

УДК 004.9

В.А. Емельянов

Севастопольский институт банковского дела, Севастополь, Украина

## РАСПРЕДЕЛЕННАЯ МУЛЬТИАГЕНТНАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ТЕХНИЧЕСКОЙ ДИАГНОСТИКИ ФУТЕРОВАННОГО ОБОРУДОВАНИЯ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

*Обоснована необходимость разработки распределенной системы технической диагностики футерованного оборудования. Предложен мультиагентный подход к организации распределенной системы диагностики футерованного оборудования, который позволяет повысить оперативность диагностики. Разработана архитектура распределенной мультиагентной системы диагностики футерованного оборудования, с размещением ее компонентов по всей структуре металлургического предприятия.*

**Ключевые слова:** мультиагентный подход, распределенная система, техническая диагностика, футерованное оборудование, металлургическое предприятие.

### Введение

Современный этап развития производства сопровождается интенсивным внедрением новых информационных технологий, предназначенных для автоматизации и интеллектуализации различных технологических процессов. Например, на металлургических предприятиях таковыми являются процессы технической диагностики и мониторинга на всех стадиях производственного цикла. Особое внимание заслуживает диагностика и мониторинг футерованных объектов и оборудования (ФО), предназначенных для доставки жидких чугуна и стали в доменный, конвертерный, сталеплавильный и другие цеха. К таким объектам относятся передвижные миксеры для транспортировки чугуна, ковши для перевозки стали, ковши для перевозки чугуна и др. Данное металлургическое оборудование используется во всех странах мира, где существует металлургическая отрасль (Германия, Бразилия, Китай, Индия, Россия, Украина и др.) [1]. Высокие температуры, влиянию которых подвергается данное металлургическое оборудование, вызывают риск его разрушения, приводящий к многомиллионному материальному ущербу предприятия и человеческим жертвам [1 – 3].

Созданием систем автоматизации и интеллектуализации технологических процессов на металлургических предприятиях занимаются как отечественные организации и компании: НТЦ «Прибор», ПАО «Металлургавтоматика», Datasolution, ИНФОКОМ ЛТД, ЦНИИКА, так и зарубежные компании: Rockwell Automation, Inc. (США), Siemens VAI (Австрия), POSCO ICT (Южная Корея), New Metallurgy Hi-Tech Group (Китай) и др. Рассматриваемые организации создали и внедрили ряд информационных систем по автоматизации технологических процессов на различных предприятиях мира и стран СНГ: Украина, Россия, Германия, Индия и др [1, 3]. Однако в существующих автоматизированных системах практически отсутствует возможность мониторинга и технической диагностики рассматриваемого ФО, о чем свидетельствует анализ источников [3 – 5].

Таким образом, проведение научных исследований посвященных разработке теоретических и реализационных основ создания информационных систем для процесса технической диагностики ФО, позволяющих повысить эффективность управления их эксплуатацией, является актуальной.

**Целью статьи** является разработка модели распределенной информационной системы для процесса технической диагностики ФО, позволяющей осуществлять ее реальное размещение и масштабирование во время технической диагностики ФО по всей структуре металлургического предприятия.

### Модель распределенной мультиагентной системы диагностики футерованного оборудования

Учитывая современные тенденции развития средств автоматизации, компьютерных систем и сетей, в частности для решения задач управления технологическими процессами, реализация распределенной системы технической диагностики ФО, в условиях промышленного производства, должна соответствовать следующим требованиям:

1. Оперативность, т.к. в данное время существует необходимость выявления дефектов ФО в максимально короткие сроки.

2. Масштабируемость и расширяемость – требование, выполнение которого позволит добавлять отдельные узлы в систему и распределять ресурсы системы по назначению предприятия.

3. Возможность создания отчетов по на всех стадиях процесса технической диагностики ФО.

4. Интеллектуальный анализ данных для обеспечения экспертных выводов о техническом состоянии ФО и дальнейшем его использовании.

В данном контексте одной из основных задач является построение модели высокопроизводительной системы, обеспечивающей автоматизацию процессов предварительной обработки данных, что подразумевает разработку модели соответствующей автоматизированной системы управления данными процессами диагностики. Зачастую процесс предварительной обработки данных представляет собой вычисление значений параметров «верхнего уровня» на основании массивов данных получаемых от технических устройств. Тогда автоматизация пред-

варительной обработки данных может быть достигнута за счет построения мультиагентной системы, элементы которой осуществляют исчисление значений параметров на основе иерархических структур.

Для обеспечения вышесказанных требований рекомендуется использовать систему в распределенном варианте, размещение элементов которой показано на рис. 1.

Как видно из рис. 1 в предлагаемой модели ключевую роль играют агенты, предназначенные для обнаружения дефектов во время диагностики ФО.

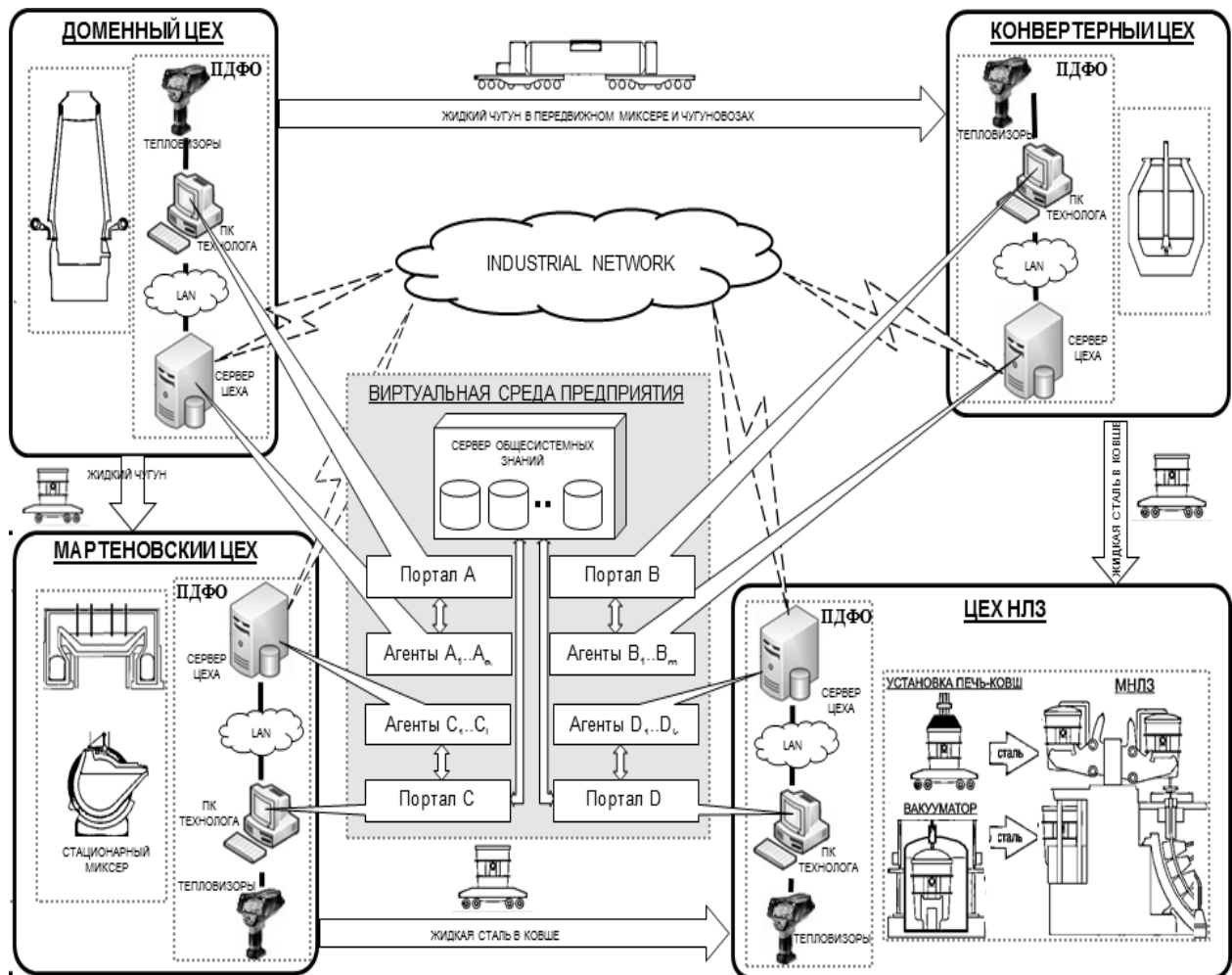


Рис. 1. Размещение элементов распределенной системы технической диагностики ФО по структуре металлургического предприятия

Для предложенного варианта распределенной системы поддержки принятия решений при диагностике футерованных объектов задается и реализуется отображение:

$$\Psi : S \rightarrow D, \quad (1)$$

где  $D = \{d_i\}_{i=1}^{N_D}$  и  $S = \{s_k\}_{k=1}^{N_S}$  определяют соответственно множества дефектов и симптомов футерованных объектов и оборудования:

- d1 – прогар участка футеровки 1 уровня;
- d2 – прогар участка футеровки 2 уровня;

- d3 – прогар участка футеровки 3 уровня;
- d4 – прогар участка футеровки 4 уровня;
- d5 – прогар участка футеровки 5 уровня;
- d6 – дефект футерования 1 уровня;
- d7 – дефект футерования 2 уровня;
- d8 – налипание.

Данное отображение представляется в виде набора продуктов, отражающих причинно-следственные отношения связи наблюдаемых симптомов и порождающих их дефектов:

$$\text{IF } s_1 \text{ is true AND } s_2 \text{ is true THEN } d_2 \text{ is true.}$$

Такое отображение удобно для формализации опыта технолога, специализирующегося на диагностике ФО.

В данной работе предлагается дополнить данную систему диагностики множеством агентов, ответственных за симптомы каждого вида футерованного оборудования в отдельности. Агентное представление позволяет выдвигать гипотезы о возможных дефектах (прогарах футеровки и т.д.) не только после получения информации о симптомах (температуре корпуса и т.д.), но и на начальной стадии изменений, когда нет полной уверенности в развитии или появлении симптома.

Введем в отображение (1) множество распределенных агентов диагностики.

Пусть задано множество агентов  $AGENTS = \{agent_j\}_{j=1}^{N_{AGENTS}}$ ,  $N_{AGENTS} \leq N_D$  с отображением:

$$\zeta : AGENTS \rightarrow D, \quad (2)$$

которое удовлетворяет условиям

$$\zeta(AGENTS) = D;$$

$$\forall j, t \neq j \in N_{AGENTS} \quad \zeta(agent_j) \neq \zeta(agent_t);$$

$$\forall j, t \neq j \in N_D \quad \zeta^{-1}(d_j) \neq \zeta^{-1}(d_t).$$

Это говорит о том, что каждый агент становится ответственным за дефекты одного типа футерованных объектов, а один дефект конкретного типа ФО распознается только одним агентом. При этом распределение множества  $D$  по агентам  $A$  возлагается на технолога занимающегося диагностикой ФО.

Сформулируем диагностическую гипотезу в виде логического выражения в конъюнктивной нормальной форме:

$$\sigma = \bigvee_{j=1}^{DIZ(S_0)} \left( \bigwedge_{t \in C_j(S_0)} d_t \right), \quad (3)$$

где  $S_0 \subseteq S$  является подмножеством симптомов, наблюдаемых системой агентов.

$DIZ(S_0)$  – количество дизъюнкций;

$C_j(S_0)$  – множество индексов  $j$ -й конъюнкции

Далее задача оптимизации формулируется как:

$$\text{card}(D_0 \in D \mid \sigma(D_0) = \text{true}) \rightarrow \min, \quad (4)$$

что означает нахождение минимального подмножества дефектов (прогаров)  $D_0 \subset D$ , для которых представленная диагностическая гипотеза (3) будет истинной при симптомах  $S_0$ .

Ключевая идея применения коалиционной логики в мультиагентной диагностике дефектов заключается в том, что каждый агент должен проверить множество дефектов, определяемых ото-

бражением (2) для обеспечения истинности выражения (3). В данной работе предполагается, что все дефекты равновероятны, независимы и равнозначны. Пусть:

$$D_C = \{D_{\text{real}}, D_{\text{unreal}}, D_{\text{rest}}\}, \quad (5)$$

где  $D_{\text{real}}$  – множество дефектов, действительно имеющих место, подтвердившихся проверкой соответствующим агентом и приводящих к наблюдаемым симптомам  $S_0$ ;

$D_{\text{unreal}}$  – множество дефектов, проверенных агентами, но не подтвердившихся;

$D_{\text{rest}}$  – оставшееся множество дефектов, не проверенных агентами, но способных быть причиной симптомов  $S_0$ .

Если время для проверки одного дефекта равно  $t_d$ , то максимальное время, затраченное на проверку, равно:

$$T_S = t_d \cdot \text{card}(D_{\text{real}} \cup D_{\text{unreal}}). \quad (6)$$

При распараллеливании процесса проверки дефектов за счет мультиагентного подхода общее время  $T_{MA}$ :

$$T_{MA} \leq T_S. \quad (7)$$

В худшем случае  $T_{MA} = T_S$ , если

$$T_{MA} = t_f \cdot \max_{i=1, \dots, N_{AGENTS}} \text{card}(AGENTSf_i)$$

и существует

$$AGENTSf_i = \{D_{\text{real}} \cup D_{\text{unreal}}\}.$$

Минимальное время диагностики ФО при мультиагентном подходе будет обеспечено при совпадении количества дефектов с количеством агентов, обрабатывающих эти дефекты, что определяется как:

$$T_{MA} = t_f. \quad (8)$$

Таким образом, время затрачиваемое на диагностику ФО будет определяться как:

$$t_f \leq T_{MA} \leq T_S. \quad (9)$$

Главным преимуществом предложенной системы диагностики ФО, основанной на мультиагентном подходе, является возможность одновременного, т.е. параллельного обнаружения дефектов ФО, что позволяет значительно повысить оперативность процесса технической диагностики ФО.

## Выводы

Таким образом, в статье предлагается модель распределенной системы технической диагностики футерованных объектов, которая за счет использования мультиагентного подхода позволяет осуществлять параллельное обнаружение дефектов футерованных объектов, что повышает оперативность рассматриваемого процесса диагностики.

## Список литературы

1. Модернизация и комплексное оснащение современным оборудованием предприятий металлургии / Г.С. Суков, Ю.Н. Белобров, Н.Н. Попов, В.А. Дзержинский // Металлургия: Тенденции развития. – 2008. – № 03. – С. 4-7.
2. Бигус Г. Техническая диагностика опасных производственных объектов / Г. Бигус, Ю. Даниев. – Наука, 2010. – 418 с.
3. Костюков А.В. Повышение операционной эффективности предприятий на основе мониторинга в реальном времени / А.В. Костюков, В.Н. Костюков. – М.: Машиностроение, 2009. – 192 с.
4. Сафарбаков А.М. Основы технической диагностики деталей и оборудования / А.М. Сафарбаков,

А.В. Лукьянов, С.В. Пахомов. – Иркутск: ИрГУПС, 2007. – 110 с.

5. Емельянов В.А. Интеллектуальная компьютерная система диагностики технического состояния передвижных миксеров на основе обработки визуальной информации / В.А. Емельянов, Н.Ю. Емельянов // Радиоэлектронні і комп'ютерні системи. – Х.: НАКУ «ХАІ», 2013. – № 3. – С. 73-80.

Поступила в редколлегию 10.10.2014

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. В. С. Харченко, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ». Харьков.

## РОЗПОДІЛЕНА МУЛЬТИАГЕНТНА СИСТЕМА ДЛЯ ТЕХНІЧНОЇ ДІАГНОСТИКИ ФУТЕРОВАНОГО ОБЛАДНАННЯ МЕТАЛУРГІЙНОГО ПІДПРИЄМСТВА

В.О. Ємельянов

Обґрунтовано необхідність розробки розподіленої системи технічної діагностики футерованого обладнання. Запропоновано мультиагентний підхід до організації розподіленої системи діагностики футерованого обладнання, який дозволяє підвищити оперативність діагностики. Розроблена архітектура розподіленої мультиагентної системи діагностики футерованого обладнання, з розміщенням її компонентів по усій структурі металургійного підприємства.

**Ключові слова:** мультиагентний підхід, розподілена система, технічна діагностика, футероване обладнання, металургійне підприємство.

## DISTRIBUTED MULTIAGENT SYSTEM FOR DIAGNOSING THE LINING EQUIPMENT OF THE IRON&STEEL WORKS

V.A. Iemeljanov

The necessity to develop of the distributed system for diagnosing of the lining equipment is reasonable. The multiagent approach to organize of the distributed system for diagnosing of the lining equipment has been proposed, which allows to promote the diagnostics operationability. The architecture of the distributed multiagent system for diagnosing of the lining equipment, with placing of its components on all structure of the iron and steel work, has been developed.

**Keywords:** multiagent approach, distributed system, technical diagnostics, lining equipment, iron&steel work.