

3  
НОМЕР

БОИЦ

ISSN 2304-9081

ЭЛЕКТРОННЫЙ ЖУРНАЛ  
On-line версия журнала на сайте  
<http://www.elmag.uran.ru>



2017  
ГОД ЭКОЛОГИИ  
В РОССИИ

# БЮЛЛЕТЕНЬ

ОРЕНБУРГСКОГО НАУЧНОГО ЦЕНТРА УРО РАН



2017

УЧРЕДИТЕЛИ

УРАЛЬСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ РАН  
ОРЕНБУРГСКИЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР УРО РАН

© Коллектив авторов, 2017

УДК 004.896 : 681.5

*Ю.Р. Владов, М.Ю. Нестеренко, В.В. Влацкий*

## **МОНИТОРИНГ СОСТОЯНИЯ ПРИРОДНО-ТЕХНОГЕННЫХ ОБЪЕКТОВ С ЗАМКНУТОЙ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМОЙ**

Оренбургский научный центр УрО РАН (Отдел геоэкологии), Оренбург, Россия

*Цель.* Повышение эффективности функционирования и использования сложных техногенных объектов длительной эксплуатации за счет разработки методологии мониторинга их состояния.

*Материалы и методы.* Предложена декомпозиция проблемы, предполагающая нахождение: оптимальных агрегированных и аналитических моделей изменения состояния, а также моделей формирования мониторинговой информации.

*Результаты.* В статье представлена разработанная методология мониторинга состояния ПТО с замкнутой автоматизированной системой. Разработана геоинформационная система с сетью сейсмических станций.

*Заключение.* Структурную основу замкнутой автоматизированной системы мониторинга составляют программные модули нахождения соответствующих моделей состояния ПТО, в том числе моделей формирования мониторинговой информации. При ее использовании установлено существенное (более 10 %) повышение эффективности функционирования и использования природно-техногенных объектов.

*Ключевые слова:* мониторинг состояния, геоинформационная технология, замкнутая автоматизированная система, природно-техногенные объекты.

---

---

*Y.R. Vladov, M.Y. Nesterenko, V.V. Vlatsky*

## **MONITORING OF NATURAL-TECHNOGENIC OBJECTS WITH A CLOSED-LOOP AUTOMATED SYSTEM**

Orenburg Scientific Center, UrB RAS (Department of Geoecology), Orenburg, Russia

*Objective.* The efficiency and the use of complex man-made objects long-term operation by developing a methodology for monitoring their condition.

*Materials and methods.* The proposed decomposition of the problem, involving finding the optimum aggregated and analytical models the state changes and models of formation of the monitoring information.

*Results.* The article presents the methodology of monitoring the status of PTO c a closed automated system. Developed geoinformation system with a network of seismic stations.

*Conclusion.* Structural basis of a closed automated system of monitoring are software modules to find appropriate models of the status of PTO, including models of formation of the monitoring information. With its use a substantial (over 10 %) the efficiency and use of natural-technogenic objects.

*Key words:* condition monitoring, geoinformation technology, closed-loop automated system, natural and man-made objects.

## **Введение**

Под мониторингом состояния объекта понимается система сбора, хранения и анализа относительно небольшого количества существенных признаков или его параметров описания для вынесения суждения о его состоянии или поведении в целом. Отказы природно-техногенных объектов (ПТО) расходуют значительные материальные и экологические ресурсы. Увеличивающаяся продолжительность работы ПТО сопровождается их износом и выдвигает проблему мониторинга состояния в ранг наиболее актуальных.

В ряде работ в области анализа состояния различных объектов выделены типичные механизмы отказов, составлены физико-механические и математические модели процессов его изменения на основе локальных параметров. В то же время методы локального или точечного мониторинга не отражают реальной их интенсивности изменения. Обширная диагностическая информация о повреждениях ПТО создается при использовании современных методов разрушающего и неразрушающего контроля. Однако ее анализ затруднен из-за большой размерности задачи и невозможности использования существующих методов обработки данных с необходимостью их ранжирования и потери связи при этом с исследуемым объектом.

Среди наиболее значимых исследований, посвященных широкому кругу вопросов идентификации и мониторинга состояния объектов, следует отметить работы отечественных и зарубежных авторов [1-5], а также работы в области сбора данных, моделирования и идентификации с помощью ЭВМ [2-8], управления технологическими процессами с сосредоточенными и распределенными параметрами [7-13]. Однако особенности техногенных объектов не позволяют использовать соответствующие классические методы. Применяемые методы интеллектуального анализа данных, используемые в различных областях науки и техники, предназначены для выявления закономерностей, классификации и кластеризации данных и не выходят на требуемый уровень мониторинга состояния объектов выделенного класса.

Теория автоматизированных информационных систем и ее отдельные приложения отражены в трудах ведущих отечественных и зарубежных ученых [1, 5, 11-13]. Однако многие теоретические и прикладные вопросы их использования еще далеки от завершения, в особенности для природно-техногенных объектов, функционирующих в условиях полной или частичной

неопределенности и высокой удельной концентрации различных видов энергии. Современные природно-техногенные объекты в ряде случаев относятся к классу сложных. Существенное повышение эффективности функционирования таких объектов достигается путем применения адекватно сложных замкнутых автоматизированных систем мониторинга состояния.

### Декомпозиция проблемы

В виду масштабности и сложности фундаментальной проблемы автоматизированного мониторинга состояния ПТО рациональна ее декомпозиция на три этапа. На первом этапе создаются оптимальные агрегированные модели состояния. На втором этапе на их основе выявляются аппроксимирующие зависимости корреляционных функций изменения состояния и решается модифицированное интегральное уравнение Винера-Хопфа. Третий этап предусматривает формирование мониторинговой информации с принятием обоснованных решений.

### Агрегированные модели

Процесс нахождения агрегированных моделей состояния ПТО рассмотрим на примере теплоэнергетического оборудования. Предлагается агрегирование вести на пяти уровнях [3]: поэлементное, покомпонентное, поагрегатное, погрупповое и общее (рис. 1).

											$S_{\text{опт.мин}}, S_{\text{опт.ср}}, S_{\text{опт.макс}}$											
$S_{\text{адд}}$					$S_{\text{мпт}}$						$S_{\text{кмб}}$											
$N_a$			$N_q$						$N_z$													
$S_{\text{агр1}}$					.....						$S_{\text{агр m}}$											
Гибы			$M_{\text{гибов}}$			$D_{\text{гибов}}$			$\sigma_{\text{гибов}}$													
Св. швы			$M_{\text{св.швов}}$			$D_{\text{св.швов}}$			$\sigma_{\text{св.швов}}$													
Трубы			$M_{\text{труб}}$			$D_{\text{труб}}$			$\sigma_{\text{труб}}$													
$S_{\text{адд1}}$		$S_{\text{мпт1}}$		$S_{\text{кмб1}}$			...			$S_{\text{адд k}}$		$S_{\text{мпт k}}$		$S_{\text{кмб k}}$								
$N_{a1}$		$N_{q1}$		$N_{z1}$			...			$N_{ak}$		$N_{qk}$		$N_{zk}$								
Схема 1						.....						Схема k										
$S_{\text{опт агр}}$						.....						$S_{\text{опт агр}}$										
$S_{\text{адд1}}$		$S_{\text{мпт1}}$		$S_{\text{кмб1}}$			.....						$S_{\text{адд m}}$		$S_{\text{мпт m}}$		$S_{\text{км m}}$					
$N_{a1}$		$N_{q1}$		$N_{z1}$			$\alpha_{Na}, \alpha_{Nq}, \alpha_{Nz}$						$N_{am}$		$N_{qm}$		$N_{z33}$					
Агрегат 1						.....						Агрегат m										
$S_1$						.....						$S_n$										
$S_{\text{нк1}}$		$S_{\text{тк1}}$		$S_{\text{мк1}}$			.....						$S_{\text{нк n}}$		$S_{\text{тк n}}$		$S_{\text{мк n}}$					
$S_{\text{нк1}}$		$S_{\text{тк1}}$		$S_{\text{мк1}}$			.....						$S_{\text{нк n}}$		$S_{\text{тк n}}$		$S_{\text{мк n}}$					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	...	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

Рис. 1. Схема нахождения агрегированных моделей состояния энергетического котла как сложного техногенного объекта: 1 – покомпонентная;

2 – поэлементная; 3 – поагрегатная; 4 – погрупповая и 5 – общая.

Например, покомпонентное агрегирование предусматривает нахождение степени повреждения металла по трем компонентам: надежностной  $S_{нк}$  в соответствии с эффективной наработкой, температурной  $S_{тк}$  в зависимости от напряжения и температуры и механической компоненты  $S_{мк}$  также в зависимости от эффективной температуры для каждого элемента с учетом 11-ти существенных физико-механических свойств, а также марки стали, давления и других факторов, выбранных из базы данных.

Выбраны весовые коэффициенты: в надежностной компоненте для вероятности отказов (1)  $\alpha_{Q(t)}$ , номинального допускаемого напряжения (2)  $\alpha_{iAi}$  и относительного количества пусков (3)  $\alpha_n$ ; в температурной компоненте для допускаемого напряжения (4)  $\alpha_{Ai}$ , предела ползучести (5)  $\alpha_{ii}$  и предела длительной прочности (6)  $\alpha_{iAi}$ ; в механической компоненте для предела прочности (7)  $\alpha_{iio}$ , предела текучести (8)  $\alpha_{iio}$ , относительного удлинения (9)  $\alpha_{iio}$ , относительного сужения (10)  $\alpha_{iN}$  и ударной вязкости (11)  $\alpha_{oA}$ . Как видно из рис. 1, при нахождении агрегированных моделей состояния теплоэнергетического оборудования использованы: три компоненты; n элементов; m агрегатов и k схем.

Третий уровень операций агрегирования предполагает выбор удельного количества элементов в агрегате. Выбор оптимального количества осуществляется по критерию минимума среднего риска. Таким образом, создаются агрегаты, для каждого из которых вычисляются по предложенному алгоритму три параметра агрегирования  $N_{ai}$ ,  $N_{qi}$ ,  $N_{z1}$ , из которых образуются по три агрегированные модели - аддитивная, мультипликативная и комбинированная с учетом весовых коэффициентов.

Конечной целью погруппового агрегирования является получение основных статистических характеристик: математического ожидания  $M$ , дисперсии  $D$ , стандартного отклонения  $\sigma$  и границ интервалов для гибов, сварных соединений и труб с опорой на разработанный комплект схем графической части базы данных. В качестве исходной информации на уровне общего агрегирования используются найденные значения состояния каждого агрегата, по которым вычисляются те же критерии  $N_a$ ,  $N_q$ ,  $N_z$ , и находятся агрегированные модели  $S_{адд}$ ,  $S_{млт}$ ,  $S_{кмб}$ , из которых по одному из критериев мини-

мального, среднего или максимального риска в зависимости от ситуации находятся соответствующие состояния ПТО -  $S_{\text{опт.мин}}$ ,  $S_{\text{опт.ср}}$ ,  $S_{\text{опт.макс}}$ .

По результатам каждого диагностирования ПТО выявляется неравномерность его состояния, ухудшение по мере увеличения наработки и выделяются потенциально опасные агрегаты.

### **Корреляционные зависимости**

Из множества построенных на основе оптимальных агрегированных моделей состояния ПТО выделяются типы корреляционных функций: авто-  $R_{xx}(\tau)$ ,  $R_{yy}(\tau)$  и взаимно- ( $R_{yx}(\tau)$  при  $\tau \geq 0$  и  $R_{xy}(\tau)$  при  $\tau < 0$ ). По полученным результатам нами предлагается провести замену нормированных авто-  $r_{ii}(\tau)$  и взаимно-  $r_{ij}(\tau)$ ,  $r_{ji}(\tau)$  корреляционных функций аппроксимирующими зависимостями: экспоненциальными, экспоненциально косинусными, экспоненциально полиномиальными и экспоненциально косинуссинусными [3-4]. Например, экспоненциально косинусные зависимости описываются формулами:

$$r_{ii}(\tau) = A \cdot e^{-\alpha \cdot |\tau|} \cos(\omega \cdot \tau); \quad (1)$$

$$r_{ij}(\tau) = B \cdot e^{-\beta_1 \cdot \tau} \cos(\omega \cdot \tau); \quad (2)$$

$$r_{ji}(\tau) = B \cdot e^{\beta_2 \cdot \tau} \cos(\omega \cdot \tau), \quad (3)$$

где коэффициенты  $A$  и  $B$  - характеризуют начальные условия;

$\alpha$ ,  $\beta_1$ ,  $\beta_2$  - показывают интенсивность затухания корреляционных функций;  $\omega$  - определяет среднюю частоту периодических составляющих случайных процессов.

Во всех случаях коэффициенты аппроксимации, характеризующие случайные процессы изменения состояния, положительные вещественные числа, что позволяет находить аналитические модели изменения состояния ПТО в символьном виде.

### **Аналитические модели изменения состояния**

Аналитические модели изменения состояния ПТО найдутся при постановке задачи с входной  $U_x(t)$  и выходной  $U_y(t)$  оптимальными агрегированными моделями [3]. Нужно найти оценку оператора, характеризующего интенсивность изменения состояния ПТО -  $v(t)$ . Для этого необходимо соблюсти требование близости случайных функций  $U_y^*(t)$  выхода модели к случайной функции  $U_y(t)$ , являющейся выходной переменной объекта. Критерием

близости случайных функций является функция потерь  $\rho[u_y(t), u_y^*(t)]$ , на математическое ожидание которой наложено требование минимума (4):

$$M\{\rho[u_y(t), u_y^*(t)]\} = \min. \quad (4)$$

Критерий минимума среднего риска будет выполнен при минимуме математического ожидания функции потерь и конкретной реализации случайной агрегированной модели на входе. Оператор математического ожидания или регрессия выходной переменной  $U_y(t)$  относительно входной  $U_x(t')$  дает оптимальную оценку оператора состояния объекта. Проводя преобразования линейных операторов [3] с учетом нормирования аппроксимирующих корреляционных зависимостей, стационарности и стационарной связанности случайных функций  $U_y(t)$  и  $U_x(t)$ , интенсивность изменения состояния ПТО найдется по модифицированному интегральному уравнению Винера-Хопфа (5):

$$\int_0^{\infty} v(\tau) \cdot r_{xx}(t - \tau) \cdot d\tau = r_{yx}(t), \quad -\infty < t < \infty, \quad v(\tau) = 0 \text{ при } \tau < 0. \quad (5)$$

По данным [9, 11, 13, 15] известно, что интегральное уравнение Фредгольма 1-го рода типа (5) сводится декомпозицией авто- и взаимно- КФ на две составляющие при  $t \geq 0$  и  $t < 0$  к интегральному уравнению Вольтерра 1-го рода, аналитически решаемое с помощью преобразования Лапласа.

В силу единственности аналитического продолжения для функций  $r_{xx}^-(t)$  и  $r_{yx}^-(t)$ , соответствующее уравнение имеет место для всех  $t$ . Проводя интегральные преобразования, получаем (6):

$$\int_0^t v(\tau) \cdot [r_{xx}^+(t - \tau) - r_{xx}^-(t - \tau)] \cdot d\tau = r_{yx}^+(t) - r_{yx}^-(t). \quad (6)$$

Поскольку для рассматриваемых функций существует преобразование Лапласа, то решение (6) всегда существует, и притом оно единственное. Применив преобразование Лапласа с оператором  $s$  и, учтя теорему умножения для свертки оригиналов, получим расчетное выражение для нахождения передаточной функции  $G(s)$  (7):

$$G(s) \cdot [r_{xx}^+(s) - r_{xx}^-(s)] = r_{yx}^+(s) - r_{yx}^-(s). \quad (7)$$

Используя обратное преобразование Лапласа с оператором  $s^{-1}$ , находим аналитические модели, отражающие процессы изменения состояния и их интенсивности для техногенных объектов. В целом, построенные на этом этапе

по оптимальным агрегированным моделям корреляционные функции позволяют выделить 4 типа аппроксимирующих зависимостей с увеличивающимися по сложности описания аргументами в соответствии с установленными при длительной эксплуатации четырьмя механизмами повреждений ПТО. По найденным расчетным выражениям для модифицированного интегрального уравнения Винера-Хопфа получены модели процессов изменения состояния и их интенсивностей в символьном виде.

### **Разработка геоинформационной системы с сетью сейсмических станций**

Назначение системы - проводить сейсмический мониторинг геодинамической активности недр разрабатываемых месторождений в реальном времени. Система состоит из ряда сеймостанций с общим количеством  $N$ , GPS-датчиков ( $GPS_1, \dots, GPS_N$ ), сервера данных (рис. 2) и информационной подсистемы «ГИС - Недропользование». В свою очередь датчики подсистемы, входящие в сеть сейсмических станций «Нефтегаз-сейсмика» подразделяются на две группы: локальную и телесеismicкую. Из группы локальной сейсмики необходимо отметить позиционирование этих датчиков по сторонам света (N-S и E-W) и глубине залегания ( $Z_1, \dots, Z_N$ ).

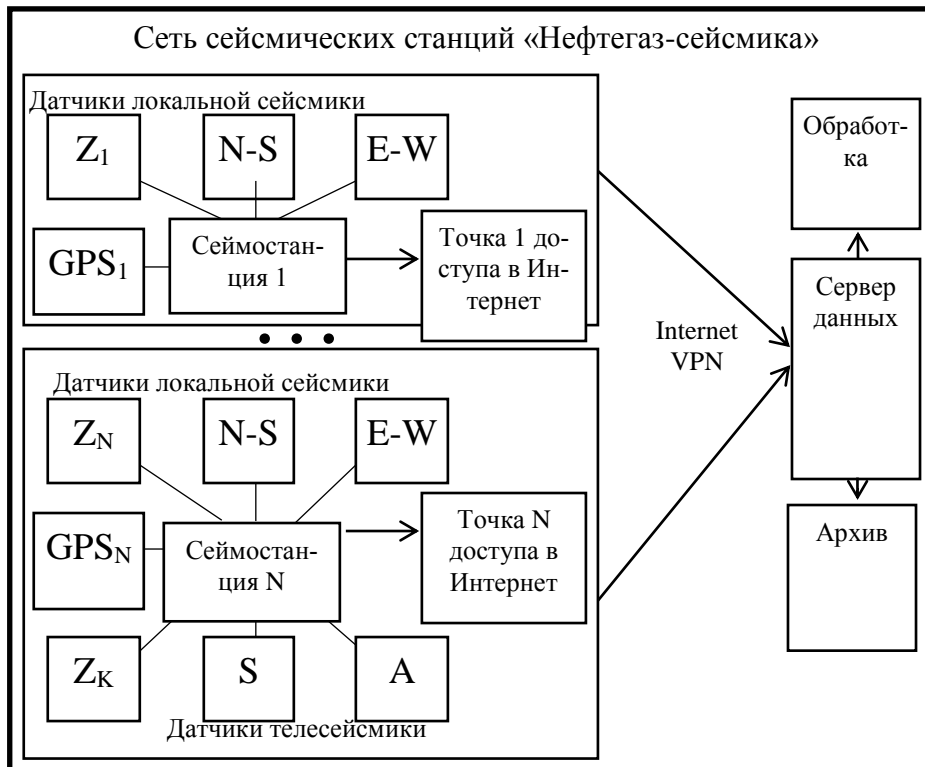


Рис. 2. Информационная система «ГИС - Недропользование» с сетью сейсмических станций «Газ-сейсмика».



В группу датчиков телесеизмики введены устройства для фиксации удалённых событий в виде степени охвата недр (S) и амплитуды сигналов (A). Система интегрирована в локальную сеть Центра данных с использованием наземных и спутниковых каналов связи. Информация в каждой группе передается с помощью точек доступа в Интернет (1...N). Что касается информационной подсистемы «ГИС - Недропользование», не отраженной на рис. 2, следует выделить основные подсистемы: ввода и обработки данных, поиска и хранения, а также отображения, которые необходимы для построения картографической базы данных.

Основным преимуществом рассмотренной системы является гиперчувствительность к удалённым сейсмическим событиям в реальном времени. С помощью системы «Гис-Недропользование» и сетью, состоящей из 8 стационарных и двух передвижных сейсмических станций, на разрабатываемых месторождениях нефти и газа в Оренбургской области фиксируется в среднем 2-3 сейсмических события в месяц. Подавляющее большинство зафиксированных в последнее десятилетие сейсмических событий имеют очаги на глубинах до 10 км.

#### **Замкнутая автоматизированная система мониторинга состояния**

С учетом представленной методологии и разработанного алгоритмического, математического и интеллектуального обеспечения составлена схема (рис. 3) автоматизированной системы мониторинга состояния ПТО, содержащая в прямой цепи, кроме группы однородных техногенных объектов, службу технического надзора и диагностики, а также устройство для выполнения операций по неразрушающему контролю [3]. Цепь отрицательной обратной связи, замыкающая автоматизированную систему, составлена из базы знаний и программного комплекса, выполняющего в автоматизированном режиме операции по нахождению оптимальных агрегированных моделей, выявлению по результатам аналитической идентификации в текущее и прогнозное время потенциально опасных агрегатов и формирование мониторинговой информации.

Замкнутая автоматизированная система мониторинга состояния ПТО состоит из следующих блоков:

1 – база знаний о повреждениях и аналитических моделях изменения состояния в символьном виде;

- 2 – построение и нахождение оптимальных агрегированных моделей;
- 3 – выявление по результатам аналитической идентификации потенциально опасных агрегатов;
- 4 – выявление по результатам прогнозирования потенциально опасных агрегатов в прогнозное время;
- 5 – формирование мониторинговой информации на момент последнего диагностирования для восстановления потенциально-опасных агрегатов;
- 6 – формирование мониторинговой информации для восстановления потенциально-опасных агрегатов в прогнозное время;
- 7 – организация, занимающаяся техническим обслуживанием и ремонтом техногенных объектов;
- 8 – группа однородных техногенных объектов;
- 9 – устройство для выполнения операций по неразрушающему контролю в автоматизированном режиме.

Основные информационные векторы, отмеченные на схеме, многокомпонентные. Ниже дается их расшифровка:

$Q_0(H_{кр}, h_{кр}, a_{кр}, L_{кр}, D_{кр})$  – вектор с информацией о критических или опасных повреждениях, подлежащих вырезке эксплуатирующей организацией или требующих отдельного контроля. Здесь,  $H_{кр}$ ,  $h_{кр}$ ,  $a_{кр}$ ,  $L_{кр}$ ,  $D_{кр}$  – критические толщины стенки в районах повреждений, критические глубины и длины повреждений, а также местоположение и количество критических повреждений;

$Q_1(H^*, h^*, a^*, L^*, D^*)$  – вектор с той же информацией о повреждениях за исключением критических;

$Q_2(S_{хорт}, S_{уорт}, L, D)$  – вектор с информацией о входных и выходных агрегированных моделях для каждого участка, также их местоположении и количестве;

$Q_3(S_{ор}, L_{ор}, D_{ор})$  – вектор с информацией о потенциально опасных участках в исследуемом ПТО после проведения аналитической идентификации, в частности, величине состояния  $S_{ор}$ , местоположении  $L_{ор}$  и количестве  $D_{ор}$ ;

$Q_4(S_{ор_}, L_{ор_}, D_{ор_})$  – вектор с информацией о потенциально опасных участках в исследуемом ПТО после прогнозирования, в частности, величине состояния  $S_{ор_}$ , местоположении  $L_{ор_}$  и количестве  $D_{ор_}$ ;

$Q_5(S_{v\_}, L_{v\_}, D_{v\_})$  – вектор с информацией о вариантах восстановления состояния потенциально опасных участков в исследуемом ПТО после проведения аналитической идентификации, в частности, величине состояния  $S_{v\_}$  до и после восстановления, местоположении  $L_{v\_}$  предназначенных для восстановления повреждений и их количестве  $D_{v\_}$ ;

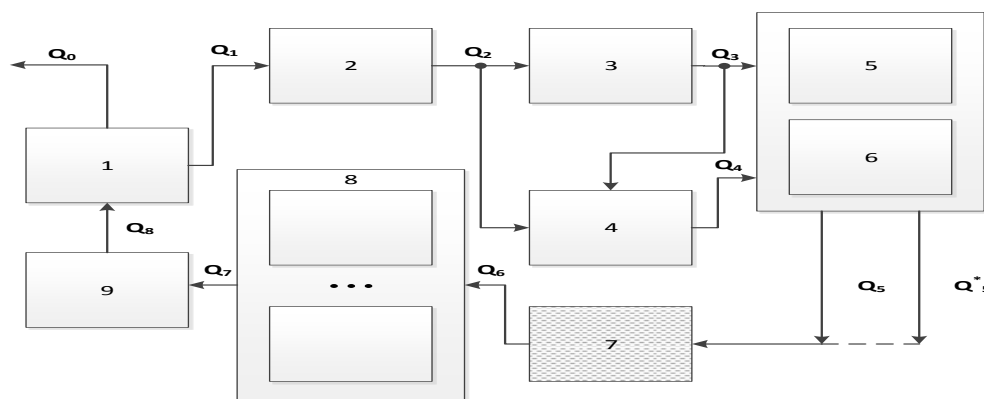


Рис. 3. Функциональная схема замкнутой автоматизированной системы мониторинга состояния природно-техногенных объектов.

$Q_6(S_{v\_}, L_{v\_}, D_{v\_})$  – вектор с информацией о вариантах восстановления состояния потенциально опасных участков в исследуемом ПТО после проведения прогнозирования, в частности, величине состояния  $S_{v\_}$  до и после восстановления, местоположении  $L_{v\_}$  предназначенных для восстановления повреждений и их количестве  $D_{v\_}$ ;

$Q_7(S_0, L_0, D_0)$  – вектор с информацией об оставшихся без восстановления потенциально опасных участках в исследуемом ПТО в связи с ограниченными возможностями эксплуатирующей организации, в частности, величине состояния  $S_0$ , местоположении  $L_0$  и их количестве  $D_0$ ;

$Q_8(H_r, h_r, a_r, b_r, L_r, D_r)$  – вектор с информацией о всех распознанных в результате неразрушающего контроля повреждениях внешней и внутренней поверхности металлической оболочки ПТО и их параметрах, включающих толщину стенки  $H_r$  в районе каждого повреждения, глубину  $h_r$ , длину  $a_r$ , ширину  $b_r$ , месторасположение  $L_r$ , а также их количестве  $D_r$ .

$Q_9$  – вектор, поступающий на второй вход блока 7 и несущий информацию о нормативно-технических требованиях (на схеме не показан).

В целом автоматизированная система мониторинга состояния ПТО представляет собой более совершенную замкнутую систему, в которой блоки 7, 8 и 9 образуют прямую цепь, а блоки 1 – 6 составляют цепь обратной связи.

зи. В целом, сформированная информация на выходе блоков 5 и 6 (вектора  $Q_5$  и  $Q_5^*$ ) позволяет корректировать организацию, содержание и стратегию диагностирования, а также технического обслуживания и ремонта, тем самым существенно повысить эффективность функционирования природно-техногенных объектов.

### **Заключение**

Анализ опубликованных сведений по мониторингу состояния объектов, сбору данных, моделированию и идентификации, управлению технологическими процессами с сосредоточенными и распределенными параметрами, Data Mining, а также патентный анализ позволяет уверенно констатировать значительную актуальность проблемы.

Предложенная декомпозиция проблемы на три этапа оптимальна, причем наиболее трудоемкий, требующий значительных информационных ресурсов – второй этап позволяет получить аппроксимирующие зависимости корреляционных функций изменения состояния техногенных объектов и решить модифицированное интегральное уравнение Винера-Хопфа с нахождением соответствующих моделей изменения состояния в символьном виде.

Использованные в исследовании агрегированные модели состояния по объективным причинам значительно информативнее локальных моделей, а также обладают рядом эмерджентных свойств, из которых в первую очередь следует выделить сглаживающий эффект, позволяющий применять линейный математический аппарат в виде обыкновенных дифференциальных уравнений.

Полученные в исследовании модели процессов изменения состояния и их интенсивностей апробированы на целом ряде ПТО и, как установлено, с достаточной точностью отражают различные механизмы их повреждения.

Регистрация сейсмических событий в недрах разрабатываемых месторождений углеводородов сложная проблема, требующая установки локальных и телесеизмических датчиков и построения автоматизированной геоинформационной системы на их основе. Разработанная система, состоящая из сети сейсмических станций «Нефтегаз-сеймика» и информационной подсистемы «ГИС - Недропользование», позволяет решить проблему на достаточно высоком научном и практическом уровнях.

Девять основных информационных векторов позволяют замкнуть ав-

томатизированную систему мониторинга техногенных объектов, а информационное наполнение векторов позволяет проследить интеллектуальное преобразование информации для реализации эффективного мониторинга состояния объектов природно-техногенного характера. Разработанная технология апробирована также при мониторинге геодинамической активности недр разрабатываемого месторождения углеводородов [14].

#### **ЛИТЕРАТУРА**

1. Алиев Р.А., Абдикеев Н.М., Шахназаров М.М. Производственные системы с искусственным интеллектом. М.: Радио и связь, 1990. 264 с.
2. Владов Ю.Р., Кушнарченко В.М., Владова А.Ю., Степанов Е.П. и др. Идентификация технического состояния теплоэнергетического оборудования. Оренбург: ГОУ ОГУ, 2004. 200 с.
3. Владов Ю.Р., Владова А. Ю. Построение и моделирование систем интеллектуального управления состоянием техногенных объектов. Оренбург: ООО ИПК "Университет", 2013. 243 с.
4. Владов Ю. Р. Систематизация математических моделей при аналитической идентификации технического состояния промышленных объектов. Вестник Самарского государственного технического университета. Серия: Технические науки. 2005. 33: 14-19.
5. Васильев С.Н., Жерлов А.К., Федосов Е.А., Федунев Б.Е. Интеллектуальное управление динамическими системами. М.: Физматлит, 2000. 352 с.
6. Нестеренко М.Ю., Цвяк А.В., Владов Ю.Р. Влияние переотраженного сигнала на точность глобальных навигационных систем в области мониторинга деформаций земной поверхности на разрабатываемых месторождениях углеводородов. Успехи современного естествознания. 2016. 9: 143-147.
7. Основы управления технологическими процессами / Под ред. Н. С. Райбмана. М.: Наука, 1978. 440 с.
8. Эйкхофф П. Оценивание параметров и состояния. М.: Мир, 1975. 683 с.
9. Пащенко Ф. Ф. Введение в состоятельные методы моделирования систем. Ч. 2. Идентификация нелинейных систем. М.: Финансы и Статистика, 2007. 288 с.
10. Райбман Н.С., Чадеев В.М. Построение моделей процессов производства. М.: Энергия, 1975. 376 с.
11. Рапопорт Э.Я. Анализ и синтез систем автоматического управления с распределенными параметрами. М.: Высш. шк., 2005. 291 с.
12. Растринин Л.А. Современные принципы управления сложными объектами. М.: Сов. радио, 1980. 232 с.
13. Рей У. Методы управления технологическими процессами. М.: Мир, 1983. 368 с.
14. Нестеренко М.Ю., Нестеренко Ю.М., Владов Ю.Р., Владова А.Ю. Способ определения геодинамической активности недр разрабатываемого месторождения углеводородов. Патент RU 2575469. Бюл. 2016. №5.

*Поступила 15.09.2017*

*(Контактная информация: Владов Юрий Рафаилович - д.т.н., профессор, заведующий лабораторией технологий управления природопользованием Отдела геоэкологии ОНЦ УрО РАН; адрес: 460014, г. Оренбург, ул. Набережная 29; тел. 8 (3532) 77-56- 70. факс 8 (3532) 77-06-60; e-mail: geocol-onc@mail.ru).*

1. Aliev R.A., Abdikeev N.M., Shahnazarov M.M. Proizvodstvennyye sistemy s iskusstvennym intellektom. M.: Radio i svjaz', 1990. 264 s.
2. Vladov Ju.R., Kushnarenko V.M., Vladova A.Ju., Stepanov E.P. i dr. Identifikacija tehničeskogo sostojanija teplojenergetičeskogo oborudovanija. Orenburg: GOU OGU, 2004. 200 s.
3. Vladov Ju.R., Vladova A. Ju. Postroenie i modelirovanie sistem intellektual'nogo upravlenija sostojaniem tehnogennyh ob#ektov. Orenburg: OOO IPK "Universitet", 2013. 243 s.
4. Vladov Ju. R. Cistematizacija matematičeskikh modelej pri analitičeskoj identifikacii tehničeskogo sostojanija promyšlennyh ob#ektov. Vestnik Samarskogo gosudarstvennogo tehničeskogo universiteta. Serija: Tehničeskie nauki. 2005. 33: 14-19.
5. Vasil'ev S.N., Zherlov A.K., Fedosov E.A., Fedunov B.E. Intellektual'noe upravlenie dinamičeskimi sistemami. M.: Fizmatlit, 2000. 352 s.
6. Nesterenko M.Ju., Cvjak A.V., Vladov Ju.R. Vlijanie pereotrazhennogo signala na točnost' global'nyh navigacionnyh sistem v oblasti monitoringa deformacij zemnoj poverhnosti na razrabatyvaemyh mestorozhdenijah uglevodorodov. Uspehi sovremennogo estestvoznanija. 2016. 9: 143-147.
7. Osnovy upravlenija tehnologičeskimi processami / Pod red. N. S. Rajbmana. M.: Nauka, 1978. 440 s.
8. Jejkhoff P. Ocenivanie parametrov i sostojanija. M.: Mir, 1975. 683 s.
9. Pashhenko F. F. Vvedenie v sostojatel'nye metody modelirovanija sistem. Ch. 2. Identifikacija nelinejnyh sistem. M.: Finansy i Statistika, 2007. 288 s.
10. Rajbman N.S., Chadeev V.M. Postroenie modelej processov proizvodstva. M.: Jenergija, 1975. 376 s.
11. Rapoport Je.Ja. Analiz i sintez sistem avtomatičeskogo upravlenija s raspredeľennymi parametrami. Moskva : Vyssh. shk., 2005. 291 s.
12. Rastrigin L.A. Sovremennye principy upravlenija slozhnymi ob#ektami. M.: Sov. radio, 1980. 232 s.
13. Rej U. Metody upravlenija tehnologičeskimi processami. M.: Mir, 1983. 368 s.
14. Nesterenko M.Ju., Nesterenko Ju.M., Vladov Ju.R., Vladova A.Ju. Sposob opredelenija geodinamičeskoj aktivnosti neдр razrabatyvaemogo mestorozhdenija uglevodorodov. Patent RU 2575469. Bjul. 2016. №5.

**Образец ссылки на статью:**

Владов Ю.Р., Нестеренко М.Ю., Влацкий В.В. Мониторинг состояния природно-техногенных объектов с замкнутой автоматизированной системой. Бюллетень Оренбургского научного центра УрО РАН. 2017. 3: 12с. [Электронный ресурс] (URL: <http://elmag.uran.ru:9673/magazine/Numbers/2017-3/Articles/VYR-2017-3.pdf>).