

# СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ. АВТОМАТИЗИРОВАННОЕ УПРАВЛЕНИЕ

---

УДК [502:061],003.13:66.013

## ИНФОРМАЦИОННО-ЛОГИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПРИ УПРАВЛЕНИИ ВТОРИЧНЫМИ ВОДНЫМИ РЕСУРСАМИ ПРОМЫШЛЕННОГО УЗЛА

**А.Н. Васильев, В.А. Немтинов**

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

*Рецензент д-р техн. наук, профессор Ю.В. Литовка*

**Ключевые слова и фразы:** оператор; промышленный узел; вторичные водные ресурсы; модель; станция биохимической очистки; тренажер.

**Аннотация:** Рассмотрены структура материальных и информационных потоков системы управления вторичными водными ресурсами, информационно-логическая модель поддержки принятия решений при управлении вторичными водными ресурсами промышленного узла.

**Условные обозначения и аббревиатуры:**  $Q_1, Q_2$  – расход сточной воды предприятием № 1, № 2 соответственно,  $\text{м}^3 \cdot 10^{-3}/\text{сут.}$ ;  $Q_{1н}, Q_{2н}$  – предельно-допустимый сброс (норма сброса) сточной воды предприятием № 1, № 2 соответственно,  $\text{м}^3 \cdot 10^{-3}/\text{сут.}$ ;  $Q_{\Sigma}$  – суммарный расход двух предприятий (предприятие № 1 и № 2),  $\text{м}^3 \cdot 10^{-3}/\text{сут.}$ ;  $S_{h1}, S_{h2}$  – стоимость штрафа за превышение квоты на сброс сточных вод предприятием № 1, № 2 соответственно,  $\text{руб.}/\text{м}^3 \cdot 10^{-3}$ ;  $S_{k1}, S_{k2}$  – штраф за превышение квоты за сброс сточных вод предприятием № 1, № 2 соответственно, руб.; АЦП – аналого-цифровой преобразователь; БХО – биохимическая очистка; ИЛМ – информационно-логическая модель; ИМ – исполнительные механизмы; КИП –

---

Васильев Алексей Николаевич – аспирант кафедры «Автоматизированное проектирование технологического оборудования», e-mail: alex.vasiliev@inbox.ru; Немтинов Владимир Алексеевич – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Автоматизированное проектирование технологического оборудования», ТамбГТУ, г. Тамбов.

контрольно-измерительные приборы; КНС – канализационная насосная станция; ПО – программное обеспечение; ЦАП – цифро-аналоговый преобразователь.

Система управления вторичными водными ресурсами в промышленно-развитых центрах представляет собой комплекс, включающий в себя систему транспортировки промышленных сточных вод и промышленные предприятия, сбрасывающие сточные воды на станцию БХО.

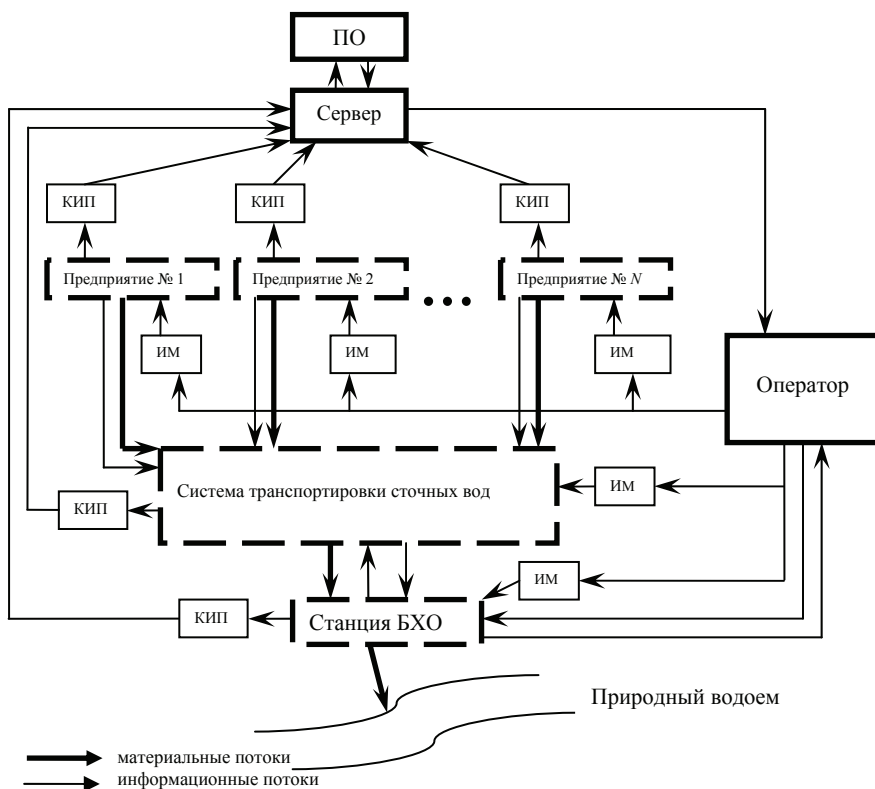
Для быстрого и оперативного управления системой необходимо наличие лица, принимающего решения. В данной ситуации таким лицом выступает оператор станции БХО, который в зависимости от сложившейся ситуации и полученных информационных данных о состоянии системы принимает решение по взаимодействию предприятий со станцией БХО.

К основным средствам сбора информации, необходимых для оперативного расчета оптимальных режимов распределения потоков сточных вод, относятся датчики положения основного технологического оборудования, приборы контроля расхода сточных вод и концентраций вредных веществ на предприятиях и станции БХО. На КНС, входящих в систему транспортировки, необходимы приборы для контроля расхода электроэнергии насосными агрегатами. Требуются как текущие, так и интегральные за какой-либо период времени значения расходов. Для преобразования сигналов также должны быть установлены блоки ЦАП – АЦП. На канализационных безнапорных каналах при необходимости должны применяться средства измерения расхода, а в некоторых случаях – и сигнализаторы уровня сточных вод.

Источниками информации на объектах системы транспортировки сточных вод (КНС, каналах) являются датчики положения коммутируемой аппаратуры, сигнализаторы технологических параметров, измерительные преобразователи. Оператор, получая информацию с сервера системы и расчетные данные, должен принять оптимальное решение в сложившейся ситуации и осуществить оперативное диспетчерское управление между компонентами системы.

Устройства передачи технологической информации (связи с объектом) строятся на базе средств телемеханики. Средства телемеханики включают аппаратуру, располагаемую на диспетчерском пункте и контролируемом объекте, устройства связи диспетчерского и контролируемых пунктов. В нашем случае такие средства располагаются у оператора, на предприятиях и на элементах системы транспортировки.

Рассмотрим структуру информационных и материальных потоков системы (рисунок). Из структуры видно, что ключевая роль по управлению системой управления вторичными водными ресурсами принадлежит оператору, который располагается на станции БХО. Получая информацию через сервер о состоянии системы, и находясь на главном «пограничном» элементе системы – станции БХО, оператор принимает решение по наиболее рациональному оптимальному регулированию взаимоотношений между элементами системы [2].



**Структура информационных и материальных потоков**

Теперь рассмотрим ИЛМ, разработанную автором, с помощью которой оператор принимает то или иное решение в зависимости от состояния элементов системы.

В общем виде ИЛМ поддержки принятия решений при управлении вторичными водными ресурсами представляет собой объединение множеств данных и связей между ними в виде правил. Отдельное производственное правило состоит из двух частей: антецедента и консеквента. Антецедент представляет собой посылку правила (условную часть) и состоит из элементарных предложений, соединенных логическими связками И/ИЛИ. Консеквент (заключение) включает одно или несколько предложений, которые выражают либо некоторый факт, либо указание на определенное действие, подлежащее исполнению.

Рассмотрим управление вторичными водными ресурсами на примере отработки действий оператора станции БХО при управлении системой «промышленные предприятия – станция БХО».

Таким образом, ИЛМ может быть представлена следующим кортежем

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

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

$$p^k : \left\{ \text{IF} \left( (d_1^{k'} A_1 z_1^{k'}) \wedge (d_2^{k'} A_2 z_2^{k'}) \wedge \dots \wedge (d_n^{k'} A_n z_n^{k'}) \right) \text{ THEN} \left( d_{1m}^{k''} A_{1m}' z_{1m}^{k''} \right) \right\}, \quad (2)$$

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,  $d_n^{k'}, d_{1m}^{k''}$  – соответственно входные и выходные данные модели;  $Z^{k'} = \{z_1^{k'}, \dots, z_n^{k'}\}$  – множество значений данных антецедента  $d_A^{k'}$ ;  $Z_1^{k''} = \{z_{11}^{k''}, \dots, z_{1m}^{k''}\}$  – множество значений для данных консеквента  $d_K^{k''}$ ;  $n$  – количество условий;  $k$  – индекс правила.

Рассмотрим правила, на основе которых должны приниматься решения при управлении системой «промышленные предприятия – станция БХО» оператором станции БХО при работе с виртуальным тренажерным комплексом.

Для этого будем использовать множество данных о текущих состояниях системы «промышленные предприятия – станция БХО»  $T_p$ , режимах функционирования предприятий, производящих сброс сточных вод на региональную станцию БХО и самой станции БХО  $R_p$ , действиях оператора  $D_p$ :

$$T_p = \{t_{p,1}, \dots, t_{p,i}, \dots, t_{p,I_n}\}, \quad i = \overline{1, I_n}; \quad (3)$$

$$R_p = \{r_{p,1}, \dots, r_{p,i}, \dots, r_{p,J_n}\}, \quad i = \overline{1, J_n}; \quad (4)$$

$$D_p = \{d_{p,1}, \dots, d_{p,i}, \dots, d_{p,K_n}\}, \quad i = \overline{1, K_n}. \quad (5)$$

Данные о состоянии системы рассмотрены на примере двух промышленных предприятий, сбрасывающих сточные воды на станцию БХО.

Рассмотрим возможные текущие состояния системы «промышленные предприятия – станция БХО» на одном из примеров, например,  $t_{p,8} = Q_{1н} - Q_1 < Q_1 - Q_{1н}$ . Это состояние можно сформулировать как разница между предельно допустимым сбросом сточной воды предприятием № 1 и расходом сточной воды этим предприятием в некоторый промежуток времени меньше разницы между расходом сточной воды предприятием № 1 и предельно-допустимым сбросом сточной воды предприятием № 1 в другой промежуток времени. Из других возможных состояний можно выделить:

- $t_{p,1} = Q_1 < Q_{1н}$ ;
- $t_{p,2} = Q_1 > Q_{1н}$ ;
- $t_{p,3} = Q_2 > Q_{2н}$ ;

- $t_{p,4} = Q_2 < Q_{2н}$ ;
- $t_{p,5} = Q_{2н} - Q_2 > Q_1 - Q_{1н}$  и др.

Возможные режимы функционирования предприятий, производящих сброс сточных вод на региональную станцию БХО, и самой станции БХО можно представить в следующем виде:

- $r_{p,1}$  = «сброс воды идет нормально»;
- $r_{p,2}$  = «предприятие № 1 платит штраф  $S_{k1}$  за превышение нормы сброса (квоты)  $Q_{1н}$ »;
- $r_{p,3}$  = «предприятие № 2 платит штраф  $S_{k2}$  за превышение нормы сброса (квоты)  $Q_{2н}$ »;
- $r_{p,4}$  = «предприятие № 1 приобретает (покупает) часть квот  $(Q_1 - Q_{1н})$  у предприятия № 2»;
- $r_{p,5}$  = «предприятие № 2 приобретает (покупает) часть квот  $(Q_2 - Q_{2н})$  у предприятия № 1» и др.

Рассмотрим возможные действия оператора:

- $d_{p,1}$  = «не надо производить ни каких действий»;
- $d_{p,2}$  = «уменьшить расход предприятия № 1 или включить “буферную” емкость на набор, или перейти в режим купли/продажи квот»;
- $d_{p,3}$  = «уменьшить расход предприятия № 2 или перейти в режим купли/продажи квот»;
- $d_{p,4}$  = «не надо производить ни каких действий»;
- $d_{p,5}$  = «не надо производить ни каких действий» и др.

Определим примеры правил определения текущего состояния системы «промышленные предприятия – станция БХО». Например, если выполняются состояния  $t_{p,9} \& t_{p,2} \& t_{p,3} \& t_{p,11}$ , следовательно, предприятие будет функционировать по режиму  $r_{p,8}$ . Аналогично рассмотрим некоторые ситуации:

- $t_{p,1} \& t_{p,4} \& t_{p,11} \Rightarrow r_{p,1}$ ;
- $t_{p,2} \& t_{p,4} \& t_{p,11} \Rightarrow r_{p,2}$ ;
- $t_{p,1} \& t_{p,3} \& t_{p,11} \Rightarrow r_{p,3}$ ;
- $t_{p,2} \& t_{p,4} \& t_{p,5} \& t_{p,12} \Rightarrow r_{p,4}$ ;
- $t_{p,1} \& t_{p,3} \& t_{p,7} \& t_{p,12} \Rightarrow r_{p,5}$ .

Примеры правил по отработке действий оператора станции БХО рассмотреть можно, как «следствие» и соответственно «пути выхода из сло-

жившейся ситуации». Примеры «следствий»:  $r_{p,1}$ ;  $r_{p,2}$ ;  $r_{p,3}$ ;  $r_{p,4}$ ;  $r_{p,5}$ . Соответственно «пути выхода из сложившейся ситуации»:  $d_{p,1}$ ;  $d_{p,2}$ ;  $d_{p,3}$ ;  $d_{p,4}$ ;  $d_{p,5}$ .

Авторами был разработан виртуальный тренажерный комплекс, в котором была реализована эта ИЛМ для отработки оператором различных вариантов действий по управлению рядом предприятий и станции БХО.

#### *Список литературы*

1. Васильев, А.Н. Система управления вторичными водными ресурсами промышленного узла / А.Н. Васильев, В.А. Немтинов // Сб. конкурсов работ Всерос. смотра-конкурса науч.-техн. творчества студентов высш. учеб. заведений «Эврика 2007» / Юж.-Рос. гос. техн. ун-т (Новочеркасск. политехн. ин-т). – Новочеркасск, 2007. – С. 375–376.

2. Васильев, А.Н. Автоматизированная система управления вторичными водными ресурсами промышленного узла и регулирования взаимоотношений между природопользователями в масштабе промышленного узла / А.Н. Васильев // Материалы XII Междунар. науч.-практ. конф.-выставки «Актуальные проблемы информатики и информационных технологий» / Тамб. гос. ун-т им. Г.Р. Державина. – Тамбов, 2008. – С. 149–153.

3. Малыгин, Е.Н. Информационный анализ и автоматизированное проектирование станции биохимической очистки : учеб. пособие / Е.Н. Малыгин, Н.С. Попов, В.А. Немтинов. – Тамбов : Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2004. – 116 с.

4. Васильев, А.Н. О подходе к построению системы управления вторичными водными ресурсами промышленного узла / А.Н. Васильев, В.А. Немтинов // *Вопр. соврем. науки и практики*. Ун-т им. В.И. Вернадского. – 2010. – № 10-12(31). – С. 101–106.

---

### **Information and Logic Model of Decision-Making Support in Management of Secondary Water Resources of Industrial Plant**

**A.N. Vasilyev, V.A. Nemtinov**

*Tambov State Technical University, Tambov*

**Key words and phrases:** industrial center; model; operator; secondary water; simulator; station of biochemical treatment.

**Abstract:** The paper studies the structure of material and information flow of the management system of secondary water, information and logical model of decision-making support in the management of secondary water for industrial site.

---

© А.Н. Васильев, В.А. Немтинов, 2011