

ляющий не только производить подготовку операторов-технологов, но и обучать специалистов по наладке и обслуживанию АСУ ТП. Одна ЭВМ выполняет функции объекта управления и контроллера, а вторая автоматизированное рабочее место оператора.

Обучение специалистов по автоматизации на тренажере позволяет продемонстрировать и понять особенности работы программного обеспечения системы управления при различных ситуациях, возникающих как со стороны объекта и контроллера, так и со стороны оператора технолога. При этом инженер может проанализировать работу АСУ ТП при нештатных ситуациях и предпринять необходимые коррективы в процессе совершенствования системы управления.

#### Список литературы

1. Косарев В.А. Современные комплексные системы обучения, тренинга и аттестации эксплуатационно – технологического персонала металлургических предприятий /В.А. Косарев, И.В. Катасонов // Известия ВУЗов. Черная металлургия.– 2002. – №12. – С.58–61.

2. Донской А.Н. Тренажеры на базе ЭВМ для оперативного персонала ТЭЦ / А.Н. Донской // Энергетик. – 1995. – № 5. – С. 28.

3. Ахметсафин Р. Разработка тренажеров и отладка проектов АСУТП на базе пакетов MMI/SCADA / Р. Ахметсафин, Р. Ахметсафина, Ю. Курсов //Современные технологии автоматизации. – 1998. – №3. – С.38 – 41.

4. Шабаев А.И. Тяжело в учении - легко в бою /А. И. Шабаев // Информатизация и системы управления в промышленности. – 2005. – № 4(8).

5. Федоровский Н.В. Автоматизация фабрик окискования железных руд и концентратов / Н.В.Федоровский, В.В.Даньшин, В.И.Губанов, Р.И.Сигуа - М.: Металлургия, 1986. - 206 с.

*Рекомендовано до публікації д.т.н. Ткачовим В.В.  
Надійшла до редакції 10.10.2012*

УДК 651.518:669.187.2

© И.Г. Тригуб, Б.Е. Панасюк, В.П. Радченко

## **ИНФОРМАЦИОННО-СОВЕТУЮЩАЯ СИСТЕМА КОНТРОЛЯ СОСТАВА И ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА РАСПЛАВА ПРИ ЭЛЕКТРОДУГОВОМ СПОСОБЕ ПОЛУЧЕНИЯ СТАЛИ**

Приведены результаты разработки информационно-советующей системы контроля качества стали на базе СУБД My SQL в условиях СЛЦ-1 ПАО «ДнСЗ».

Наведено результати розробки інформаційно-радної системи контролю якості сталі на базі СУБД My SQL в умовах СЛЦ-1 ПАТ «ДнСЗ».

Results of development of information and advising system of quality control were based on DBMS My SQL in an PJSC «DnSP».

**Вступление.** Электроплавильный метод является одним из самых современных способов получения стали в электродуговых печах (ДСП) и все чаще используется на крупных металлургических предприятиях Украины. Основой

способа является окислительный процесс, направленный на снижение в чугуне ряда химических элементов [1]. Процесс реализуется за счёт преобразования электрической энергии в тепловую, что обеспечивает быстрый разогрев металла. Выплавка сталей включает следующие операции: расплавление металла, удаление содержащихся в нем вредных примесей и газов, раскисление металла, и выливание его из печи в ковш для разлива по изложницам или формам.

К преимуществам ДСП, применяемых в электросталеплавильном производстве, относят возможность получения значительных объёмов металлической продукции за короткий промежуток времени. Недостатком является высокая стоимость организации производства, а также высокий местный перегрев под электродами [2], трудность перемешивания и усреднения химического состава чугуна, значительное количество продуктов горения и шума во время работы.

Важным показателем электросталеплавильного производства является качество стали, а также соответствие состава металлического расплава заданному стандарту или марке. Качество получаемой стали во многом зависит от количества и состава шлаков [1]. Благодаря шлакам, происходит связь оксидов, которые образуются в процессе окисления чугуна, а также удаление ненужных примесей. Кроме этого, шлаки являются передатчиками тепла и кислорода. В этой связи актуальной является задача расчёта оптимального состава шихты с учётом её стоимости.

В конце плавки перед выпуском металла из печи его химический состав должен точно соответствовать заданной марке стали. Во время доводки плавки рассчитывают присадку в печь необходимого количества ферросплавов (легирующих материалов и раскислителей) исходя из химического состава взятой пробы металла. При этом решается задача получения минимальной стоимости ферросплавов, аналогичная задаче получения минимальной стоимости шихты.

Химический состав пробы в виде небольшого слитка определяется на основе её спектрального анализа в центральной заводской лаборатории (ЦЗЛ). Дальнейшая корректировка состава металла по ходу плавки производится в случае несоответствия химсостава пробы стандарту.

**Постановка задачи.** В качестве объекта исследования для изучения способа контроля и корректировки состава металла по ходу плавки была выбрана дуговая электросталеплавильная печь ДС–6Н, расположенная в цехе СЛЦ–1 (сталелитейный цех №1) ПАТ «Днепропетровский стрелочный завод» (ДнСЗ). ДСП ДС–6Н питается трёхфазным переменным током и имеет два электрода, изготовленных из графитированной массы. В цехе СЛЦ–1 производят высокомарганцевую сталь, которая используется для изготовления крестовин железнодорожных переводов.

Определение химического состава расплава осуществляют на этапах расплавления, окисления, восстановительного процесса и разлива по формам (в середине разлива) – ковшовая проба. На основе ковшовой пробы [3] выполняется окончательное определение химического состава стали и присвоение марки. Исследование пробы выполняет лаборант в ЦЗЛ путём проведения спектрального анализа (по принципу индивидуальности спектров поглощения и ис-

пускания у различных металлов) с помощью программно – вычислительного комплекса (ВПК) «Spectrolab-M» (Spectro Analytical Instruments GmbH, Германия), предварительно пробу маркируют в соответствии с номером плавки. ВПК «Spectrolab-M» формирует и сохраняет на центральном сервере предприятия файл \*.dbf, содержащий результаты спектрального анализа пробы расплава.

Далее, если все характеристики пробы соответствуют выбранному стандарту, лаборант оформляет протокол измерений химического состава стали. В случае несоответствия, составляется протокол измерений химсостава стали для начальника смены, который в свою очередь принимает решение о добавке необходимых компонентов и времени для устранения несоответствия.

Таким образом, в цепочке получения первичной информации, её анализа и принятия решения присутствует человеческий фактор, который в итоге оказывает влияние на качество выплавляемой стали.

**Цель работы.** Для автоматизации процесса контроля состава расплава на различных этапах плавки, анализа получаемых проб и оперативности принятия решения, в случае необходимости корректировки химсостава плавки, предложена и реализована информационно-советующая система (ИСС) на основе системы управления базами данных (СУБД) MySQL с использованием первичных данных от ВПК «Spectrolab-M». В MySQL работа с данными осуществляется при помощи SQL запросов (процедур) [4]. Выбор MySQL для реализации ИСС обусловлен многими преимуществами этого типа БД, в частности скоростью и простотой в использовании, недорогой лицензией, наличием программных продуктов, позволяющих её администрировать, портированностью на большое количество платформ.

**Основная часть.** Информационно-советующая система представляет собой совокупность технического, программного и организационного обеспечения, а также персонала, предназначенного для своевременного обеспечения мастера смены необходимой информацией [5]. Структура ИСС контроля качества стали в условиях СЛЦ-1 ПАО ДнСЗ (рис. 1) включает: ВПК «Spectrolab-M» (измерительный элемент и ЭВМ), рабочую станцию оператора (PCO) с комплексом специального программного обеспечения (СПО) «SAORF», устройство регистрации параметров процесса (УРПП).

Назначением комплекса СПО «SAORF» является обработка, хранение и анализ данных, полученных от ВПК, а также подбор и определение марки и количества ферросплава для доводки плавки с возможностью прогнозирования химического состава расплава. СПО «SAORF» состоит из:

- 1) модуля импорта данных (химсостав плавки) в базу из файла \*.dbf,
- 2) программно – аналитического модуля, позволяющего на основании полученных данных (химсостав плавки) сравнивать их с шаблонами, соответствующими стандарту, и генерировать отчёты на экране и в печатном виде о соответствии/несоответствии химсостава плавки.

Определение управляемых переменных (показателей химического состава плавки) осуществляется с помощью ВПК «Spectrolab-M», в состав которого входит измерительный элемент (ИЭ) – спектроанализатор под управлением ЭВМ (см. рис. 1). На выходе ВПК формируются таблицы показателей для даль-

нейшей обработки и анализа на PCO. С использованием комплекса СПО «SAORF», заданных алгоритмов и шаблонов, на PCO производится подбор и расчет необходимого количества ферросплава для доводки выплавляемой стали, а также прогноз ее конечного химсостава. Результаты обработки в удобном для восприятия оператором виде отображаются на экране монитора и могут быть использованы в качестве совета. При необходимости информацию в виде отчета можно отправить на устройство регистрации параметров процесса. Оценивая полученную информацию, оператор формулирует управляющие воздействия и через управляющие органы (УО) реализует эти воздействия, изменяя значение управляемых переменных. Таким образом, информационно – советующая система наряду с выдачей информации и фиксацией необходимых характеристик объекта и процесса, т.е. выполнением функций информационной системы, подготавливает определённые предложения и рекомендации оператору, например режим и график работы в данной конкретной ситуации. При этом окончательное принятие решений остаётся за человеком.

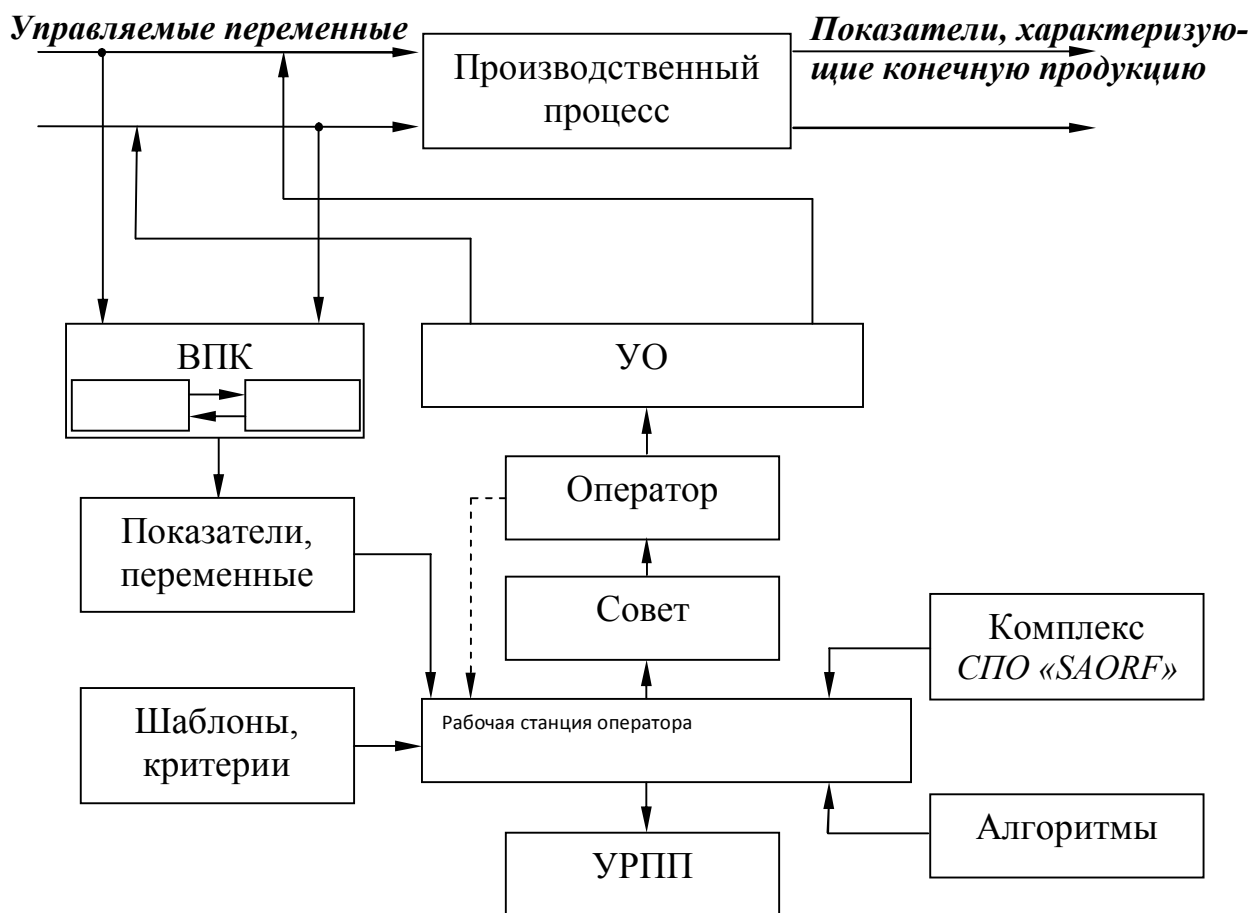


Рис. 1. Структурная схема информационно-советующей системы

Основными функциями ИСС являются:

- выбор наиболее подходящего по химическому составу ферросплава для корректировки содержания С, Mn, Si, P, S и др. элементов в выплавляемой стали,
- расчёт количества ферросплава (в кг) по заданному алгоритму,

- определение качества готовой стали (прогноз) по результатам корректировки плавки,
- формирование и печать протокола измерений химического состава плавки, а также, в случае необходимости, акта брака плавки.

ИСС контроля качества стали в условиях СЛЦ-1 реализована по технологии клиент-серверного приложения на основе реляционной СУБД MySQL–5 и обеспечивает решение следующих задач:

- сопоставление и проверку на соответствие химсостава образца плавки заложенным в БД шаблонам (стандартам),
- реализацию на основе СУБД MySQL–5 надёжного, защищённого, быстрого механизма сохранения и обработки данных о составе плавки,
- возможность передачи, обработки и хранения данных с помощью сетевой инфраструктуры предприятия ПАО ДнСЗ,
- формирование, хранение и печать первичной документации, отчётности (рис. 2).

**Отчёт** Дата печати: 09.04.2012 18:53:30

от 01-01-2012 Кол. стали 5 т.

№ плавки	№ пробы	Марка стали	Хим. элемент	Значение	Метод	№ смены
35	1	110Г13Л	С	1,002	Спектральный метод	Смена №3
35	1	110Г13Л	Mn	0,75	Спектральный метод	Смена №3
35	1	110Г13Л	Si	0,6	Спектральный метод	Смена №3
35	1	110Г13Л	P	0,037	Спектральный метод	Смена №3
35	1	110Г13Л	S	0,026	Спектральный метод	Смена №3

Для указанного количества выплаваемой стали и на основе полученных данных о химсоставе выплаваемой стали ИСС подобрала ферросплав:

MN95 количеством 861,25 кг. после этого согласно расчётам химсостав будет:

Хим. элемент	Значение	Значения по ГОСТ - у	
		Мин.	Макс.
С	1,005445	Мин.	Макс.
		1	1,3
Mn	14	Мин.	Макс.
		11,5	16,5
Si	0,00000000	Мин.	Макс.
		0,3	0,9
P	0,048925	Мин.	Макс.
		0	0,09
S	0,00000000	Мин.	Макс.
		0	0,02

Рис. 2. Протокол измерений химического состава пробы плавки, отчёт по расчёту количества подходящего по химсоставу ферросплава и прогноз качества готовой стали по результатам корректировки плавки

Так, содержание марганца Mn по результатам спектрального анализа ковшовой пробы металла составляет 0,75% (см. рис. 2). Для корректировки химического состава плавки подобран ферросплав марки МН-95 в количестве 861,25 кг. Прогноз содержания Mn в готовой стали после добавки данного ферросплава составит 14%, что соответствует заранее выбранному стандарту (марке стали).

**Выводы и перспективы дальнейших исследований.** В результате анализа технологического процесса выплавки стали в ДСП в условиях СЛЦ–1 ПАО «ДнСЗ» для оперативного контроля и корректировки химического состава расплава было принято решение о разработке комплекса специального программного обеспечения «SAORF» в составе информационно-советующей системы с применением ВПК «Spectrolab-M». Основное назначение ИСС – обработка первичной информации, расчет и рекомендация оператору необходимого для доводки плавки количества ферросплавов, а также ведение первичной документации (просмотр, хранение и обработка истории данных химсостава проб). СПО «SAORF» разработано специалистом предприятия ПАО «ДнСЗ», что гарантирует дальнейшую его поддержку и модернизацию. Одним из направлений модернизации является создание дополнительного модуля для поддержки и ведения бухгалтерского учёта: расчёта затрат, себестоимости плавки, заработной платы, амортизации и др.

Предложенная структура ИСС контроля состава и повышения качества плавки, включающая комплекс СПО «SAORF», отвечает современным требованиям безопасности хранения и обработки данных, может быть интегрирована в АСУ ТП СЛЦ и рекомендуется для внедрения на предприятиях, реализующих технологию плавки стали в электродуговых печах.

#### Список литературы

1. Свечанский А. Д. Электрические промышленные печи. Ч.2. Дуговые печи и установление специального нагрева / Свечанский А. Д., Жердев И. Т., Кручинин А. М. – М. : Энергия, 1981. – 296 с.
2. Никольский Л.Е. Тепловая работа дуговых сталеплавильных печей / Никольский Л. Е., Смоляренко В. Д., Кузнецов Л. Н. – М. : Металлургия, 1981. – 320 с.
3. Чугун, сталь и сплавы. Метод отбора проб для определения химического состава ГОСТ 7565–81 (СТ СЭВ 466–77). – М. : Государственный комитет СССР по стандартам, 1981. – 8 с.
5. Дейт К. Введение в системы баз данных / К. Дейт. – [7-е изд]. – М. : Мир, 2001. – 234 с.
6. Гужева В. М. Інформаційні системи і технології на підприємствах. Навчальний посібник / Гужева В. М. – К. : КНЕУ, 2001. – 400 с.

*Рекомендовано до публікації д.т.н. Ткачовим В.В.  
Надійшла до редакції 15.10.2012*