

УДК 669.18:65.011.56

**Е.В. Колесникова**, канд. техн. наук, доц.,  
**И.В. Прокопович**, канд. техн. наук, доц.,  
**А.С. Лопаков**, специалист,  
Одес. нац. политехн. ун-т

## **ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ РЕШЕНИЙ ПО УПРАВЛЕНИЮ ПРОЦЕССОМ ВЫПЛАВКИ СТАЛИ**

*К.В. Колеснікова, І.В. Прокопович, О.С. Лопаков.* **Оцінка ефективності рішень з управління процесу виплавки сталі.** Розглянуто методи оцінки якості функціонування технічних об'єктів та запропоновано алгоритм їх комплексної оцінки.

*Е.В. Колесникова, И.В. Прокопович, А.С. Лопаков.* **Оценка эффективности решений по управлению процессом выплавки стали.** Рассмотрены методы оценки качества функционирования технических объектов и предложен алгоритм их комплексной оценки.

*E.V. Kolesnikova, I.V. Prokopovich, A.S. Lopakov.* **Evaluating the effectiveness of solutions for managing the steelmaking process.** Considered are methods of assessing the quality of the engineering object functioning as well as the algorithm for their integrated assessment.

Для современного металлургического производства характерными являются формирование условий автоматизации ТП, увеличения производительности сталеплавильных печей, улучшения показателей плавки. Естественно, что эти задачи не могут решаться без знаний металлургических процессов, без освоения методов объективного и экспрессного контроля изменений параметров системы (химического состава расплавленного металла и шлака, температуры внутри ванны и т.д.), без технических средств использования этой информации для управления

процессом выплавки стали. Несмотря на высокий уровень развития науки и техники, до настоящего времени сталевары управляют процессом интуитивно, основываясь только на своем опыте и знаниях, что не всегда приводит к наилучшему результату с точки зрения экономии электроэнергии и минимизации расхода исходных материалов. Разработка и внедрение системы обучения, представляющей собой АСУ ТП выплавки стали, позволит сталевару-оператору научиться принимать верные и обоснованные решения, основываясь на информации, полученной с использованием модели процесса. Компьютерный тренажер позволит не только сформировать навыки принятия решений по управлению процессом, но и наглядно продемонстрировать физико-химическую сущность протекающих в системе процессов, их взаимную зависимость, а также некоторые моменты, которым не всегда придается значение на практике.

Оценка правильности действий персонала ДСП по управлению технологическим режимом в общем случае может быть проведена путем анализа затрат исходных материалов и энергии на каждом из этапов плавки. Кроме этого необходимо учесть соблюдение норм технологического режима, определяемых регламентом. Такую оценку могут выполнить эксперты — сталевар или технолог цеха. Однако эта оценка может быть выполнена только после завершения работы на тренажере. Сложность оценки правильности принятия решений при управлении процессом состоит в том, что оценка качества процесса только по конечным результатам не в полной мере отражает реальную картину проведения плавки.

При современном развитии информационных технологий в условиях множественности технологических и организационных методов представления знаний определяющее значение для практики поддержки принятия решений приобретают методы оценки состояний объектов. В опубликованных работах разных авторов преобладают подходы, основанные на оценке влияния отдельных параметров либо некоторых групп факторов на характеристики состояния технических систем [1...3]. Как правило, при оценке качества технической системы на предварительном этапе выделяются наиболее существенные факторы, оказывающие наибольшее влияние на целевую функцию управления объектом, и с учетом этих факторов или групп параметров производится оценка эффективности функционирования объекта [4, 5].

Комплексную оценку качества объекта можно рассматривать как трехстадийный процесс:

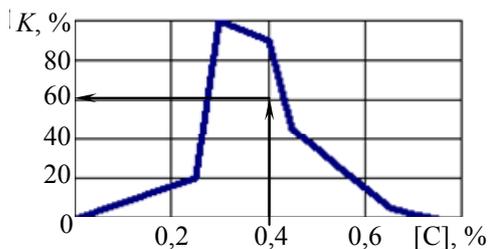
- исследование экстенсивных и интенсивных свойств (характера и объема) потребляемых или используемых ресурсов, условий воздействия, определение набора учитываемых свойств;
- оценка простых свойств;
- оценка сложных свойств и качества системы в целом.

При выполнении каждого из этапов необходимо произвести ряд унифицированных операций для комплексного измерения и расчета оценки объекта:

- найти способ учета весомостей отдельных операций и параметров;
- определить вид зависимости между показателями качества и их оценками;
- разработать методику интегральной оценки.

Ключевым действием при такой комплексной оценке является оператор преобразования информации о некотором свойстве в показатель качества. Такое преобразование осуществляется относительно каждого элементарного свойства с последующим сведением отдельных частных показателей к единому критерию качества системы в целом. Хотя, в общем случае, если рассматривать характер причинно-следственной связи в последовательности событий: воздействие — преобразование — результат, это не является принципиальным.

Рассмотрим оценку операции подготовки шихты для завалки печи металлоромом. На осях графика (см. рисунок) откладываются избыток содержания углерода в расплаве по сравнению с нижним пределом массовой доли углерода в выплавляемой марке стали и оценка операции. Подобные зависимости необходимо построить для всех операций процесса. Шихтовка плавки производится из расчета получения по расплавлению доли углерода на 0,3...0,4 % выше нижнего предела по углероду выплавляемой марки стали. При малом содержании углерода в металлической части шихты необходимо в процессе окислительного периода вводить в ванну печи углерод с чугуном, электродным боем или коксом. В то же время избыток углерода приведет к увеличению продолжительности окислительной стадии, что увеличит расход электроэнергии



Оценка операции шихтовки  
от содержания углерода в расплаве

и железорудных окатышей. Оценка правильности выполнения операции шихтовки производится по отношению к базовой величине (100 %) идеального варианта шихтовки

$$K = \begin{cases} \Delta[C] \cdot a_1, & \text{если } \Delta[C] < 0,25; \\ \Delta[C] \cdot a_2 + b_2, & \text{если } 0,25 \leq \Delta[C] < 0,3; \\ \Delta[C] \cdot a_3 + b_3, & \text{если } 0,3 \leq \Delta[C] < 0,4; \\ \Delta[C] \cdot a_4 + b_4, & \text{если } 0,4 \leq \Delta[C] < 0,45; \\ \Delta[C] \cdot a_5 + b_5, & \text{если } 0,45 \leq \Delta[C]. \end{cases}$$

Коэффициенты  $a_i$  и  $b_i$  выбираются экспертом на основе субъективных походов. В рассмотренном варианте оценки операции выделено пять интервалов для идентификации результата операции. При меньшем числе интервалов оценка будет более грубой. При разбиении на большее число интервалов следует ожидать более точной оценки действий оператора.

При таком подходе, когда все  $n$  операций будут оцениваться по отношению к 100 %, общая оценка  $D$  действий оператора может быть выражена зависимостью

$$D = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \beta_i K_i, \quad (1)$$

где  $K_i$  — оценка  $i$ -й операции;

$\beta_i$  — весовой коэффициент операции.

Данный алгоритм позволяет преобразовать параметры управления дуговой сталеплавильной печью в показатель качества и оценки правильности действий сталевара.

## Литература

1. Васильев, С.Н. К интеллектуальному управлению дуговыми сталеплавильными печами / С.Н. Васильев, С.А. Догановский, В.М. Эдемский // Автоматизация в промышленности. — 2003. — № 3. — С. 39 — 43.
2. Ястребенецкий, М.А. Надежность автоматизированных систем управления технологическими процессами: учеб. пособие для вузов / М.А. Ястребенецкий, Г.М. Иванова. — М.: Энергоатомиздат, 1989. — 264 с.
3. Каганов, В.Ю. Автоматизация управления металлургическими процессами / В.Ю. Каганов, О.М. Блинов, А.М. Беленький. — М.: Металлургия, 1974. — С. 164 — 219.
4. Прудковский, Б.А. Зачем металлургу математические модели? / Б.А. Прудковский. — М.: Наука, 1989. — 192 с.
5. Бигеев, А.М. Математическое описание и расчеты сталеплавильных процессов / А.М. Бигеев. — М.: Металлургия, 1982. — 480 с.

Рецензент д-р техн. наук, проф. Одес. нац. политехн. ун-та Становский А.Л.

Поступила в редакцию 25 июня 2010 г.