

## ОЦЕНКА КОМПЕТЕНТНОСТИ ПЕРСОНАЛА СТАЛЕПЛАВИЛЬНОЙ ПЕЧИ В ПРОЕКТЕ КОМПЬЮТЕРНОГО ТРЕНАЖЕРА

**Колесникова Екатерина Викторовна**, кандидат технических наук, доцент  
Заместитель директора института, Институт промышленных технологий, дизайна и менеджмента,  
Одесский национальный политехнический университет, пр. Шевченко, 1, г. Одесса, Украина, 65044  
**Контактный тел.:** 067-702-32-94  
**E-mail:** amberk4@gmail.com

*Розроблено метод оцінки компетентності персоналу дугової сталеплавильної печі в проекті комп'ютерного тренажера, який реєструє відповідність всіх операцій сталевара регламенту. Запропоновано методику оцінки компетентності що складається з двох етапів: розбиття проекту на стадії і оцінка кожної з допомогою ланцюгів Маркова з визначенням вірогідності переходу шляхом вирішення зворотної задачі.*

*Ключові слова:* проект, компетентність, персонал, оцінка, тренажер, декомпозиція, модель, метод, ланцюг Маркова.

*Разработан метод оценки компетентности персонала дуговой сталеплавильной печи в проекте компьютерного тренажера, который регистрирует соответствие всех операций сталевара регламенту. Предложена методика оценки компетентности состоящая из двух этапов: разбиение проекта на стадии и оценка каждой с помощью цепи Маркова с определением вероятностей перехода путем решения обратной задачи.*

*Ключевые слова:* проект, компетентность, персонал, оценка, тренажер, декомпозиция, модель, метод, цепь Маркова.

### 1. Введение

Компетентность предполагает способность к актуальному выполнению профессиональной деятельности, которая при достижении конкретных целей может быть отнесена к категории операций или проектов [1–3]. Операции и проекты отличаются тем, что операции относятся к стабильной работе команды в рамках текущих и повторяющихся процессов. Проекты являются не повторяющимися и обеспечивают уникальные результаты [3–5]. Каждая плавка в сталеплавильном производстве является уникальной из-за разного состава исходного сырья, легирующих и шлакообразующих материалов. Поэтому каждую плавку можно считать новым проектом [6–10].

Разрешение противоречий между требованиями к эффективности управления проектами выплавки стали и уровнем компетентности персонала возможно за счет использования математических моделей процессов и методов объективной оценки результатов работы на тренажере [8–10].

### 2. Анализ литературных данных и постановка проблемы

Важнейшей составляющей тренажера ДСП является подсистема расчета химического рав-

новесия и материального баланса [6]. Методы расчета состава металла в ванне печи основаны на использовании коэффициентов «угара» либо «усвоения» шлакообразующих, легирующих или раскисляющих материалов [7]. Такой подход позволяет определить массу реагентов весьма приближенно, что ведет к перерасходу материалов и увеличению времени плавки в связи с необходимостью корректировки состава металла перед выпуском [8].

Использование моделирования процессов позволяет прогнозировать результаты операций: внесения шлакообразующих компонентов, рудных окатышей или руды, раскислителей и ферросплавов. Модель процесса должна отображать изменение состава расплава металла, шлака, влияние футеровки печи на конечные результаты [6]. В общем случае необходимо рассматривать следующие элементы системы: металл, шлак, атмосфера и футеровка печи (рис. 1).

Математическое описание включает: уравнения материального баланса, уравнения кинетики или равновесия металлургических реакций, уравнения энергетического баланса, эмпирические соотношения между различными параметрами процесса, а также ограничения и начальные условия для каждой стадии процесса [6, 7].

Число степеней свободы системы печи определяется как разность между числом переменных и числом связывающих их уравнений [6]. Полное математическое описание процесса включает 199 переменных в 161 уравнении. К этим уравнениям следует добавить 21 связь, которые характеризуют условия процесса: 6 переменных определяют состав огнеупоров; 12 — характеризуют угар шихты и свойства убыли заправки печи и пода; 3 — данные для расчета баланса по кислороду, а именно, площадь зеркала металла, скорость поглощения кислорода из атмосферы печи и степень плавления известняка.

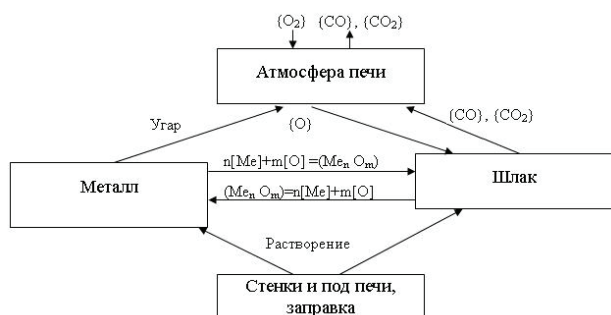


Рис. 1. Элементы сталеплавильной печи

В результате получены 2 степени свободы и, соответственно, 2 переменные, которые необходимо задавать при управлении — мощность трансформатора печи и время, не считая 15 переменных, исходных компонентов металла и шлака, которые определяются исходя из данных завалки печи. Это и есть весь ресурс управляющих параметров каждой стадии.

Целью проведенных исследований является разработка моделей, методов и программных средств параметрического анализа организационно-технических систем управления проектами выплавки стали для оценки уровня компетентности персонала.

Для достижения этой задачи цели решены такие основные задачи:

1. Выполнена декомпозиция проекта выплавки стали на операции, оценка которых выполняется исходя из требований регламента процесса.
2. Предложено правило вывода общей оценки с определением уровня компетентности персонала.

### 3. Результаты исследования

Схема взаимодействия заинтересованных сторон в проекте выплавки стали отображает два возможных цикла приобретения опыта и повышения компетентности (рис. 2). Первый цикл связан с работой на реальном объекте со всеми вытекающими последствиями в случае ошибок персонала. Второй — внутренний цикл, не включает в себя внешнее и внутреннее окружение проекта. Все

эксперименты выполняются на тренажере и, естественно, не имеют указанных ранее недостатков. При работе на тренажере персонал выбирает и выполняет в виртуальной форме те же операции, что и на объекте.

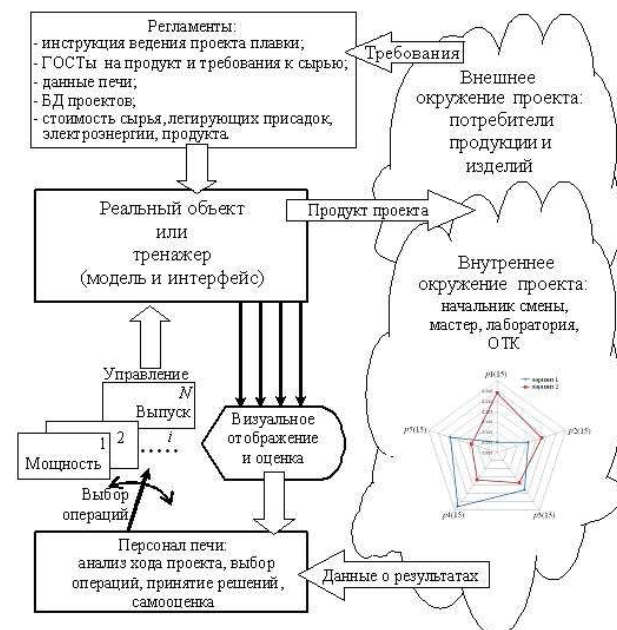


Рис. 2. Схема взаимодействия объектов и субъектов проекта выплавки стали: 1, 2, ..., N — операции управления

Оценка правильности действий персонала ДСП в общем случае может быть проведена путем анализа затрат исходных материалов и энергии на каждом из этапов плавки. Кроме этого необходимо учесть соблюдение норм технологии, определяемых регламентом. Такую оценку могут выполнить эксперты. Однако эта оценка может быть выполнена только после завершения работы на объекте либо на тренажере. Применение метода тестирования также не подходит для оценки работы на тренажере, так как практически невозможно предусмотреть все альтернативы развития проекта [11].

Сложность оценки верности принятия решений состоит в том, что оценка качества процесса только по конечным результатам не в полной мере отражает реальную картину ведения плавки.

В опубликованных работах разных авторов преобладают подходы, основанные на оценке влияния отдельных параметров либо некоторых групп факторов на характеристики состояния технических систем [9, 10]. Как правило, при оценке качества технической системы выделяются наиболее существенные факторы, оказывающие наибольшее влияние на целевую функцию управления объектом, и с учетом этих факторов производится оценка эффективности функционирования объекта.

При этом весьма важным является выбор шкалы оценки. Оценка должна быть достаточно простой и вместе с тем понятной персоналу.

Комплексная оценка объекта включает три этапа:

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

При выполнении каждого из этапов необходимо произвести ряд преобразований для комплексного измерения оценки объекта:

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

Ключевым действием при такой комплексной оценке является оператор преобразования информации о некотором свойстве в показатель качества [9].

Рассмотрим оценку операции подготовки шихты для завалки печи металлоломом. На осях графика (рис. 3) 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.

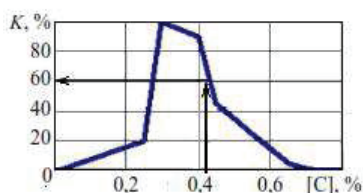


Рис. 3. Оценка операции шихтовки от содержания углерода в расплаве

Шихтовка плавки производится из расчета получения после расплавления доли углерода на 0,3...0,4 % выше нижнего предела по углероду в выплавляемой марке стали. При низком содержании углерода в металлической части шихты необходимо в процессе окислительного периода вводить в ванну печи углерод с электродным боем или коксом. В то же время избыток углерода приведет к увеличению продолжительности окислитель-

ной стадии, что увеличит расход электроэнергии и железорудных окатышей. Оценка правильности выполнения операции шихтовки производится по отношению к базовой величине (100 %) идеального варианта шихтовки (рис. 3).

$$K = \begin{cases} \Delta[C] \cdot a_1, & \text{если } \Delta[C] < 0,25; \\ \Delta[C] \cdot a_2 + b_2, & \text{если } 0,25 \leq \Delta[C] < 0,30; \\ \Delta[C] \cdot a_3 + b_3, & \text{если } 0,30 \leq \Delta[C] < 0,40; \\ \Delta[C] \cdot a_4 + b_4, & \text{если } 0,40 \leq \Delta[C] < 0,45; \\ \Delta[C] \cdot a_5 + b_5, & \text{если } 0,45 \leq \Delta[C]. \end{cases}$$

Коэффициенты  $a_i$  и  $b_i$  выбираются экспертами. В рассмотренном варианте оценки операции выделено пять интервалов. При меньшем числе интервалов оценка будет более грубой.

Как известно, компетентность состоит в способности выполнять профессиональную деятельность, качественная характеристика которой и определяет уровень компетентности персонала. При таком подходе, когда все  $n$  операций будут оцениваться по шкале 100 %, общая оценка  $Q$  компетентности действий персонала может быть выражена зависимостью:

$$Q = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \beta_i \cdot K_i,$$

где  $K_i$  — оценка  $i$ -й операции;  $\beta_i$  — весовой коэффициент операции,  $0 < \beta_i < 1$ .

Данный алгоритм позволяет преобразовать параметры управления дуговой сталеплавильной печью в оценку компетентности персонала.

#### 4. Выводы

Разработана методика определения успешности операций в проектах выплавки стали и показано, что успешность операций соответствует уровню компетентности персонала. Для общей оценки компетентности действий персонала необходимо произвести разбиение всего проекта выплавки стали на отдельные операции, оценка каждой из которых выполняется исходя из требований регламента процесса. Предложено правило вывода общей оценки с определением уровня компетентности персонала.

#### Література

1. Масленнікова, К. С. Складники поведінкової компетенції учасників команди проекту на засадах компетентнісного підходу [Текст] / Е. С. Масленнікова, К. В. Колеснікова // Управління розвитком складних систем. — № 14. — 2013. — С. 48–51.

2. Колеснікова, К. В. Концепція компетентнісного навчання [Текст] / К. В. Колеснікова // Шляхи реалізації кредитно-модульної системи ... : Матер. наук.-метод. семінару. — Вип. 7 — О. : Наука і техніка, 2013. — С. 42–47.
3. ISO/FDIS 21500 Руководство по управлению проектами (ISO PC 236, представлен ИСО для FDIS: 13.03.2012). — Секретариат: ANS (Американский национальный институт стандартов (США)).
4. Гогунский, В. Д. Закон Бушуева — гарантия неполной трансформации серийных проектов в операционную деятельность [Текст] / В. Д. Гогунский, И. И. Становская, И. Н. Гурьев // Вост.-Европ. журнал передовых технологий. — № 4/3(64). — Харьков : Технолог. центр, 2013 — С. 41–44.
5. Гогунский, В. Д. Основные законы проектного менеджмента [Текст] / В. Д. Гогунский, С. В. Руденко // IV міжнар. конф. : Управління проектами: стан та перспективи. — Миколаїв : НУК, 2008. — С. 37–40.
6. Быстров, Ю. А. Математическое описание процесса выплавки стали [Текст] / Е. В. Колесникова, Ю. А. Быстров, А. С. Лопаков // Труды Одес. политехн. ун-та. — Вып. 2(28). — Одеса: ОНПУ. 2007. — С. 155–157.
7. Колесникова, К. В. Математическое описание распределения серы между шлаком и металлом по экспериментальным данным [Текст] / К. В. Колесникова, Г. В. Кострова // Тр. Одес. политехн. ун-та. — Вып. 1(19). — 2003. — С. 132–134.
8. Колесникова, Е. В. Алгоритм оценки действий оператора в АСУ ТП выплавки стали в дуговой печи [Текст] / Е. В. Колесникова, Г. В. Кострова // Труды Одес. политехн. ун-та. — Спецвыпуск. — 2005. — С. 68–71.
9. Колесникова, Е. В. Оценка эффективности решений по управлению процессом выплавки стали [Текст] / Е. В. Колесникова, И. В. Прокопович, А. С. Лопаков // Труды Одес. политехн. ун-та. — Вып. 1(33)–2(34). — 2010. — С. 155–157.
10. Васильев, С. Н. К интеллектуальному управлению дуговыми сталеплавильными печами [Текст] / С. Н. Васильев, С. А. Догановский, В. М. Эдемский // Автоматизация в промышленности. — 2003. — № 3. — С. 39–43.
11. Тертишная, Т. И. Автоматизированная система контроля знаний [Текст] / Т. И. Тертишная, Е. В. Колесникова, В. Д. Гогунский // Труды Одес. политехн. ун-та. — Вып. 1(13). — 2001. — С. 125–128.

*Abstract. The paper gives the analysis of interaction between the parties interested in the steelmaking project, which includes two possible cycles of competence increasing. The first cycle deals with working at the real object and possible damage in case of staff error. The second cycle does not concern the external and internal environment of the project and is executed on a computer simulator, which, of course, can not lead to damage. The proposed method for determining the level of staff competence is based on the fact that success of the steelmaking project corresponds to the competence level. For an overall assessment of staff competence it is necessary to divide the steelmaking project into operations, which assessment is performed on the basis of process regulations. Using the proposed method for assessing the staff competence will allow solving the existing contradiction between the requirements of efficiency of steelmaking projects management and the staff competence level.*

*Keywords: project, competence, staff, assessment, simulator, decomposition, model, method, Markov chain.*