

Пономаренко Д.А., Симонов В.И., Синяков Р.В., Голубцов А.Н.

СИСТЕМА ОРАКУЛ – ОТ АВТОМАТИЗАЦИИ К ОПТИМАЛЬНОМУ УПРАВЛЕНИЮ

Введение

На сегодняшний день все металлургические предприятия в условиях рынка вынуждены решать задачу снижения себестоимости продукции при сохранении достигнутого уровня качества выпускаемой продукции или его повышении. При росте цен на энергоносители задача снижения себестоимости непосредственным образом связана с энерго- и ресурсосбережением и ее решение содержит в себе по крайней мере два этапа:

- 1) Создание оптимальных технологий.
- 2) Реализация разработанных технологических решений в производстве.

На каждом конкретном предприятии возможность осуществления этих этапов определяется уровнем развития технологии и организацией («культурой») производства.

1. Применение системы ОРАКУЛ для оптимизации технологии

Исторически технологии металлургического производства формировались на основе «естественного отбора» из различных вариантов ведения процессов. Именно опыт, накопленный при практическом сталеварении, является основой существующих технологий и на его основе ведется поиск решений, направленных на их совершенствование. Однако, появление новых материалов, процессов и устройств открывает новые возможности, увидеть и оценить эффективность которых достаточно сложно на основе прежнего опыта.

На практике, даже на одном и том же агрегате, заданный конечный продукт можно получить бесконечным количеством вариантов: используя различные материалы, варианты шихтовки, задавая различные способы ведения энергетических режимов, используя или не используя те или иные устройства и т.п. Выбор лучшего варианта из этого множества и есть функция оптимизации. Задача технолога сводится к определению критериев оптимизации: минимальный расход энергоресурсов, снижение себестоимости, любые другие, включая их комбинации.

Качество работы системы оптимизации определяется адекватностью модели, описывающей процесс в сталеплавильном агрегате. Главным назначением модели является проигрывание производственного процесса в различных вариантах с целью выбора оптимального решения. Такая модель должна позволять решать как прямую задачу (расчет конечного результата процесса по известным исходным параметрам), так и обратную задачу (по заданному конечному результату определить возможные пути его достижения). Очевидно, что перечисленным выше требованиям наиболее полно соответствует модель, построенная на основе фундаментальных законов природы. Такая модель носит общий, универсальный характер и область действия ее лежит во всем диапазоне практически возможных решений.

Система ОРАКУЛ построена на базе фундаментальных знаний и в основе ее лежит детерминированная физико-химическая модель плавки. Одним из основных путей использования системы ОРАКУЛ является оптимизация технологического процесса, которая возможна по двум направлениям:

– параметрическая оптимизация, протекающая без изменения существующей технологической схемы передела (например, сокращение длительности плавки, расчет оптимального по стоимости количества материалов и энергоносителей и т.п.). При этом система ОРАКУЛ в режиме реального времени генерирует технологические решения в

процессе плавки с оперативным учетом всех возникающих изменений, поддерживая работу агрегата в любых «нештатных» ситуациях, совместимых с принципиальной возможностью выполнения поставленного задания (получение металла заданного состава и температуры). Выполнение этой функции возможно в автоматическом режиме при использовании системы ОРАКУЛ в составе АСУ ТП.

– структурная оптимизация, т.е. изменение схемы технологического передела с целью нахождения более выгодного варианта производства. Это возможно при работе системы ОРАКУЛ в режиме «что, если...», когда технолог может проиграть на компьютере все возможные изменения процесса и оценить их влияние на технико-экономические показатели работы агрегата. Режим «что, если...» является серьезным инструментом в руках технолога, позволяющим ему выявить «узкие места» в существующей технологии и осознанно, на основании точных расчетов выбрать рациональные пути решения технологических проблем. Например, могут рассматриваться следующие задачи: внедрение новых и модернизация имеющихся устройств, замена одних материалов другими и оценка целесообразности их применения, перенос ряда операций из печи на внепечную обработку и др.

Наличие такой системы позволяет отказаться от поиска новых технологий методом «проб и ошибок». Не прибегая к сложным и дорогим экспериментам на действующем производстве, технолог с помощью системы может увидеть результат тех или иных изменений в технологии, найти новые, ранее не использовавшиеся варианты. При этом все расчеты сопровождаются оценкой экономической эффективности решений.

2. Применение модели ОРАКУЛ в системе АСУ ТП выплавки стали

Современный сталеплавильный агрегат представляет из себя высокомеханизированный комплекс, включающий кроме основных реакторов (ДСП, конвертер или ковш) целый ряд вспомогательных устройств (дозировочные и загрузочные устройства, фурмы, горелки, манипуляторы и т.д.), с учетом же современного уровня интенсификации технологических процессов сталевару становится все сложнее учитывать все факторы и условия производства, что приводит к частым ошибкам в управлении, и, как следствие, к нерациональному ведению процесса, перерасходу энергоносителей и материалов. Поэтому вопрос о реализации технологических решений в производстве так или иначе затрагивает тему построения автоматических систем управления технологическими процессами.

Используемые в настоящее время на заводах системы управления имеют в своей основе либо статистические модели, либо, как бывает чаще, набор тех или иных «масок» или трафаретов. И в том и в другом случае системы управления, входящие в состав АСУ ТП работоспособны только при сохранении ранее существовавшей технологии, использовании жестко стандартизированных материалов и других неизменных условий, а также только в пределах выплавляемого ранее сортамента. В условиях реального сталеплавильного производства не удается в достаточной мере стандартизировать протекающие по ходу плавки процессы, поэтому одним из обязательных требований к системе управления процессом является возможность ее самоадаптации к изменяющимся по ходу плавки условиям, т.е. ведение плавки не должно проходить по заранее заданному трафарету, а управляющие воздействия должны формироваться на основе реально складывающейся ситуации. Это возможно только, если система построена на основе детерминированной модели, которая, в отличие от статистической, исходит из строгого априорного расчета, опирающегося на базы фундаментальных законов и констант. Это в полной мере относится к системе ОРАКУЛ.

Высокий уровень развития систем базовой автоматизации, обеспечивающих сбор и хранение информации о ходе плавки, состоянии механизмов и устройств, а

также передающих управляющие воздействия на исполнительные механизмы и появление детерминированной модели, с высокой точностью описывающей физико-химические процессы, происходящие в сталеплавильном агрегате, создали предпосылки для создания систем автоматического ведения плавки (САВП).

Система ОРАКУЛ, являясь по сути программным обеспечением, взаимодействуя с комплексом исполнительных механизмов, контрольно-измерительных приборов и устройств, с учетом организационно-технических мероприятий, представляет из себя систему автоматического ведения плавки, которая обеспечивает выполнение процесса выплавки заданной марки стали под контролем и при минимально возможном вмешательстве технологического персонала в ход процесса.

Применение САВП имеет ряд преимуществ перед ручным управлением, основными из которых являются:

- стабилизация хода технологического процесса (электрический режим, расход шлакообразующих и сыпучих материалов, температурный режим и т.п.);
- соблюдение всех требований технологии (рекомендаций нормативно-технической документации).
- исключение ошибок персонала.

При работе системы ОРАКУЛ в качестве САВП реализуется принцип ситуационного управления, т.е. оптимизация параметров плавки в режиме реального времени, что позволяет добиться повышения производительности сталеплавильных агрегатов в результате полного использования возможностей интенсификации каждой плавки на всем ее протяжении. Схематически это можно представить следующим образом. Управление процессами выплавки стали начинается с проектирования очередной плавки. В качестве входной информации используется задание на плавку, включающее в себя характеристику подлежащей выпуску марки стали, характеристику используемых механизмов и устройств, характеристику используемых материалов и энергоносителей, а также дополнительные требования, необходимые для оптимизации конкретного технологического процесса. После получения всех необходимых данных система ОРАКУЛ выдает расчетный график будущей плавки с детальной проработкой режимов работы всех устройств печи и оптимальных масс вводимых материалов и энергоносителей. После этого система управления в назначенный момент приступает к реализации плана, непрерывно отслеживая текущие фактические результаты в сопоставлении с расчетными. При расхождении по ходу плавки расчетного и реально складывающегося хода процесса плавки (например, изменение количества корзин, возникновение ограничений по количеству кислорода продувки и т.п.) или при изменении задания на плавку, система осуществляет полный пересчет проекта плавки и соответствующих управляющих воздействий. В любой момент времени оператор может взять управление на себя или вернуться в автоматический режим. Во время перехода на ручное управление система ОРАКУЛ продолжает работу в параллельном режиме, дополнительно учитывая действия сталевара и выводя свои рекомендации на экран, т.е. в режиме «советчика сталевара», оставаясь при этом готовым в любой момент принять управления «на себя».

Таким образом, система ОРАКУЛ не только полностью соответствует требованиям, предъявляемым к современным АСУ ТП производства стали, но и позволяет реализовать функцию оптимизации процесса, принципиально недоступную другим системам.

Практика внедрения системы ОРАКУЛ в реальное производство.

1) На Белорусском металлургическом заводе система ОРАКУЛ внедрена в действующую систему АСУ ТП и в январе 2000 года сдана в промышленную эксплуатацию на ДСП-1.

В 1999 г. были проведены первые испытания совместной работы системы ОРАКУЛ с существующей АСУ ТП в режиме автоматического ведения плавки, по которым были сделаны следующие выводы:

- расход электроэнергии на плавках, проведенных в автоматическом режиме в указанный период ниже на 10,7 кВт-час/т шихты (-2,0 %), длительность работы под током меньше на 1,9 мин (-3,6 %);

- при работе системы ОРАКУЛ в автоматическом режиме получен более стабильный состав шлака. Колебания СаО 42,0-50,6 % против 27,8-50,6 % за более ранний период, Р₂О₅ 0,4-0,5 % против 0,1-0,6 %;

- в процессе работ наблюдались случаи необоснованного вмешательства со стороны технологического персонала – переход из автоматического режима в ручной, что, как правило, сопровождалось перегревом металла, увеличением расхода электроэнергии и продолжительности плавки;

- испытания подтвердили полную возможность ведения плавки в автоматическом режиме используя систему ОРАКУЛ. В процессе испытаний не было случаев выдачи команд управления, которые могли бы негативно повлиять на технологический процесс. Как правило, процесс шел ровно, шлаковый режим обеспечивал нормальное закрытие дуг.

Позже на заводе проводилась обработка данных по плавкам за период с 01.12.1999 по 05.01.2000 г с целью выявления эффективности работы системы ОРАКУЛ в режиме автоматического ведения плавки стали на ДСП–1 по переключению ступеней напряжения и отдаче сыпучих материалов. Анализ данных показывает:

- расход электроэнергии на плавках, проведенных в автоматическом режиме в указанный период ниже на 12 кВт-час/тонну шихты (-2,74 %) (абсолютные значения: ручной режим 440 кВтч/т, автоматический режим 428 кВтч/т), длительность работы под током меньше на 1,3 мин (61,1 – 59,8).

На БМЗ принято решение об использовании системы ОРАКУЛ в качестве основы при модернизации системы АСУ ТП ДСП-2 и ДСП-3.

2) В настоящее время ведутся работы по внедрению системы ОРАКУЛ в существующую систему АСУ ТП ДСП-2 Молдавского металлургического завода, . Пока работа системы ОРАКУЛ осуществляется в режиме советчика сталевара на этапе опытной эксплуатации системы, т.е. в режиме параллельной с печью работы без управления какими-либо устройствами и агрегатами. При этом можно с уверенностью говорить об адекватности прогноза системой ОРАКУЛ химического состава и температуры металла и шлака, при условии получения достоверной информации о видах и количествах лома и материалов, загружаемых в печь.