

## ВОССТАНОВЛЕНИЕ ИНФОРМАЦИИ ПРИ УПРАВЛЕНИИ УГЛЕСОСНОЙ СТАНЦИЕЙ.

Ю. Д. Широков, О. В. Балясов

Донецкий государственный технический университет, кафедра АТ.

### Abstract

*Shirokov L, Baljasov O. Renewing of information needed for pump station control process. Then article confains the discus questions of renewing of value from bro-ken basic sensors in control scheme of hydromine' station, present mathematical model of renewing -with help of information from fixed sensor.*

### Введение

Оптимизация режима работы технологических установок гидросистемы гидрошахты приводит к увеличению потоков информации в схеме управления (СУ). Так, по углесосной станции (УС) для управления необходимо вводить 20 сигналов, из них 7 от аналоговых датчиков. Известно, что наработка на отказ датчиков, работающих на гидросмеси, небольшая (состоит из 150-200 часов). Отказы датчиков переводят управление станцией из оптимального режима (ОПТ) в режимы управления от локальной автоматики (ЛА) и останов (ОСТ), характеризующимися повышенными технологическими (уголь) и энергетическими потерями, обусловленными уменьшением пропускной способности системы по углю и повышенным расходом воды на транспортирование и промывку системы после остановок. Для условий гидрошахты "Красноармейская" значения потерь приведена в таблице 1 (в дальнейшем, в статье все данные приведены для условий этой гидрошахты).

В целом для гидра системы потоки отказов датчиков позволяет управлять в оптимальном режиме только 30% времени /1/. Возникает проблема восстановления сигналов отказавших датчиков.

### 1. Концептуальное представление производственного процесса.

Производство продукции может быть представлено совокупностью основных взаимосвязанных процессов: технологического, энергетического и информационного, каждый из которых характеризуется своим видом продукта (материальным, энергией, информацией) со свойствами, изменяющимися в соответствии с заданной технологией.

В соответствии с вышесказанным структура производства представляет собой совокупность трех систем: технологической, энергетической и информационной, узлами которых являются алгоритмы, преобразующие входные материальные, энергетические и информационные потоки в выходные потоки, а ребрами являются технологические, энергетические и информационные линии (каналы) (рис. 1).

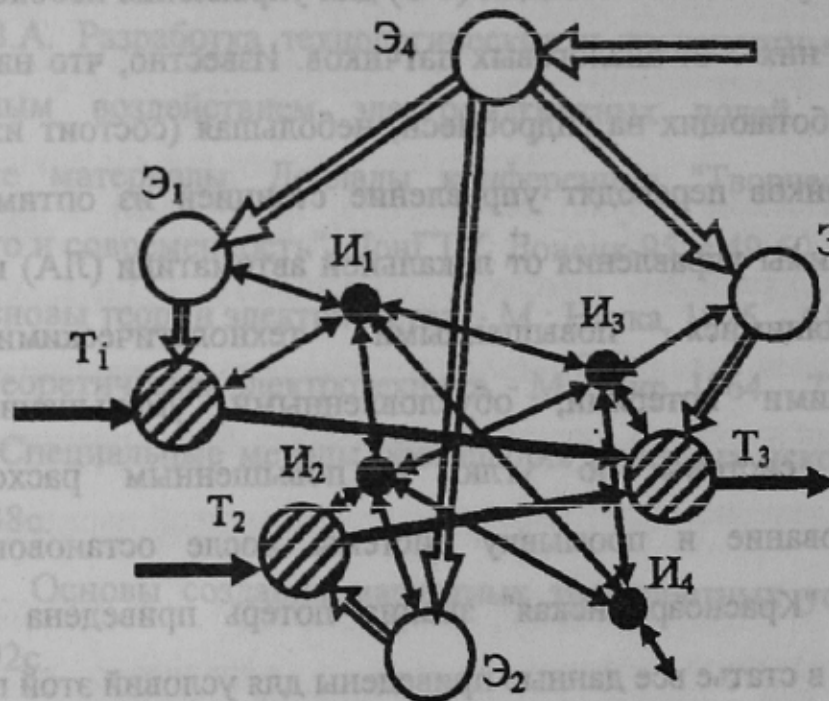


Рисунок 1 - Фрагмент взаимодействия систем технологической (T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub>,...), энергетической (E<sub>1</sub>, E<sub>2</sub>,...) и информационной (I<sub>1</sub>, I<sub>2</sub>,...).

Структуры системы в общем случае не соответствуют друг другу, причем



обычно технологическая и энергетическая сети могут иметь свои информационные сети.

Функционирования сетей объединяется общей целью (выпуск магистрального продукта с заданными характеристиками) по глобальному критерию, учитывающему локальные индивидуальные критерии каждой сети.

Физическое объединение всех сетей осуществляется в узлах технологической сети, имеющих технологические, энергетические и информационные входы и выходы, через интерфейсные устройства (И) (рис. 2а). Информационные потоки, соответствующие технологической и энергетической сетям, циркулируют в соответствующих автономных информационных сетях, объединяющихся между собой каналами (линиями) и составляющих объединенную информационную сеть. Информация, циркулирующая в контурах управления, выступает как синоним состояний агрегатов, режимов их работы и воздействий на агрегаты в виде совокупности сигналов. Функциональная схема углесосной станции гидрошахты как узла сети представлена на рис. 2б, где указаны состав станции, а работа ее подробно описана в [2]. Критерием эффективности функционирования узла технологической сети является обеспечение минимума потерь (технологических, энергетических и информационных) при обработке входных материальных потоков.

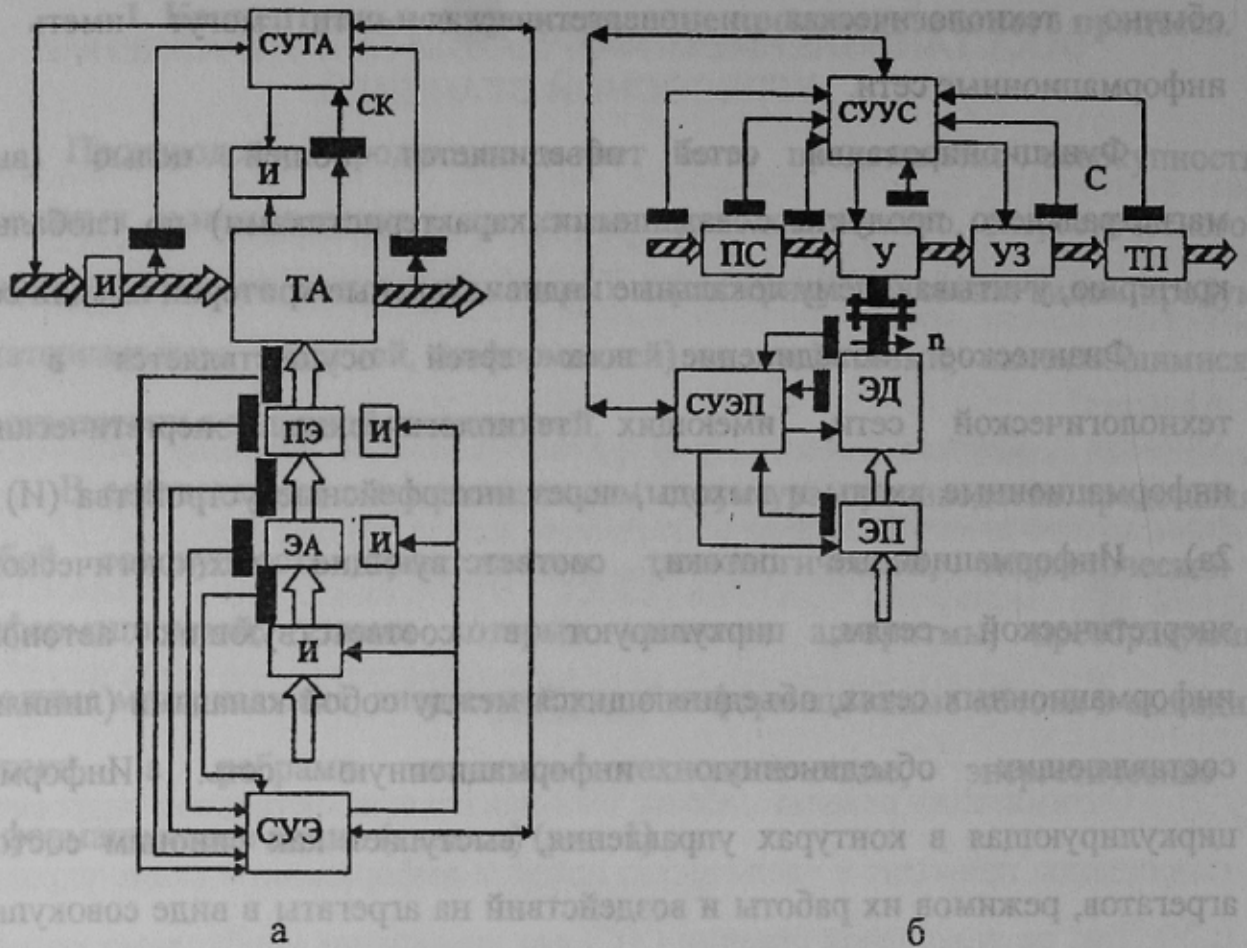
Величина потерь определяется состоянием агрегатов (рабочее или нерабочее) и режимами работы, определяемых информационной системой, причем потери от информационной системы  $C_{\text{и}}$  могут быть сведены к технологическим  $C_{\text{т}}$  и энергетическим  $C_{\text{э}}$  потерям:

$$C = C_{\text{т}} + C_{\text{э}} + C_{\text{и}} = C_{\text{т}}' + C_{\text{э}}'$$

Состояния узла сети в зависимости от надежности алгоритмов и узлов сети, связанных с рассматриваемым, представлены в виде графа (рис. 3а), где

$\lambda_i$  - интенсивности потоков отказов, переводящих узел в "i"-тое состояние;

$\mu_i$  - интенсивность потоков восстановления узла в "i"-тое состояние.



ТА, ЭА, ПЭ - технологический, энергетический и преобразующий энергию агрегаты;

И - информационные управляющие устройства;

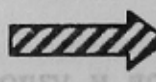
СК - схемы контроля параметров и состояний;

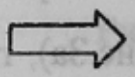
СУТА, СУЭА - схемы управления технологическими и энергетическими агрегатами;

ПС, У, УЗ, ТП - пульсоборник, углесос, управляемая задвижка, трубопровод углесосной станции;

ЭД, ЭП - электродвигатель, электроподстанция;

СУУС, СУЭП - схемы управления углесосной станцией и электропитанием;

 технологический поток (гидросмесь);

 энергетический поток;

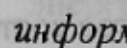
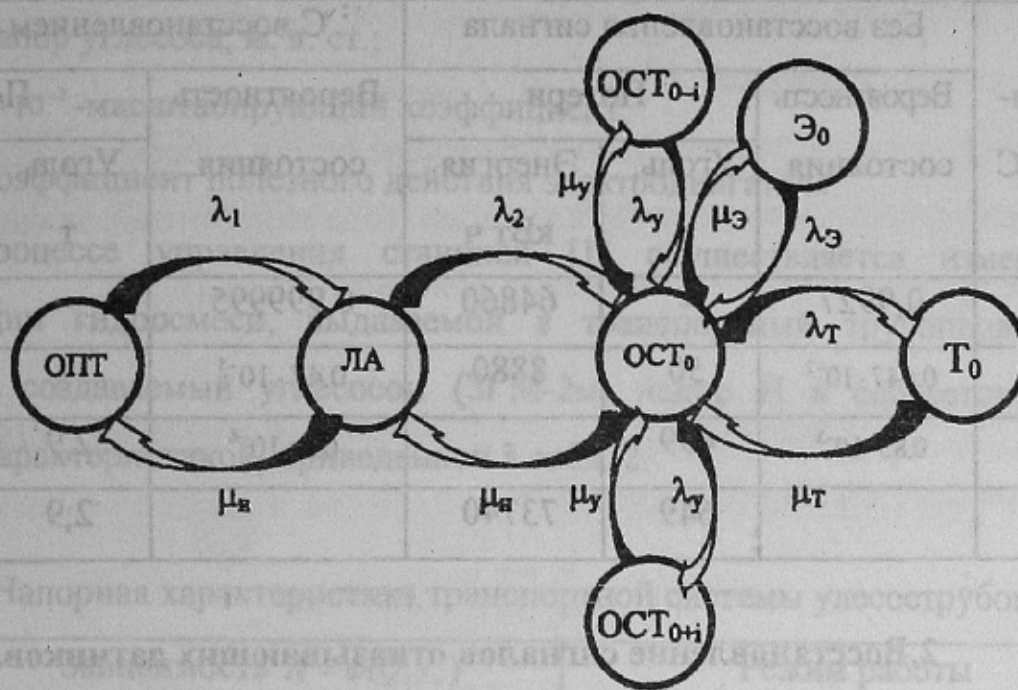
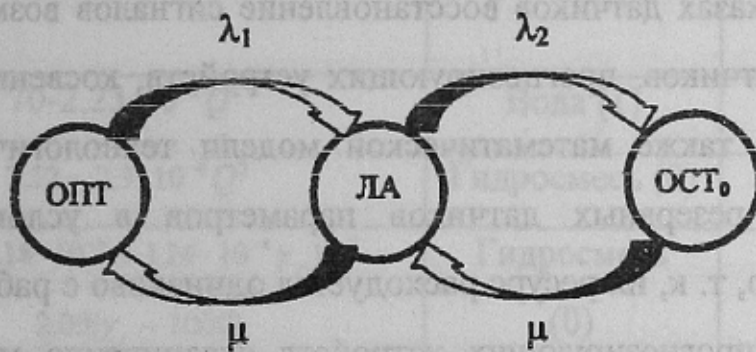
 информационные потоки.

Рисунок 2 - Обобщенная узла сети (а) и функциональная углесосной станции (б) схемы.





а)



б)

$T_0, E_0$  - состояния технологического и энергетического агрегатов узла;  
 $OST_{0-i}, OST_{0+i}$  - состояние отказов (остановок) последующих и  
 предыдущих узлов сети.

Рисунок 3 - Граф состояний станции при функционировании всех сетей (а) и информационной сети (б).

Годовые потери, обусловленные отказами датчиков, для условий углесосной станции (УС) и вероятности состояний, рассчитанные по графу рис. 3б, приведены в табл. 1.

Таблица 1 - Потери, обусловленные отказами датчиков углесосной станции.

Режим (состоя- ния) УС	Без восстановления сигнала		С восстановлением сигнала			
	Вероятность состояния	Потери		Вероятность состояния	Потери	
		Уголь, т	Энергия кВт ч		Уголь, т	Энергия кВт ч
ОПТ	0,9927	-	64860	0,999995	-	65340
ЛА	$0.647 \cdot 10^{-2}$	50	8880	$0.47 \cdot 10^{-5}$	-	-
ОСТ	$0.83 \cdot 10^{-3}$	499	-	$0.3 \cdot 10^{-6}$	2,9	-
Итого		649	73740		2,9	65340

## 2. Восстановление сигналов отказывающих датчиков.

При отказах датчиков восстановление сигналов возможно с помощью резервных датчиков, прогнозирующих устройств, косвенных и совместных измерений, а также математической модели технологической установки. Применение резервных датчиков параметров в условиях гидрошахты неэффективно, т. к. их ресурс расходуется одинаково с рабочими датчиками. Применение прогнозирующих устройств ограничено малым интервалом времени восстановления (5-6 мин), а требуется интервал 1,5-2 часа. В статье рассматривается метод косвенных измерений, позволяющий восстанавливать сигналы на любом промежутке времени. Т. к. с технологической сетью связана энергетическая сеть, то измерение энергетических параметров косвенно связано с изменениями технологических параметров гидросистемы, транспортируемой углесосной станцией, по известной зависимости [2]:

$$N = \frac{\gamma_r \cdot Q \cdot H}{\eta} k_1 \quad (1)$$

где  $N$  - мощность, расходуемая на транспортирование гидросмеси, кВт;

$\gamma_r$  - удельный вес смеси,  $\text{кг/м}^3$ ;



$Q$  - расход, м<sup>3</sup>/ч;

$H$  - напор углесоса, м. в. ст.;

$k_1 = 1 \cdot 10^{-7}$  -масштабирующий коэффициент,

$\eta$  - коэффициент полезного действия электродвигателя.

В процессе управления станцией [1] осуществляется изменения концентрации гидросмеси, выдаваемой в транспортный трубопровод, и изменяется создаваемый углесосом (ЗГМ-2м) напор  $H$  в соответствии с напорной характеристикой, приведенной в табл. 2.

Таблица 2-Напорная характеристика транспортной системы улесострубопровод

№п.п.	Зависимость $H = \varphi(Q, \gamma_r)$	Режим работы	
		Углесос $K_{P1}$	Трубопровод $K_{P2}$
1	$70 - 2.23 \cdot 10^{-6} Q^2$	Вода (1)	Вода (1)
2	$7.52 - 2.3 \cdot 10^{-6} Q^2$	Гидросмесь (0)	Вода (1)
3	$72.52 - (2.18 \cdot 10^{-6} + 1.24 \cdot 10^{-4} \gamma_r) Q^2 - \frac{2.05(\gamma_r - 1000)}{Q}$	Гидросмесь (0)	Гидросмесь (0)
4	$70 - (2.1 \cdot 10^{-6} + 1.24 \cdot 10^{-10} \gamma_r) Q^2 - \frac{2.05(\gamma_r - 1000)}{Q}$	Вода (1)	Гидросмесь (0)

Значение  $\gamma_r$ , с учетом наличия гидросмеси в трубопроводе определяется

по:

$$\gamma_r = \gamma + 5.04 \cdot 10^{-2} \cdot L_T \quad (2)$$

где  $\gamma = 1000$  кг/м<sup>3</sup> - удельный вес воды;

$L_T$  - длина трубопровода, занятого твердой фракцией, м.

Для условий гидрошахты  $L_{Tmax} = L_{Tп} \approx 2000$  м. величина  $L_T$  вычисляется

по зависимости:

$$L_{Ti} = L_{T(i-1)} + 8.21 \cdot Q \cdot \Delta t (K_{P2i} - K_{P1i}). \quad (3)$$

где  $i - 1, 2, 3, \dots$  - номер интервала наблюдения;

$\Delta t$  - величина интервала наблюдения, ч ( $\Delta t = 0.2$  ч);

$Q$  - расход гидросмеси,  $m^3/ч$ ;

$K_{P1i}$   $K_{P2i}$  - коэффициенты, определяющие режим работы углесоса (вода-гидросмесь) и режим выдачи трубопровода (вода-гидросмесь), значения которых указаны в табл. 2 в последних колонках (0 или 1).

Величина коэффициента полезного действия  $\eta$  двигателя с учетом концентрации гидросмеси определяется по [3]:

$$\eta = \eta_0 \left( 1 - 0.1 \frac{\gamma_r - \gamma}{\gamma_T - \gamma} \right) = \eta_0 (2 - k_2); \quad (4)$$

$$\eta_0 = \eta_{0m} b_0 \cdot (Q - Q_M)^2 = 0.76 - 13 \cdot 10^{-7} (Q - 2200)^2;$$

где  $\gamma_r = 1300 \text{ кг/м}^3$  - удельный вес твердой фракции;

$k_2$  - коэффициент, учитывающий изменение  $\eta$  при работе по воде или гидросмеси (табл. 3).

После подстановки (2), (3), (4), зависимостей табл. 2 в (1), преобразования и отбрасывания малостей получим для условий гидрошахты:

$$N_i = k_{4i} \cdot \frac{[1 + 5.2 \cdot 10^{-5} (L_{T1} + k_{3i} L_y)] Q_i^3}{\eta_0 (2 - k_{2i})} \cdot k_{1i}, \quad (5)$$

где  $L_y - 5$  м, транспортная длина углесоса;

$k_3$  - коэффициент, определяющий режим работы углесоса по воде или гидросмеси (табл. 3);

$k_4$  - коэффициент, определяющий изменения напорной характеристики углесоса (табл. 3).

Приведенные выше зависимости позволяют определять значения отказавших датчиков по энергетическим зависимостям (1) и (5) с погрешностью, как показали исследования, не превышающей 5%.



Таблица 3 - Значения коэффициентов  $K_2$ ,  $K_3$ ,  $K_4$ .

Коэффициент	Режим работы углесоса	
	Вода	Гидросмесь
$K_2$	1	1,06
$K_3$	0	1
$K_4$	1	1,036

Эффективность функционирования системы управления повысилась за счет уменьшения вероятности перехода в неоптимальные режимы (табл. 1).

### Выводы:

1. Введение восстановления сигналов отказавших датчиков в схему управления существенно повышает эффективность управления станцией за счет уменьшения потерь.
2. Применение косвенных измерений энергетических параметров при восстановлении сигналов вносит погрешность, не превышающую 5%.
3. Восстановление сигналов рационально применить при одиночных отказах датчиков.
4. Применение операции восстановления приводит к введению в систему дополнительных датчиков контроля энергетических параметров, не имеющих прямого контакта с гидросмесью и имеющих повышенную надежность (наработка на отказ 2500 ч.).

### Литература

1. Ю. Д. Широков, А. А. Борисов Оптимизация алгоритма функционирования УСАТП участка гидрошахты при отказах датчиков в информационной системе. Известия Вузов. Горный журнал. Свердловск. 1980 г., № 7, 0.123-129.

2. А. О. Спиваковский, А. Б. Смолдырев, Ю. С. Зубакин

Автоматизация трубопроводного транспорта в горной промышленности, М., Недра, 1972 к, 342 с.

3. А. Г. Джеваршевили Системы трубопроводного транспорта

горнообогатительных предприятий, М., Недра, 1981 г., 384 с.

Автоматизация трубопроводного транспорта в горной промышленности, М., Недра, 1972 к, 342 с.	Вода	
3. А. Г. Джеваршевили Системы трубопроводного транспорта горнообогатительных предприятий, М., Недра, 1981 г., 384 с.		
1,030	1	к

Эффективность функционирования систем управления повышается за счет уменьшения вероятности перехода в неоптимальные режимы (табл. 1)

$$k_{1-2} = 2 \cdot \left( \frac{\gamma - \gamma_0}{\gamma - \gamma_0} \right) \cdot (1 - \gamma_0) \cdot \gamma_0 \quad (4)$$

Выводы:  
 $(0,022 - 0,01 \cdot 0,1 - 0,76 \cdot 0,01) \cdot 0,01 = 0,01$

1. Введение восстановительных элементов отключивших датчиков в схему управления приводит к повышению эффективности управления стальной за счет уменьшения потерь.

2. Применение косвенных измерений энергетических параметров при восстановлении элементов повышает надежность и предотвращает 3%.

3. Восстановление элементов при отказе датчиков приводит к отказам датчиков

$$N_{1-2} = k_{1-2} \cdot \left[ \frac{1}{1 + 5,2 \cdot 10^{-4} \cdot U_{1-2} + 1} \right] \quad (5)$$

4. Применение операций восстановления приводит к введению в систему дополнительных элементов контроля аварийных параметров, не имеющих прямого контакта с гидромессы и исключив повышенную надежность (табл. 3);

$k_4$  - коэффициент, определяющий изменение напорной характеристики насоса (табл. 3).

**Литература**

Приведенные выше зависимости позволяют определять значение  $k_{1-2}$  по (4). Д. Шеваршевили, А. Смолдырев, Ю. Зубакин. Автоматизация трубопроводного транспорта в горной промышленности. М.: Недра, 1972. С. 342.

Информационная система. Известия Вузов. Горный журнал. Саратовск. 1980 г. № 7.0.123-129.