = \{ \text{«материал трубы»}, \text{«диаметр»}, \text{«длина»}, \text{«сопротивление участка сети»}, \text{«скорость движения»}, \text{«шероховатость»}, \dots, \text{«давление при гидравлическом ударе»} \}$.

Для l -го свойства k -го элемента объекта, значение которого определяется в результате использования модели, предлагается модель M_k , принадлежащая множеству M_k .

Примерами таких моделей, рассмотренных ниже, являются:

$M_k = \{ \text{«модель определения значения свойства»}, \text{«сопротивление участка сети»}, \text{«модель определения значения свойства»}, \text{«местные потери напора»}, \dots, \text{«модель определения значения свойства»}, \text{«давление при гидравлическом ударе»} \}$.

Аналитические модели для определения значений свойств элементов информационного объекта. В качестве примера рассмотрим модель для определения значения свойства объекта «давление при гидравлическом ударе».

Модель определения значения свойства «давление при гидравлическом ударе». Гидравлический удар – резкое увеличение давления в трубопроводе при внезапной остановке движущейся в нем жидкости. Гидравлический удар наблюдается при быстром закрывании запорных устройств, установленных на трубопроводах (задвижка, кран), внезапной установке насосов, перекачивающих жидкость, и т.д.

Величину повышения давления при гидравлическом ударе определяют по формуле н.е. жуковского [1]:

$$\Delta P = \rho a v$$

Где ρ – плотность жидкости, кг/м³; a – скорость распространения ударной волны, м/с; v – скорость движения жидкости в трубе до закрывания задвижки, м/с.

Скорость распространения ударной волны находят по формуле н.е. жуковского [2]:

$$a = \sqrt{\frac{E_g}{\rho}} \sqrt{\frac{1}{1 + \frac{E_g d}{E_r \delta}}}$$

Где E_g – модуль упругости жидкости; d – диаметр трубы; E_r – модуль упругости материала стенки трубы; δ – толщина стенки трубы.

Информационно-логические модели для определения значений свойств элементов информационного объекта.

Как было отмечено выше, для определения значений отдельных свойств информационного объекта трубопроводной системы необходимо использование информационно-логических моделей (ИЛМ) поддержки принятия решений. В общем виде ИЛМ поддержки принятия решений для обеспечения режимов нормального функционирования водопроводных систем представляет собой объединение множеств данных и связей между ними в виде правил. Отдельное продукционное правило, содержащееся в базе знаний, состоит из двух частей: антецедента и консеквента.

Таким образом, ИЛМ может быть представлена следующим кортежем

$$M = (d_1, \dots, d_i, \dots, d_N, p_1, \dots, p_j, \dots, p_S)$$

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:

$$P^k: \left\{ \text{if} \left(\left(d_1^k A_1 z_1^k \right) A_1 \left(d_2^k A_2 z_2^k \right) A_2 \dots A_{n-1} \left(d_n^k A_n z_n^k \right) \right) \right. \\ \left. \text{then} \left(d_{1M}^k A_1 z_{1M}^k \right) \right\}$$

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 , $z_1^k \in \{z_{11}^k, \dots, z_{1M}^k\}$ – значение для выходных данных d_{1k} , n – количество условий, k – индекс правила.

Конкретный вид ИМЛ рассмотрим на примере определения значений свойств «диагноз текущего состояния» для элемента «насосный агрегат».

Рассмотрим правила, на основе которых должны приниматься решения по устранению неполадок в работе насосных агрегатов. Они собраны специалистами по прикладным знаниям (экспертами) [3] и авторами в процессе контактов со специалистами по обслуживанию оборудованию. Для этого будем использовать множества данных о состоянии насосов $S_{\text{насоса}}$, возможных причинах неисправностей $PR_{\text{насоса}}$ и способах их устранения $D_{\text{насоса}}$:

$$S_{\text{насоса}} = (s_{\text{насоса},1}, \dots, s_{\text{насоса},i}, \dots, s_{\text{насоса},I_N}) \quad , \quad i = \overline{1, I_N} ; \\ PR_{\text{насоса}} = (pr_{\text{насоса},1}, \dots, pr_{\text{насоса},j}, \dots, pr_{\text{насоса},J_N}) \quad , \quad j = \overline{1, J_N} ; \\ D_{\text{насоса}} = (d_{\text{насоса},1}, \dots, d_{\text{насоса},k}, \dots, d_{\text{насоса},K_N}) \quad , \quad i = \overline{1, K_N} ;$$

Примеры этих данных приведены в табл. 1, а примеры правил определения значений свойств «диагноз текущего состояния» для элемента «насосный агрегат» – в табл. 2.

Апробация предложенного подхода разработки модели информационного объекта трубопроводной системы, осуществлена на примере фрагмента водопроводной сети г. Тамбова и задачи оперативного реагирования на аварийные ситуации, возникающие на водозаборном узле №7.

Таблица 1

Возможные состояния, причины неисправностей насосного агрегата

№	Наименование состояния	№	Наименование причины
1	$s_{\text{насоса},1}$ = «насос не работает»	1	$pr_{\text{насоса},1}$ = «новые статор и ротор слипаются»
2	$s_{\text{насоса},2}$ = «насос не всасывает»	2	$pr_{\text{насоса},2}$ = «поврежден электрический контакт»
3	$s_{\text{насоса},3}$ = «недостаточное нагнетание»	3	$pr_{\text{насоса},3}$ = «чрезмерное давление нагнетания»
4	$s_{\text{насоса},4}$ = «неравномерная подача»	4	$pr_{\text{насоса},4}$ = «неизвестное вещество в насосе»
5	$s_{\text{насоса},5}$ = «шум при работе насоса»	5	$pr_{\text{насоса},5}$ = «высокая температура, деформация статора»
...

**Примеры правил по определению значения свойства «диагноз
текущего состояния»**

№	Условие	Следствие
1	$S_{насоса,1} \& S_{насоса,7}$	$pr_{насоса,1}$
2	$S_{насоса,1} \& S_{насоса,7}$	$pr_{насоса,2}$
3	$S_{насоса,3} \& S_{насоса,4} \& S_{насоса,7} \& S_{насоса,8} \& S_{насоса,9}$	$pr_{насоса,3}$
4	$S_{насоса,1} \& S_{насоса,3} \& S_{насоса,6} \& S_{насоса,7}$	$pr_{насоса,4}$
5	$S_{насоса,1} \& S_{насоса,2} \& S_{насоса,7} \& S_{насоса,8} \& S_{насоса,9}$	$pr_{насоса,5}$
...

Предложенная авторами модель информационного объекта трубопроводной системы, представленная в виде графовой структуры фреймов и включающая сведения о составе, свойствах системы и ее элементах, а также способах задания значений этих свойств, позволяет специалисту систематизировать всю информацию о реальном объекте, упорядочить ее хранение на электронных носителях и обеспечить эффективную обработку.

Список литературы

1. Абрамов, Н.Н. Расчет водопроводных сетей. / Н.Н. Абрамов, М.М. Поспелова, М.А. Сомов. М. : Стройиздат, 1983. - 278 с.
2. Минский, М. Фреймы для представления знаний - [Электронный ресурс] – Режим доступа : <http://a-future.ru/frejjmy-dlya-predstavleniya-znaniij-m-minskijj.html>
3. Насосы Аирпамп. Промышленные насосы - [Электронный ресурс] – Режим доступа : http://airpump.ru/item_novarotors_manual_08.html

Model of Information Object of Pipeline System

P.I. Pakhomov, V.A. Nemtinov

Tambov State Technical University, Tambov

Key words and phrases: information object; analytical and information and logical models; pipeline system.

Abstract: The paper studies the questions of working out the model of information object of pipeline system.