

ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ, СИСТЕМНИЙ АНАЛІЗ ТА КЕРУВАННЯ

УДК 681.516:65.011.56

М.А. Алексеев, канд. техн. наук, проф.,
Е.И. Сироткина

Государственное высшее учебное заведение „Национальный
горный университет“, г. Днепропетровск, Украина,
e-mail: AlekseevM@nmu.org.ua

МЕТОДИКА ДИАГНОСТИКИ ПРИЕМО-ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ В SCADA СИСТЕМАХ НА ОСНОВЕ ПРИМЕНЕНИЯ ГРАФА СОСТОЯНИЙ СЕАНСОВ СВЯЗИ В РЕЖИМЕ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ

М.А. Alekseyev, Cand. (Tech.) Sc., Prof.,
Ye.I. Sirotkina

State Higher Educational Institution “National Mining
University”, Dnipropetrovsk, Ukraine,
e-mail: AlekseevM@nmu.org.ua

TESTING METHOD OF DATA TRANSMISSION BASED ON GENERATION OF THE STATE GRAPH FOR COMMUNICATION SESSIONS OF SCADA IN REAL TIME

Разработаны математическая модель процесса приема-передачи данных и методика диагностики сеансов связи в SCADA системах ответственного назначения. Математическая модель разработана на основе применения графа состояний приема-передачи данных в режиме реального времени, с учетом временных ограничений и условий принудительного завершения сеансов связи. Разработанная методика может применяться при автоматическом приеме-передаче данных от удаленных контролируемых объектов в SCADA системах с использованием арендованных каналов связи в условиях ограничений трафика.

Ключевые слова: математическая модель, SCADA система, прием-передача данных, граф состояний

Введение. В настоящее время актуальной является проблема создания высоконадежных распределенных информационных и информационно-управляющих систем ответственного назначения. К такому классу систем относятся SCADA системы реального времени, применяемые в энергетике и промышленности [1]. При этом особенно важно обеспечение надежности и стабильности работы таких систем, которые построены по принципу распределенной многоуровневой иерархии и обеспечивают контроль и управление объектами на значительных расстояниях. Так, например, это системы контроля и управления нефте- и газопроводами [2], транспортные системы, системы управления в горнодобывающей отрасли, системы электро- [3], тепло- и водоснабжения [4], системы автоматического мониторинга состояния окружающей среды [5] и другие.

Анализ существующих решений. Для создания указанных выше SCADA систем широко применяются многочисленные инструментальные средства, предназначенные для автоматизированного проектирования в

области информационных технологий, включая разработку и внедрение АСУ и АСУТП в различных отраслях промышленности. Это, например, такие известные SCADA системы, как Wonderware InTouch HMI, компании Invensys [5], WinCC фирмы Siemens [6], Genesis32 фирмы Iconics [7], iFIX фирмы General Electric [8], ТРЕЙС МОУД, компании AdAstrA Research Group, Ltd. [9], ПТК КОНТАР, ОАО „Московский завод тепловой автоматики“ [10] и другие.

В процессе проектирования SCADA систем, перечисленные выше инструментальные средства, а также аппаратно-программные комплексы от других разработчиков, различными способами решают задачу организации автоматического сбора данных от удаленных контролируемых объектов. Так, например, указанные выше SCADA системы используют, как правило, последовательный опрос удаленных системобразующих узлов с применением различных каналов связи, включая среду передачи данных (например, Интернет, радиосети, локальные вычислительные сети, сотовую связь, в том числе сервис SMS и др.), и соответствующую каналобразующую аппаратуру.

Однако при организации сбора данных от удаленных объектов на основе простого последова-

тельного циклического опроса, в условиях ограниченных возможностей каналов связи по трафику и времени использования каналов связи, возникают проблемы как с приемо-передачей данных между удаленными узлами системы, так и с функционированием SCADA системы в режиме реального времени, связанным с актуальностью принимаемой и обрабатываемой информации.

Заслуживают внимания некоторые технические решения, применение которых может рассматриваться как попытка компромисса между обеспечением приема-передачи данных в полном объеме в режиме реального времени с одной стороны, и отмеченных выше ограничений, накладываемых данной задачей при использовании реальных каналов связи с удаленными объектами с другой стороны.

Так, например [11], предлагается передавать информацию в виде случайно распределенных во времени коротких посылок, то есть, инициатором сеанса связи является удаленное устройство – КП телемеханики. При этом, в случае коллизии, то есть случайного наложения посылок от двух или нескольких КП на входе приемного устройства, декодер системы распознает ошибку и такой сеанс связи „бракуется“. Другое решение [12] предполагает введение компромисса приоритетов между более значимыми и менее значимыми видами информации. В процессе приема-передачи данных различные виды информации (например, оперативно-технологическая, учетная и пр.) имеют различный приоритет.

Другие источники [13], [14], [15] отмечают важность не только функциональности SCADA систем ответственного назначения, но и указывают на необходимость обеспечения их высокой надежности и отказоустойчивости.

Соблюдение требований к современным SCADA системам, перечисленных в указанных источниках, предполагает наличие специализированных методик и алгоритмов, обеспечивающих постоянный контроль работоспособности не только каждого системобразующего узла в составе многоуровневой иерархической структуры таких систем, но и постоянную диагностику одной из важнейших составных частей любой информационно-управляющей системы – подсистемы приема-передачи данных от удаленных объектов.

Необходимо обратить внимание, что методология диагностики состояния подсистемы приема-передачи данных предполагает получение в режиме реального времени интегральной оценки таких параметров состояния данной подсистемы, которые однозначно характеризуют весь процесс обмена данными между удаленными узлами системы с одной стороны и позволяют оптимизировать управление сеансами связи в SCADA системах с другой.

Поставленная задача во многих известных SCADA системах не решена в достаточном объеме, который продиктован современными требованиями к системам ответственного назначения, для которых критичны как обеспечение работы в автоматическом

необслуживаемом режиме реального времени, так и полнота и своевременность сбора данных от удаленных объектов в условиях ограничений, накладываемых реальными каналами связи.

Постановка задачи. Целевой функцией при автоматической приемо-передаче данных в распределенных SCADA системах ответственного назначения, работающих в круглосуточном необслуживаемом режиме реального времени, является обеспечение полного сбора данных от удаленных объектов с минимизацией длительности сеансов связи в условиях ограничения трафика.

Длительность сеанса связи между двумя определенными узлами системы зависит от многих причин, в том числе:

- пропускной способности канала передачи данных (в том числе, скорости передачи данных и объема информации);
- качества передачи данных (включая количество повторных запросов в течение сеанса связи на прием информации до получения корректных данных в полном объеме);
- принятых для протоколов обмена данными таймаутов ожидания при отсутствии передачи данных,

Для множества сеансов связи S примем следующие определения:

- сеанс связи считается нормально завершенным SN , если в процессе приемо-передачи информации корректные и в полном объеме ответы были получены в пределах, задаваемых протоколом обмена, таймаутов ожидания ответа t_n , с первого раза (т.е. без повторных запросов на получение данных);

- сеанс связи считается досрочно завершенным SB , если произошел обрыв связи между узлами до получения корректных данных в полном объеме.

Если пропускная способность канала передачи данных или качество передачи неудовлетворительное и требуются повторные запросы на передачу данных в течение сеанса связи, то такой сеанс связи считается удлинненным SL .

$$S = SN \cup SB \cup SL.$$

В условиях достижения полноты принимаемых данных и минимизации интенсивности и длительности сеансов связи, в пределах задаваемого трафика при автоматическом круглосуточном приеме-передаче данных в распределенных SCADA системах, возникает необходимость принятия решения в автоматическом режиме о продолжении или принудительном завершении каждого удлинненного сеанса связи.

В данной статье описывается методика автоматической диагностики приемо-передачи данных и задание условий принудительного завершения удлинненных сеансов связи для принятия системой решения об оптимальном управлении интенсивностью и длительностью сеансов связи с целью гарантированного автоматического сбора данных от удаленных контролируемых объектов в SCADA системе в режиме реального времени.

Описание методики диагностики. Диагностика приемо-передачи данных включает в себя следующие функции:

- диагностика состояния канала передачи данных в режиме реального времени;
- диагностика текущего состояния сеанса связи в режиме реального времени;
- диагностика текущего состояния удаленного системообразующего узла во время сеанса связи;
- диагностика корректности и полноты принимаемых данных;
- диагностика пропускной способности канала передачи данных за заданный интервал времени;
- автоматический мониторинг затрат времени в процессе приема-передачи данных в круглосуточном автоматическом необслуживаемом режиме реального времени.

На основании полученных диагностических данных выполняется автоматическая коррекция периодичности и длительности сеансов связи с целью полного и своевременного сбора данных в SCADA системе от удаленных объектов в режиме реального времени и гарантированного не превышения заданных временных лимитов использования каналов связи.

Прием-передача данных между узлами SCADA системы базируется на формируемой системой очереди заданий Q . Указанное формирование очереди заданий осуществляется узлом сбора данных верхнего уровня (сервером системы), который осуществляет инициирование сеансов связи с узлами нижнего уровня (контроллерами сбора данных) в режиме реального времени. Задания поступают в очередь с настраиваемой периодичностью для каждого контролируемого объекта. Такая очередь заданий является базовой QB . Согласно сформированной очереди заданий, осуществляются сеансы связи между узлами системы.

Если в результате сеанса связи задание на получение данных не было выполнено, то оно не удаляется из очереди, а ставится в конец очереди заданий согласно принятым для заданий приоритетам. Очередь с дополнительными невыполненными заданиями называется расширенной QE . Система будет пытаться выполнить данное задание снова, когда наступит его очередность. Каждое задание q имеет метку времени формирования и продолжительность нахождения в очереди заданий в случае неудачи предыдущих сеансов связи. После этого задание считается невыполнимым и удаляется из очереди. Таким образом, каждому заданию

$$q \in \{Q\}$$

соответствует ограниченное множество сеансов связи

$$Sq = \{sq_1, sq_2, \dots, sq_j, \dots, sq_N\},$$

где j – порядковый номер сеанса связи для задания q на прием-передачу данных ($j \geq 1$). Множество с минимальным количеством сеансов связи SD_{min} (в случае, если каждому заданию q из очереди заданий QB будет соответствовать по одному нормально завершён-

ному сеансу связи, а досрочно завершённые или удлиненные сеансы связи будут отсутствовать).

Минимальное множество сеансов связи SD_{min} может обеспечить полный сбор данных на определенном в системе интервале времени, называемом шагом дискретизации ΔtD , с минимальным расходом временных ресурсов и трафика.

Шаг дискретизации ΔtD , в свою очередь, делится на два интервала времени:

- „период активности“ ΔtA ;
- „период бездействия“ ΔtP .

$$\Delta tDi = \Delta tAi + \Delta tPi;$$

$$\Delta tAi = tAi - tA0i;$$

$$\Delta tPi = tPi - tP0i,$$

где i – порядковый номер шага дискретизации; $tA0i$, tAi – время начала и окончания „периода активности“ для i шага дискретизации. В этот период времени система осуществляет сеансы связи для очереди заданий данного шага дискретизации; $tP0i$, tPi – время начала и окончания „периода бездействия“ для i шага дискретизации. В этот период времени система не иницирует новые сеансы связи, а завершает активные сеансы связи между узлами.

Для множества сеансов связи S определим соответствующее ему множество длительностей сеансов связи

$$TS = TSN \cup TSB \cup TSL,$$

где TSN – длительность нормально завершённых сеансов связи; TSB – длительность досрочно завершённых сеансов связи; TSL – длительность удлиненных сеансов связи.

Длительность нормально завершённых сеансов связи t_{SN} изменяется в пределах $[t_{SNmin}, t_{SNmax}]$, где t_{SNmin} – минимальная длительность для нормально завершённых сеансов связи, определяемая в зависимости от максимальной скорости передачи данных по каналу связи и объема передаваемой информации; t_{SNmax} – максимальная длительность для нормально завершённых сеансов связи, определяемая в зависимости от таймаутов ожидания ответа для реализуемого в данном сеансе протокола обмена данными.

Будем считать, что сеанс связи s является нормально завершённым

$$s \in \{SN\},$$

если данные получены, сеанс связи завершился, согласно принятому протоколу обмена, и длительность сеанса связи ts удовлетворяет неравенству

$$t_{SNmin} \leq ts \leq t_{SNmax}.$$

Сеанс связи s является досрочно завершённым

$$s \in \{SB\},$$

если сеанс связи завершен по внешним причинам, данные не получены в полном объеме и длительность сеанса связи t_s удовлетворяет неравенству

$$t_s \leq t_{SNmax}.$$

Сеанс связи s является удлиненным

$$s \in \{SL\},$$

если длительность сеанса связи t_s удовлетворяет неравенству

$$t_s > t_{SNmax}.$$

Для множества с минимальным количеством сеансов связи на шаге дискретизации

$$SD_{min} = \{s_1, s_2, \dots, s_N\}$$

и соответствующего ему множества длительностей сеансов связи

$$TSD_{min} = \{ts_1, ts_2, \dots, ts_N\},$$

определим минимальные границы для ΔtA и ΔtP

$$\Delta tA > \Delta tA_{min} = \sum_{i=1}^N ts_i;$$

$$\Delta tP > \Delta tP_{min} = t_{SNmax}.$$

Максимальные границы измерения шага дискретизации ΔtD определяются в зависимости от необходимой для технологического процесса на контролируемом объекте интенсивности приема-передачи данных.

Рассмотрим этапы осуществления приема-передачи данных.

Сеанс связи включает в себя следующие этапы:

- попытка узлом сбора данных верхнего уровня установления соединения с узлом нижнего уровня, расположенным на удаленном контролируемом объекте;
- установление соединения между узлами системы;
- прием-передача данных между узлами системы по принятому между ними протоколу обмена данными, согласно текущему заданию из очереди заданий;
- проверка корректности и полноты принятых данных;
- завершение сеанса связи и разрыв соединения.

Переход к очередному этапу сеанса связи возможен в случае успешного завершения предыдущего этапа. В случае возникновения ошибок или сбоев в течение сеанса связи, для каждого этапа сеанса связи отведены свои временные рамки и число повторных попыток на прохождение данного этапа. Сеанс связи между узлами может быть прерван на любом этапе. Кроме того, сеанс связи характеризуется своим уникальным диагностическим атрибутом – кодом возврата, на основании которого выполняется диагностика приема-передачи данных.

Рассмотрим сеанс связи при приеме-передаче данных в виде графа изменения состояний сеанса связи, представленного на рисунке.

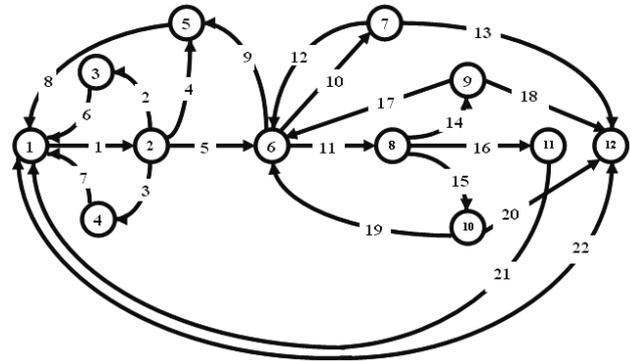


Рис. Граф изменения состояний сеанса связи

Ориентированный взвешенный граф G – это кортеж

$$G = (V, E, \varphi, L, M, K),$$

где V – множество вершин; E – множество дуг; φ – функция инцидентности, сопоставляющая каждой дуге $e \in E$ упорядоченную пару вершин из множества V ; L – множество длин (весов) дуг; M – множество маршрутов прохождения графа; K – множество контуров графа.

Данный граф характеризуется следующими составляющими:

- 1) вершины V – состояния сеанса связи (табл. 1);
- 2) дуги E – переходы состояний сеанса связи (табл. 2);
- 3) длины дуг графа L – изменение кода возврата для сеанса связи при прохождении графа;
- 4) маршруты прохождения графа M – течение сеанса связи;
- 5) длина маршрута $|M|$ – код возврата для сеанса связи;
- 6) контуры K – повторные запросы приема-передачи в течение сеанса связи (табл. 3).

Длина (или вес) дуги – это вещественное число

$$L = (l_1, l_2, \dots, l_{22}).$$

Длина маршрута (или код возврата для сеанса связи) – это сумма длин дуг, входящих в этот маршрут.

По полученному коду возврата, однозначно соответствующему определенному маршруту графа, проводится диагностика сеанса связи.

Маршруты, которые включают в себя контуры, относятся к удлиненным сеансам связи SL .

Во время удлиненных сеансов связи возможно заикливание в контурах графа. Заикливание в контурах графа определяется также на основании вычисления кода возврата.

Таблиця 1

Вершини графа

№ п/п	Вершина	Описание
1	v_1	Нет сеанса связи.
2	v_2	Попытка установления соединения.
3	v_3	Соединение не установлено. Отказ на удаленном объекте.
4	v_4	Соединение не установлено. Отказ канала связи.
5	v_5	Обрыв соединения.
6	v_6	Соединение установлено. Начало приема-передачи информации.
7	v_7	Приема-передачи информации нет. Удаленный объект не отвечает.
8	v_8	Есть прием-передача информации.
9	v_9	Принятая информация недостоверна.
10	v_{10}	Принятая информация достоверна, согласно протоколу обмена, но запрашиваемые данные отсутствуют или приняты не в полном объеме.
11	v_{11}	Информация достоверна. Данные получены. Успешное завершение сеанса связи, согласно протоколу обмена.
12	v_{12}	Неудачное принудительное завершение сеанса связи по инициативе узла верхнего уровня.

Для таких сеансов связи, при наступлении соответствующих условий, необходимо принудительное завершение сеанса связи.

Принудительное завершение сеанса связи (изменение маршрута графа) возможно, когда текущее состояние сеанса связи соответствует вершинам графа: v_7 , v_9 или v_{10} .

Выводы и перспективы дальнейшего развития данного направления. Разработанная методика диагностики состояния сеансов связи при приеме-передаче данных между системообразующими узлами SCADA систем в режиме реального времени позволяет осуществлять оптимальное управление длительностью сеансов связи, что гарантировано обеспечивает полноту приема данных в условиях ограничения графика и лимита времени.

В дальнейшем представляется целесообразным разработать алгоритм оптимального управления сеансами связи в режиме реального времени в SCADA системах. Алгоритм разрабатывается на основе принятия системой решения об управлении длительностью сеансов связи с учетом анализа длины маршрута графа, количества зацикливаний в контурах, контроля текущей и максимально допустимой длительности сеанса связи, а также с учетом количества невыполненных заданий в очереди на данном шаге дискретизации.

Таблиця 2

Дуги графа

№ п/п	Дуга	Вершины дуги
1	e_1	$v_1 \rightarrow v_2$
2	e_2	$v_2 \rightarrow v_3$
3	e_3	$v_2 \rightarrow v_4$
4	e_4	$v_2 \rightarrow v_5$
5	e_5	$v_2 \rightarrow v_6$
6	e_6	$v_3 \rightarrow v_1$
7	e_7	$v_4 \rightarrow v_1$
8	e_8	$v_5 \rightarrow v_1$
9	e_9	$v_6 \rightarrow v_5$
10	e_{10}	$v_6 \rightarrow v_7$
11	e_{11}	$v_6 \rightarrow v_8$
12	e_{12}	$v_7 \rightarrow v_6$
13	e_{13}	$v_7 \rightarrow v_{12}$
14	e_{14}	$v_8 \rightarrow v_9$
15	e_{15}	$v_8 \rightarrow v_{10}$
16	e_{16}	$v_8 \rightarrow v_{11}$
17	e_{17}	$v_9 \rightarrow v_6$
18	e_{18}	$v_9 \rightarrow v_{12}$
19	e_{19}	$v_{10} \rightarrow v_6$
20	e_{20}	$v_{10} \rightarrow v_{12}$
21	e_{21}	$v_{11} \rightarrow v_1$
22	e_{22}	$v_{12} \rightarrow v_1$

Список литературы

1. Krutz. Securing SCADA systems/Ronald – Published by Wiley Publishing, Inc., 2006. – 201p. – ISBN-13: 978-0-7645-9787-9
2. Телемеханика кустов газовых скважин СТН-3000 Техническая информация. [Электронный ресурс]: ЗАО АТЛАНТИКТРАНСПОРТ СИСТЕМА. – 2010. – Режим доступа: URL: <http://www.atgs.ru>.
3. PACIFIC NORTHWEST NATIONAL LABORATORY. UNITED STATES DEPARTMENT OF ENERGY. Metrics for the National SCADA Test Bed Program. PNNL-18031.October 2008. Available to the public from the National Technical Information Service, U.S. Department of Commerce, 5285 Port Royal Rd., Springfield, VA 22161. U.S. Department of Commerce, 5285 Port Royal Rd., Springfield, VA 22161
4. ОАО „АБС ЗЭиМ Автоматизация“. [Электронный ресурс] – Чебоксары, 2010. – Режим доступа: URL: <http://www.zeim.ru>
5. Wonderware HMI/SCADA. [Электронный ресурс] – 2010. – Режим доступа: URL: <http://www.wonderware.com>, <http://global.wonderware.com>
6. SCADA System SIMATIC WinCC.. [Электронный ресурс] – 2010. – Режим доступа: URL: <http://www.automation.siemens.com>
7. GENESIS32 HMI/SCADA Visualization Energy HMI SCADA. [Электронный ресурс] – 2010. – Режим доступа: URL: <http://www.iconics.com>
8. Proficy HMI/SCADA – iFIX 5.1. [Электронный ресурс] – 2010. – Режим доступа: URL: <http://www.ge-ip.com>
9. SCADA система ТРЕЙС МОУД. [Электронный ресурс] – 2010. – Режим доступа: URL: <http://www.adastra.ru>

Таблиця 3

Контур графа

№ п/п	Контур	Маршрут
1	k_1	$v_6, e_{10}, v_7, e_{12}, v_6$
2	k_2	$v_6, e_{11}, v_8, e_{14}, v_9, e_{17}, v_6$
3	k_3	$v_6, e_{11}, v_8, e_{15}, v_{10}, e_{19}, v_6$

10. ПТК КОНТАР. ОАО „Московский завод тепловой автоматики“. [Электронный ресурс] – 2010. – Режим доступа: URL: <http://www.mzta.ru>
11. EXERGIA DIVISION. MICRO TELEMETRY SYSTEMS. [Электронный ресурс] – 2010. – Режим доступа: URL: <http://www.exergia.info>
12. Портнов Е.М. Анализ состояния производства, принципов построения и тенденций развития информационно-управляющих комплексов для АСУ распределенных энергообъектов и производств. [Электронный ресурс]. / Портнов Е.М. – М.: Московский государственный институт электронной техники (технический университет). Совместное научно-производственное предприятие „ПРОМЭКС“ ОАО „ПРОМАВТОМАТИКА“ (г. Житомир). Выставочно-торговый дом „Гранит-микро“, 2010. – Режим доступа: URL: www.vtdgranit.ru
13. Кудлак Б.І. Призначення, структура і основні функції SCADA-систем [Электронный ресурс] / Ожигін М.В.. – ТзОВ „ВОТУМ“. – 2010. – Режим доступа: URL: <http://www.votum.if.ua/uk/publications/scada.htm>
14. Department of the Army, TM 5-601, TECHNICAL MANUAL. Supervisory Control and Data Acquisition (SCADA) Systems for Command, Control, Communications, Computer, Intelligence, Surveillance, and Reconnaissance (C4ISR) Facilities, 21 January 2006. HEADQUARTERS, DEPARTMENT OF THE ARMY.
15. IEEE Std C37.1™-2007. IEEE Standard for SCADA and Automation Systems IEEE 3 Park Avenue New York, NY 10016-5997, USA, 8 May 2008

Розроблено математичну модель процесу прийому-передачі даних і методику діагностики сеансів зв'язку в SCADA системах відповідального призначення. Математична модель розроблена на основі застосування графа стану прийому-передачі даних у режимі реального часу, з урахуванням часових обмежень і умов примусового завершення сеансів зв'язку. Розроблена методика може застосовуватися при автоматичному прийомі-передачі даних від віддалених контрольованих об'єктів у SCADA системах з використанням орендованих каналів зв'язку в умовах обмежень трафіку.

Ключові слова: *математична модель, SCADA система, прийом-передача даних, граф стану*

The mathematical model of the communication process and methods of diagnostics data transfer of SCADA for mission critical applications was developed. A mathematical model is based on generation of the state graph in real time, limited by time constraints and conditions forced the completion of communication sessions. This method for automatic diagnostic transfer data from remote terminal units of SCADA with leased channels communication in the limits restriction of bandwidth may be useful.

Keywords: *mathematical model, SCADA, communication process, data transfer, state graph, real time*

Рекомендовано до публікації докт. техн. наук В.В. Слесаревим. Дата надходження рукопису 15.01.11

УДК 669.184.135: 004.855.5

**Т.А. Желдак, канд. техн. наук,
Н.А. Кучеренко**

Державний вищий навчальний заклад „Національний гірничий університет“, м. Дніпропетровськ, Україна
e-mail: kucherenkonatasha@gmail.com

ВИКОРИСТАННЯ СИСТЕМ САМОНАВЧАННЯ ДЛЯ ІДЕНТИФІКАЦІЇ МАРКИ СТАЛІ В КИСНЕВО-КОНВЕРТЕРНОМУ ВИРОБНИЦТВІ

**T.A. Zheldak, Cand. Sc. (Tech.),
N.A. Kucherenko**

State Higher Educational Institution “National Mining University”,
Dnipropetrovsk, Ukraine, e-mail: kucherenkonatasha@gmail.com

USING OF SELF-TEACHING SYSTEMS FOR STEEL BRAND IDENTIFICATION IN OXYGEN CONVERTER PRODUCTION

Виконано аналіз технологічного процесу виготовлення низьковуглецевої сталі в кисневому конвертері та інформації, відомої до початку продувки. Для класифікації марки сталі обрано систему самонавчання у вигляді двошарової нейронної мережі на основі перцептронів. Виконано експериментальні дослідження з навчання та використання мережі. Зроблено висновки щодо налаштувань мережі та алгоритму її навчання. Сформульовано пропозиції щодо можливого вдосконалення системи.

Ключові слова: *конвертер, розкислення, аналіз, нейронна мережа, самонавчання, класифікація*

Вступ. У сучасних умовах жорсткої конкуренції одним з основних завдань, що стоять перед виробниками чорних металів в Україні, є виплавка сталі найкращої якості з мінімальними витратами. Одним з основних

шляхів вирішення поставленого завдання є підвищення якості керування киснево-конвертерним процесом, а саме ідентифікація невідомих показників цього процесу в реальному масштабі часу, уникаючи безпосередніх вимірювань. Володіння такою інформацією дозволяє покращити оперативність керування конвертерною плав-