

## СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИ ОПАСНЫХ ОБЪЕКТОВ

**Т.В. Аксенова, В.И. Павлов**

*Кафедра «Конструирование радиоэлектронных и микропроцессорных систем»,  
ФГБОУ ВПО «ТГТУ»; belova\_tatyana@bk.ru*

*Представлена членом редколлегии профессором Д.Ю. Муромцевым*

**Ключевые слова и фразы:** индикатор сопутствующего признака; раннее обнаружение; система мониторинга; экологически опасный объект.

**Аннотация:** Предложена система мониторинга технического состояния экологически опасных объектов, в которой для раннего обнаружения постепенных изменений свойств и характеристик процессов использована информация от индикаторов сопутствующих признаков.

---

Функционирование экологически опасных объектов в современных условиях невозможно без средств автоматизации, диспетчеризации и контроля целого ряда технических параметров состояния объекта, объединенных в общую систему мониторинга. Отдельного внимания требуют системы мониторинга объектов, имеющих большую протяженность и подверженных влиянию большого количества внешних факторов, а также имеющих опасные участки, требующие постоянного мониторинга.

В настоящее время для оценки технического состояния в процессе мониторинга экологически опасных объектов (ЭОО) применяются всесторонние исследования, которые включают современные методы диагностики, такие как дефектоскопию, электрометрические измерения, акустическую эмиссию, локальные методы обследования приборами неразрушающего контроля, геодезические измерения, инспекционные обследования и другие.

Детальный анализ широко применяемых методов диагностики показал, что существующие методы не обладают достаточной оперативностью и точностью определения технического состояния ЭОО, а также своевременностью обнаружения дефектов, приводящих к нарушению целостности элементов объектов, режимов функционирования, ведущих к возникновению аварийных ситуаций или даже экологических и техногенных катастроф. Техническое состояние рассматриваемых объектов, в основном, характеризуется комплексным показателем, который учитывает множество воздействующих факторов, таких как срок и режим эксплуатации, конструктивные параметры элементов (габаритные размеры) и состояние материалов, особенности зон расположения объектов и др.

Основной целью мониторинга технического состояния ЭОО является определение динамики изменения параметров контроля. При этом результаты монито-

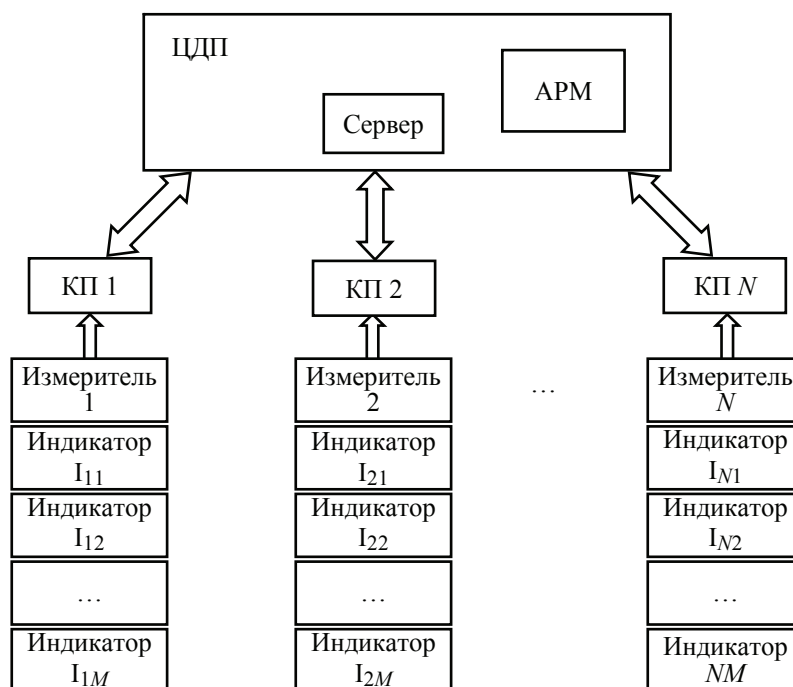
ринга позволяют прогнозировать техническое состояние ЭОО и предупреждать возникновение аварийных ситуаций.

В процессе мониторинга технического состояния ЭОО в качестве диагностической информации могут быть использованы: результаты инспекционного контроля, измерения параметров текущего состояния объекта, предыдущие данные контроля, а также информация о принятых мерах по устранению неисправностей и др.

Рассмотрим систему мониторинга, которая содержит следующие технические средства: совокупность измерителей (датчиков), расположенных на определенном расстоянии друг от друга и связанных с пунктом контроля, как правило с помощью радиоканала; сервер сбора и обработки информации и автоматизированного рабочего места (АРМ) диспетчера на центральном диспетчерском пункте. В качестве датчиков могут быть использованы датчики температуры, давления, коррозии, уровня напряжений, деформаций, утечек и т.д.

Независимо от физической природы источников первичной информации на входы измерителей системы мониторинга поступают искаженные случайными помехами сигналы, в которых содержатся некоторые сведения, величины параметров, реализации процессов, характеризующие состояние ЭОО. В приемнике сигналов на контрольном пункте происходят необходимые для извлечения информации преобразования. Выходная информация от него передается по каналу связи в центральный диспетчерский пункт для дальнейшей обработки с целью выработки решений. Быстродействие и точность определения технического состояния ЭОО напрямую зависит от алгоритмов обработки диагностической информации.

Существующие задержки в обнаружении изменений свойств и характеристик процессов приводят к неудовлетворительному качеству оценки технического



**Структурная схема системы мониторинга:**

ЦДП – центральный диспетчерский пункт; КП – контрольный пункт

состояния ЭОО в целом. В существующих методах оценки состояний объектов, систем не достаточно уделено внимания такой особенности, как возможность постепенного изменения свойств в пределах допусков по траектории, ведущей к внезапному скачкообразному их изменению. Сокращение задержки между моментом возникновения изменения свойств процессов и моментом их регистрации, а также обнаружение постепенных изменений, которые способны перейти внезапно в скачкообразные, представляют наибольшую значимость и трудность при синтезе алгоритма системы мониторинга.

Наиболее полно учесть разнородные неблагоприятные факторы, влияющие в процессе эксплуатации на объект мониторинга, возможно при рассмотрении класса систем со случайной скачкообразной структурой. Под такими системами понимаются наблюдаемые и управляемые в дискретные моменты времени стохастические динамические системы, структура которых имеет конечное число возможных состояний, сменяющих друг друга в случайные моменты времени [1].

Для скорейшего обнаружения начала изменений свойств наблюдаемых процессов дополним систему мониторинга помимо измерителей набором индикаторов сопутствующих признаков [2], которые способны фиксировать изменения сопутствующих (неинформативных) процессов, стохастически связанных с наблюдаемым, но протекающих с опережением (динамичнее). Индикаторы сопутствующих признаков представляют собой приборы регистрирующего типа с известными вероятностными характеристиками правильного обнаружения и правильного необнаружения. Состояния ЭОО характеризуются определенным набором сигналов от измерителей и индикаторов, причем, чем больше сопутствующих признаков будет задействовано, тем более точно можно классифицировать текущее состояние ЭОО и контролировать динамику изменений.

Для функционирования алгоритмического обеспечения системы мониторинга необходимо определить все возможные состояния ЭОО, характеризующиеся определенным набором признаков и интенсивностей переходов в эти состояния. Предположим, что ЭОО может иметь  $S$  возможных состояний, разнонаправленные переходы в которые реализуются в зависимости от фазовых координат и вероятности каждого состояния [3].

В таблице отражены возможные состояния ЭОО в месте установки первого измерителя  $Z_1$  и соответствующие выходные сигналы измерителей и индикаторов.

### Классификация состояний ЭОО

Состояние ОМ	Выходные сигналы измерителя, $Z_1$	Состояние индикаторов			
		$I_1$	$I_2$	...	$I_M$
1	$W_1$	0	0	...	0
2	$Y_1 + W_1$	1	0	...	0
3	$Y_1 + W_1$	1	1	...	0
...	...	...	...	...	...
$S-2$	$Y_1 + W_1$	0	0		1
$S-1$	$Y_1 + W_1$	0	1		1
$S$	$Y_1 + W_1$	1	1	...	1

Функционирование измерителей системы мониторинга описывается уравнениями:

$$Z_{n,k}^{(s)} = C_{n,k}^{(s)} Y_{n,k} + W_{n,k}^{(s)}; \quad s = \overline{1, S}; \quad n = \overline{1, N}; \quad k = \overline{1, K},$$

где  $Z_{n,k}^{(s)}$  – выходной сигнал  $n$ -го измерителя на  $k$ -м шаге счета;  $C_{n,k}^{(s)}$  – коэффициент  $n$ -го признака для  $s$ -го состояния, принимающий значения 1 или 0 в соответствии с тем, происходит или нет измерение  $Y_{n,k}$  контролируемого параметра;  $W_{n,k}^{(s)}$  – центрированный гауссовский шум  $n$ -го измерителя в  $s$ -м состоянии.

Учет рассмотренной особенности в алгоритме функционирования системы мониторинга ЭОО позволяет выявлять дефекты на ранней стадии их развития.

Таким образом, применение данного подхода позволит повысить быстродействие и точность определения технического состояния ЭОО. Раннее обнаружение постепенных изменений свойств и характеристик процессов, ведущих к их внезапному скачкообразному изменению, за счет использования информации от индикаторов сопутствующих признаков, представляет собой потенциал для повышения эффективности системы мониторинга ЭОО в целом.

*Работа выполнена при поддержке РФФИ, грант №10-08-00555-а.*

#### *Список литературы*

1. Казаков, И.Е. Оптимизация динамических систем случайной структуры / И.Е. Казаков, В.М. Артемьев. – М. : Наука, 1980. – 382 с.
2. Павлов, В.И. Оптимальное обнаружение изменения свойств случайных последовательностей по информации измерителя и индикатора / В.И. Павлов // Автоматики и телемеханика. – 1998. – № 1. – С. 54–59.
3. Павлов, В.И. Алгоритм контроля и управления состоянием сложной технической системы / В.И. Павлов, Т.В. Белова // Антенны. – 2010. – № 11. – С. 65–67.

---

## **Monitoring Systems of Technical Condition of Environmentally Hazardous Facilities**

**T.V. Aksenova V.I. Pavlov**

*Department “Design of Radio Electronic and Microprocessor Systems”, TSTU;  
belova\_tatyana@bk.ru*

**Key words and phrases:** early detection; environmentally hazardous facilities; indicator of associated attribute; monitoring.

**Abstract:** The paper proposes the system for monitoring technical condition of environmentally hazardous facilities; it uses the information on the indicators of associated attributes for the early detection of gradual changes in the properties and characteristics of the processes.

## **Monitoringssysteme des technischen Zustandes der ökologisch gefährlichen Objekte**

**Zusammenfassung:** Es ist das Monitoringssystem des technischen Zustandes der ökologisch gefährlichen Objekte vorgeschlagen. Für das frühzeitigen Aufdeckens der allmählichen Veränderungen und der Charakteristiken des Prozesses ist in diesem System die Information von den Indikatoren der Begleitmerkmale benutzt.

---

## **Systèmes du monitoring de l'état technique des objets dangereux du point de vue de l'écologie**

**Résumé:** Est proposé le système du monitoring de l'état technique des objets dangereux du point de vue de l'écologie dans lequel est utilisée l'information à partir des indicateurs des indices accompagnantes pour une révélation précoce des changements progressifs des propriétés et des caractéristiques des processus.

---

**Авторы:** *Аксенова Татьяна Викторовна* – аспирант, ассистент кафедры «Конструирование радиоэлектронных и микропроцессорных систем»; *Павлов Владимир Иванович* – доктор технических наук, профессор кафедры «Конструирование радиоэлектронных и микропроцессорных систем», ФГБОУ ВПО «ТГТУ».

**Рецензент:** *Шамкин Валерий Николаевич* – доктор технических наук, профессор кафедры «Конструирование радиоэлектронных и микропроцессорных систем», ФГБОУ ВПО «ТГТУ».

---