



ванням. На основі створеного прототипу можна створити діючу систему екологічного моніторингу навколишнього середовища шляхом підвищення потужності корпусу та виконавчих механізмів, використання додаткових датчиків для вимірювання параметрів середовища. Подальші дослідження будуть спрямовані на розширення функціональних характеристик системи та її автономність для автоматизації прийняття рішень про стан навколишнього середовища.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Доманецька І. М. Концептуальна модель побудови єдиного інформаційного простору для вирішення завдань автоматизованої технології ведення екологічних паспортів територій в рамках державної системи моніторингу довкілля / І. М. Доманецька., О. В. Хроленко // Управління розвитком складних систем, № 4. – Київ : КНУБА, 2010. – С. 40 – 44.
2. Богомолів Ю. С. Нові підходи до автоматизованого створення геоінформаційної бази екологічної інформації / Ю. С. Богомолів, В. Б. Мокін // Інформаційні технології та комп'ютерна інженерія, № 3. – Вінниця : ВНТУ, 2012. – С. 34-37.
3. Іванчишин Д. О. Розробка статичної моделі системи керування мобільним роботом на базі методу Comet / Д. О. Іванчишин, Д. М. Медзятий // Вісник Хмельницького національного університету, № 1. – Хмельницьк : ХНУ, 2013. – С. 108-113.
4. Patrick Lin Autonomous Military Robotics: Risk, Ethics, and Design / Patrick Lin, George Bekey, Keith Abney. – US Department of Navy. – 2008. – 108 p.
5. Робототехника. Терминология / под редакцией Е. П. Попова : Российская академия наук. Комитет научной терминологии в области фундаментальных наук. – М., 2000. – 47 с.
6. Кулешов В.С. Дистанционно управляемые роботы и манипуляторы / В. С. Кулешов, Н. А. Лакота, В. В. Андрюнин и др.; под общ. ред. Е.П. Попова. – М.: Машиностроение, 1986. – 328 с.
7. Ємець М. А. Сучасні системи екологічного моніторингу та ефективність їх функціонування / Ємець М. А. // Екологія і природокористування. Зб. наук. праць ІПМЕ НАН України. – Дніпропетровськ, 2008. – №11. – С. 159-169.

УДК 669.184.244

## АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ КОНВЕРТЕРНОЙ ПЛАВКОЙ

**Е.А. Сергеева**

кандидат технических наук, ассистент кафедры физико-химических основ технологии металлов, Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт», г. Киев, Украина, e-mail: [eka\\_sergeeva@ukr.net](mailto:eka_sergeeva@ukr.net)



**Аннотация.** Приведена реализация принципа управления конвертерным процессом по плавкам положительного опыта. Система реализует статический, динамический и замкнутый режим относительно шихтовки, продувки, корректировки плавки и ее раскисления. Представлена структура автоматизированной системы управления конвертерным процессом, в том числе модели и средства вычислительной техники.

*Ключевые слова:* конвертер, управление, модель, система.

### AUTOMATED CONTROL OF CONVERTER PROCESS SYSTEM

**E.A. Sergeeva**

Ph.D., assistant of the department of physical and chemical principles of Metal Technology, National Technical University of Ukraine "Kyiv Polytechnic Institute", Kiev, Ukraine, e-mail: [eka\\_sergeeva@ukr.net](mailto:eka_sergeeva@ukr.net)

**Abstract.** Shows the implementation of the principle of control of converter smelting process a positive experience. The system implements the static, dynamic, and a closed mode with respect to blending, purging, correcting melting and deoxidation. The structure of the automated control system converter process, including models and computer aids.

*Keywords:* converter, management, model, system.

**Введение.** Среди способов выплавки стали кислородно-конвертерный – один из наиболее сложных по природе и методам управления, особенно оперативному. Управление производится в условиях неполноты информации, потому даже при современном уровне развития техники невозможно совершить прямые измерения основных исходных координат – состава металла, шлака и их температуры.

Конвертерное производство стали характеризуется использованием средств автоматизации и вычислительной техники для управления процессом. Автоматическая система управления обеспечивает нормальную работу при минимальной себестоимости продукции, повышает качество и увеличивает сортамент выплавляемой стали.

**Цель работы.** Целью исследований является разработка принципов унификации создания АСУ конвертерной плавкой, в частности моделей, алгоритмов и технических средств.

**Материал и результаты исследований.** Исследования проведены на конвертерах емкостью 350 т ОАО «Металлургический комбинат „Азовсталь”». В конвертерах переплавлялся передельный чугуны с содержанием (%): кремния 0,4...1,1, марганца 0,3...0,5, серы 0,02...0,04, фосфора 0,02...0,15 и температурой 1250...1450 °С. В завалку загружали металлический лом в количестве 0...30 % от массы чугуна. Жидкий чугун из миксера подавали в 300 т ковшах. В виде шлакообразующих материалов использо-



вали известь в количестве 8...15 % и плавиковый шпат – 0,1...0,5 %. Продувку производили через многосопловые фурмы с количеством сопел 6 – одно центральное, остальные размещены под углом оси сопла к вертикали 15...20 град. Интенсивность подачи кислорода 2,5...3,5 м<sup>3</sup>/(т · мин.). Сортамент марок стали характеризовался содержанием углерода 0,09...0,40 % и температурой выпуска 1620... 1700 °С.

Во время исследований технологическое оборудование было оснащено такими средствами измерения и передачи информации: крановыми электронно-тензометрическими весами для измерения массы лома в совке, чугуна и стали в ковше с точностью 0,5 %; измерительной системой контроля температуры чугуна с точностью 8°С; газоанализаторами отходящих газов и дутья во время продувки системы ФТИАН; расходомерами кислорода дутья с точностью 0,5 %; отходящих газов с точностью 2%; весами для измерения массы сыпучих и раскислителей с точностью 0,2%; измерителями акустической характеристики продувки с точностью 1,5 %; температуры отходящих газов с точностью 10 °С и быстродействием 8 с; давления кислорода до и после отсечного клапана с точностью 0,5 %; измерительными системами контроля химического состава чугуна, металла и шлака с точностью измерения за ДСТУ; положения фурмы с точностью 0,16 калибр., с коррекцией на разгорание футеровки и колебаний массы металлошихты.

Исследования проводились на плавках текущего производства, балансовых и таких, которые проводились со сменой параметров с помощью методов планирования эксперимента. На всех плавках отбирались пробы чугуна, металла и шлака на повалках конвертера и фиксировались исходные параметры процесса, также часть измерений выполняли погружным зондом без приостановления продувки.

Основа математического описания технологии кислородно-конвертерной плавки – это управление за «образцовыми» плавками. Имея выборку траекторий плавков, которые проведены успешно ( $\vec{U}_1[\tau], \dots, \vec{U}_n[\tau]$ ), можно говорить про выделение в реальной траектории управления  $\vec{U}_i[\tau]$ , двух составляющих: программной части  $\vec{U}_{i\text{пр}}[\tau]$  и дополнительного управления  $\Delta\vec{U}_i[\tau]$ , которое связано с неточным определением исходного состояния плавки и с действием преград. Таким образом, стратегия управления не может быть сведена только к детерминированной, а включает в себя детерминированную часть по выбору программы и стохастическую для дополнительных управляющих действий.

Расстояние  $d(\vec{U}_i[\tau], \vec{U}_j[\tau])$  между траекториями управления соответственно для  $i$ -й и  $j$ -й плавков использовали для разбиения траекторий управ-



ления на классы  $S_1, S_2, \dots, S_k$  так, чтобы каждому классу  $S_i$  отвечали траектории управления  $S_i \sim \{U_{i1}[\tau] \dots U_{ik}[\tau]\}$ , что есть реализацией одной программы управления  $\vec{U}_{i \text{ опт}}[\tau]$  с разными дополнительными управляющими действиями  $\Delta \vec{U}_i[\tau]$ . Это условие можно выполнить путем соответствующего выбора функции веса так, чтобы расстояние между реальными траекториями управления было меньше, чем соответствующее расстояние  $d(\vec{U}_i[\tau], \vec{U}_v[\tau])$  для траекторий, какие реализуют разные программы управления [1].

Разработанная за приведенными принципами модель предназначена для функционирования в информационном режиме, при котором технические средства, реализующие модель, выдают оперативному персоналу информацию, в частности про управляющие параметры процесса. Модель обеспечивает: путем выдачи уставок в локальные системы контроля и управления положением фурмы, регулирования расхода кислорода, в АСУ ТП ВТ (вертикального тракта сыпучих материалов) действовать на приводы кислородных фурм, клапаны расхода дутья и формировать задание для программного управления дозированием сыпучих и ферросплавов. Модель обеспечивает управление продувкой плавки, в т.ч. и на последних минутах продувки (до 2,5 мин) с использованием информации про температуру и содержание углерода расплава или только про температуру “без повалки конвертера” выдачей уставок в локальные системы контроля и управления положением фурмы, расхода дутья и АСУ ТП ВТ.

Модель решает следующие задачи:

– расчет шихтовки плавки [2]

1) определяет по химическому составу чугуна и его температуре, массе возвратной жидкой стали, а также заданной марке стали (или заданному химсоставу, температуре металла на выпуске и массе жидкой стали) количество чугуна и лома на плавку. Модель позволяет определить одну из составляющих при фиксированном значении другой;

2) определение заданных параметров режима дутья (интенсивности подачи дутья и положения фурмы) [3];

3) определение количества шлакообразующих и охлаждающих материалов (теплоносителя в случае отрицательного теплового баланса или корректировки конечного состава углерода при отсутствии теплоносителя);

4) определение суммарного количества кислорода на плавку и длительности продувки [4];

– повторные расчеты количества шлакообразующих, охлаждающих материалов, суммарного количества кислорода на плавку и длительности продувки в случае отклонения режима дутья от заданного;



- определение момента промежуточного измерения параметров ванны без повалки конвертера по ходу продувки;
- корректирующий расчет для доводки плавки после промежуточного измерения (может использоваться для додувки плавки в случае непопадания в заданные пределы после повалки) [5];
- расчет раскислителей;
- корректировка коэффициентов модели за результатами проведенной плавки.

Средства вычислительной техники АСУ ТП содержат центральный компьютер для реализации моделей управления, рабочие станции (АРМ) на каждом конвертере, рабочую станцию площадки (мастера конвертерного отделения), АРМ скрапного отделения, контроллеры управления процессом дозирования материалов и регулирования положения фурмы на базе контроллеров QUANTUM, регулирования расхода кислорода на базе контроллеров ROC. Связь между центральным компьютером и локальными системами происходит по сети Ethernet и ModBus.

Система, реализующая модель, выполнена по двухуровневой схеме – с верхним и нижним иерархическими уровнями.

Верхний уровень реализован на базе двухпроцессорного промышленного компьютера. Он обеспечивает прием информации от нижнего уровня и смежных подсистем, ее обработку, решение задач расчета и управления технологическим процессом, предоставление информации по управлению и текущим значениям технологических параметров, формирование видеокладов на экранах рабочих станций, а также передачу заданий по управлению в локальные системы нижнего уровня и подключение к другим системам автоматизации конвертера.

Нижний уровень обеспечивает функции сбора, обработки, предоставления информации про текущие значения технологических параметров и управления технологическими параметрами, а также передача информации на верхний уровень. Информация на нижний уровень поступает через кросс контрольно-измерительных параметров.

Нижний уровень обеспечивает измерение таких параметров процесса: массы чугуна в ковше после миксера, температуру чугуна в ковше, интенсивности подачи кислорода, общего расхода кислорода на продувку, положение левой и правой фурмы, массы сыпучих материалов в дозаторе (извести, известняка, шпата, магнезита, доломита, окатышей, угля), массы ферросплавов и раскислителей в дозаторе (ферросилиция, ферромарганца, силикомарганца, алюминия, ТШС), температуры металла в конвертере на повалке.



Нижний уровень также формирует такие технологические сигналы прохождения плавки: “начало продувки”, “перерыв в продувке”, “конец продувки”, “слив плавки”, “момент ввода сыпучих и ферросплавов в конвертер”.

Информация нижнего уровня используется для контроля хода плавки, ведения протокола и паспорта плавки. Кроме того, по сигналу “слив плавки” информация на текущую плавку передается по сети из локальной базы данных системы в базу сервера конвертерного цеха (ККЦ).

В сервер ККЦ также непосредственно поступает информация с химической лаборатории про химсостав металла на повалке конвертера (углерод, сера, фосфор, марганец), химсостав шлака ( $\text{CaO}$ ,  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Fe}_{\text{общ}}$ ), химсостав металла после раскисления (углерод, сера, фосфор, марганец, силиций, хром, никель, медь), химсостав чугуна (углерод, сера, фосфор, марганец, силиций), а также информация про массу и вид лома от АРМ скрапного отделения.

В центральный компьютер непосредственно с кросса управляющего вычислительного комплекса (УВК) поступает информация про химический состав дутья (кислород, азот, аргон) и отходящих газов (окись и двуокись углерода, азот, аргон) от газоанализатора ФТИАН, который тоже подключен в сеть.

Нижний уровень реализован на базе контроллера QUANTUM, АРМы конвертеров № 1 и № 2 (машинистов дистрибьюторов) о рабочей площадке – на базе промышленных компьютеров.

Промышленные испытания системы показали ее высокую надежность и эффективность.

**Выводы.** Для конвертерного цеха ОАО „Металлургический комбинат „Азовсталь”” с конвертерами емкостью 350 тонн разработана автоматизированная система управления конвертерной плавкой, в частности модели, алгоритмы, программы и технические средства.

Развитие системы планируется вести в направлении введения в эксплуатацию локальной подсистемы Quik-Tap на базе погружного измерителя параметров ванны без прерывания продувки.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Bogushevsky V., Sharbatian M., Suhenko V. Automatic control of converter process//Materialy IV Mezinarodni Vedecko-Practicka Ronference “Evropska Veda XXI Stoletie-2008”, 16 – 30 kvetna 2008 roku. – P. 26 – 29.
2. Розрахунок металевої частини шихти киснево-конвертерної плавки / В.С. Богушевський, В.Ю.Сухенко, К.О.Сергеєва, С.В.Жук // *Металлургическая и горнорудная промышленность.* – 2010. – № 7. – С. 266 – 269.



3. Богушевський В.С., Сухенко В.Ю. Керування режимом дуття конвертерної плавки // Наукові вісті НТУУ „КПІ”. – 2009. – № 1. – С. 58 – 64.
4. Богушевський В.С., Сергеева К.О. Контроль температурного режиму конвертерної плавки // Наукові вісті НТУУ „КПІ”. – 2009. – № 6. – С. 75 – 80.
5. Богушевський В.С., Сухенко В.Ю., Сергеева Е.А. Управление доводкой конвертерной плавки // Металл и литье Украины. – 2010. – № 3. – С. 14 – 17.

УДК 001.57:004.942

## **ФОРМАЛИЗАЦИЯ СВОЙСТВ БЕЗОПАСНОСТИ КРИПТОГРАФИЧЕСКИХ ПРОТОКОЛОВ С ПОМОЩЬЮ ЛОГИКИ ЛИНЕЙНОГО ВРЕМЕНИ**

**В.А. Борхаленко**

аспирант кафедры экономики промышленности и организации предприятия, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение Национальный исследовательский университет «Московский энергетический институт», г. Москва, Российская Федерация, e-mail: [vadikhide@yandex.ru](mailto:vadikhide@yandex.ru)

**Аннотация.** Представлены основные свойства безопасности криптографических протоколов с помощью аппарата логики линейного времени LTL, а также приведен пример автомата Бюхи, построенного на основе формулы LTL .

*Ключевые слова:* математическое моделирование, криптографические протоколы, защита информации, линейная темпоральная логика, формализация свойств безопасности.

## **FORMALIZATION OF THE SECURITY PROPERTIES OF CRYPTOGRAPHIC PROTOCOLS USING LINEAR TEMPORAL LOGIC**

**Vadym Borkhalenko**

Postgraduate of Economics, Federal State Budget Educational Institution National Research University “Moscow Power Engineering Institute”, Moscow, Russia, e-mail: [vadikhide@yandex.ru](mailto:vadikhide@yandex.ru)

**Abstract.** Conducted theoretical research of applying instruments of linear temporal logic to formalize the security properties of cryptographic protocols and developing the Buchi automata based on LTL-formulas.

*Keywords:* mathematical modelling, cryptographic protocols, information security, linear temporal logic, security properties formalization.

**Введение.** Довольно часто при разработке программного обеспечения (ПО) недостаточно времени уделяется математическому моделированию и анализу будущих программных систем. Чаще всего эта ситуация обуславливается нехваткой человеческих ресурсов и давлением по сро-