

СПОСОБ ФОРМИРОВАНИЯ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АРХИВНОЙ БАЗЫ ДАННЫХ КОНТРОЛИРУЕМЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ДОМЕННОЙ ПЛАВКИ

Мордвицкий Э.М., магистрант; Воротникова З.Е., доц., к.т.н.

(ГВУЗ «Приазовский государственный технический университет», г. Мариуполь, Украина)

К настоящему времени достаточно отработаны информационные системы доменного процесса, но роль субъективного фактора опытного оператора-технолога в управлении доменной печью является все еще ключевой.

К тому же, одна из главных проблем математического моделирования доменного процесса связана с разрешением противоречия между сложностью моделируемого процесса и необходимостью решения технологических задач в одном темпе с процессом за заданный интервал времени, с использованием реально имеющейся информации. Применение полных моделей доменного процесса, решить эту проблему, не позволяет [1].

В настоящее время среди существующих на доменных печах мира интегрированных компьютерных систем контроля и управления лишь некоторые включают в свой состав модельные системы управления технологическим режимом доменной плавки. Очень редко эти сложные системы оперативного управления доменным процессом тиражируются, так как для эффективной их эксплуатации они должны быть адаптированы к условиям работы конкретной печи. В связи с этим, остаются актуальными системы поддержки принятия решений, работающие в режиме советчика оператора доменной печи.

Задача разрабатываемой системы состоит в, структуризации и систематизации данных, снятых с контроллеров. Проводится статистический анализ данных; прогнозирование хода плавки в реальном времени на основании анализа текущего состояния процесса и архивной БД; визуализация информации о возможном протекании технологического процесса на основании сделанного прогноза.

На первом этапе исследований рассматривались контролируемые параметры состояния технологического процесса выплавки чугуна при нормальном ходе печи. Данные поступают с датчиков контроля технологических параметров, установленных на доменной печи, на сервер АСУТП.

В системе контролируются следующие параметры:

1) температуры холодного и горячего дутья, колошникового газа в газоотводах и по радиусу колошника, огнеупорной кладки печи и ее фундамента, поступающей и отходящей из охладительной арматуры воды и воздуха, охлаждающего лещадь, купола воздухонагревателя и продуктов горения, отходящих из воздухонагревателя;

2) давление холодного и горячего дутья, перепады давления газа в нижней, средней и верхней части шахты, природного газа, воды, поступающей в охладительную арматуру, пара в межконусном пространстве и пара, подаваемого под большой конус;

3) расход дутья, природного газа, кислорода, подаваемого в печь, расход дутья и природного газа, подаваемого на каждую фурму, влажность дутья;

4) состав колошникового газа, продуктов горения воздухонагревателей, содержание в дутье кислорода и влажность дутья;

5) уровень шихтовых материалов в печи;

6) число подач, загруженных в печь, число скипов в подаче, угол поворота ВРШ;

7) масса и химический состав агломерата, кокса и добавок к каждой подаче.

Эти данные достаточно полно характеризуют текущее состояние системы, которое зависит от предыдущего состояния и управляющих воздействий, которые в свою очередь складываются из качества и способа загрузки шихтовых материалов, состава и режима дутья, времени слива чугуна и шлака.

Способ загрузки шихтовых материалов, их количество и состав определяют регулирование доменного процесса сверху. Возможность изменения параметров шихтовых материалов в широких пределах отсутствует — работа ведется с теми материалами, которые поступают. Существует возможность «доводки» материалов с помощью различных легирующих элементов, используя известняк, богатые рудой присадки. Качественные и количественные характеристики шихтовых материалов оцениваются технологами по мере прихода сырья и формирования подач, на основе проведенных на предприятии анализов.

Оценка состояния системы проводится также, при помощи статистических характеристик временных рядов контролируемых технологических параметров:

В ходе доменной плавки контролируется большой набор технологических параметров. Для анализа в системе был выбран наиболее презентативный набор параметров. Список параметров определяется технологическими специалистами и может изменяться по ходу наработки системы с целью уточнения общих характеристик.

Данные, поступают на сервер с контроллеров каждые 3 секунды. Временные ряды значений контролируемых параметров, полученные за цикл плавки (с момента начала слива чугуна до следующего слива), сглаживаются (например: с помощью экспоненциального алгоритма с выбором оптимального параметра [2]), сжимаются (например: с помощью алгоритмов тригонометрической аппроксимации данных [3]) и их модели хранятся в базе данных. Так как обработка данных в виде моделей требует большого объема вычислительной работы и, следовательно, машинного времени, что затрудняет использование их в системах реального времени, модели задействуются лишь на этапе визуализации результатов прогноза.

В базу данных для каждого цикла плавки записываются значения *«характерных показателей»* для временных рядов контролируемых технологических параметров. Основная проблема здесь состоит в выборе системы характерных показателей, обеспечивающих формирование критериев их подобия (близости) или отличия.

Для решения этой задачи могут быть выбраны следующие статистические характеристики [4]: 1) среднеквадратичное отклонение контролируемых параметров от их математического ожидания; 2) смещение математического ожидания от нормативного значения; 3) вероятности отклонения контролируемой величины в определенный момент времени от ее математического ожидания на нормативное значение; 4) относительное число отклонений контролируемой величины, находящихся в фиксированной области или соответствующее время; 5) максимальное непрерывное время нахождения значений в некоторой области; 6) суммарное непрерывное время нахождения контролируемого параметра в некоторой области дольше заданного порога.

При помощи динамического расчета статистических характеристик контролируемых параметров в системе проводится оценка качества регулирования в контрольных точках в течение каждого цикла плавки, предусмотрена возможность задания контрольных точек (например: каждые 10 минут). В каждой контрольной точке качество управления по каждому технологическому параметру рассчитывается по следующим выборкам: суточной (24 часа), за смену (8 часов), за цикл плавки, за час, за 30 минут, за 15 минут, за 5 минут

Выбор вида *«характерного показателя»*, для каждого контролируемого параметра должен осуществляться экспертом исходя из накопленного опыта. В зависимости от нормативного характера поведения конкретного контролируемого параметра или группы параметров, частный критерий качества регулирования строится как взвешенная аддитивная свертка, включающая один или несколько видов статистических характеристик. При проведении экспериментов с системой были использованы нормативные данные из технологической инструкции и рекомендации обслуживающего персонала домен №2 МК «Азовсталь» г. Мариуполя.

В БД также записываются данные, полученные из лаборатории, о температуре слива, качестве и количестве выплавленного чугуна и шлака [5].

кластеризация (relocation clustering), агломеративная иерархическая кластеризация, метод k-среднего, метод нечеткого c-среднего и другие.

При проектировании системы, для решения этой задачи использовалась иерархическая кластеризация, которая не требует задания исходного числа кластеров, а позволяет найти их в процессе выполнения процедуры кластеризации. В качестве метрики было выбрано Евклидово расстояние, «характерные показатели» предварительно нормировались. На рис.2. показана полученная дендрограмма для фрагмента БД (за 20 суток).

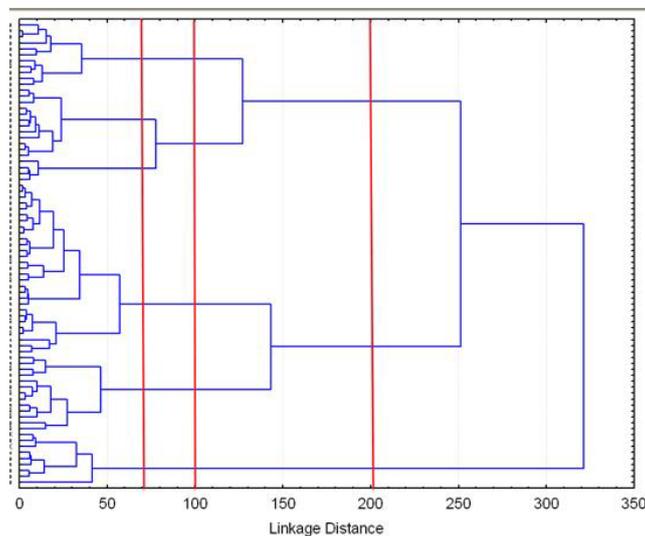


Рисунок 2 – Дендрограмма групп

Отдельно проводится группирование циклов плавки по качеству, температуре и количеству выплавленного чугуна и шлака. Эти данные используются при настройке порогов для разделения множества циклов плавки на классы.

По результатам кластеризации для каждого цикла плавки в БД вносятся данные о том к какому классу он принадлежит, и к какому классу отнесен предшествующий цикл.

По мере формирования данных о текущем цикле в каждой контрольной точке, независимо, проводится прогнозирование принадлежности цикла к некоторому классу с использованием метрической классификации. Притяжение осуществляется к ближайшему центру масс, т.е. к тому кластеру расстояние от объекта до центра масс которого, наименьшее.

В качестве прогнозного значения выбирается класс, наиболее часто встречающийся в предшествующих контрольных точках текущего цикла.

Данные о прогнозе записываются во вспомогательную таблицу и используются для оценки качества прогнозирования. Качество прогноза напрямую зависит от представительности данных в БД. В таблице приведены данные о качестве прогноза на фрагменте БД.

Таблица 1 Результаты промежуточных прогнозов

Номер класса	Количество правильно классифицированных объектов в каждой контрольной точки, %															
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	40	43	56	55	59	62	68	75	77	87	87	88	90	92	95	96
2	65	55	60	67	68	67	69	73	76	78	90	91	91	93	93	97
3	90	90	91	90	91	92	91	93	94	94	93	95	95	97	97	97
4	65	66	66	65	68	67	70	77	79	85	86	86	90	92	94	95
5	70	77	81	80	82	82	81	88	89	89	88	90	91	92	92	95

Для каждой контрольной точки по результатам прогноза выбираются «лучший», «худший» и «типичный» циклы, которые выводятся на экран. «Лучший» и «худший» циклы

выбираются в зависимости от величины критерия качества чугуна, который показывает величину отклонения качества чугуна от нормы по спрогнозированной группе. «Типичный» цикл – выбирается случайным образом по гистограмме из диапазона значений критериев качества чугуна, в который попало наибольшее количество циклов.

Для расчета качества чугуна вводится критерий, как расстояние от точки, образованной нормированными значениями параметров качества чугуна для заданного цикла плавки в пространстве контролируемых параметров чугуна, до центра диапазонов норм параметров для чугуна необходимого качества.

$$K_i = \rho(x_i, a)$$

где a – координаты центра диапазонов нормы параметров качества чугуна;

x_i – координаты i -го цикла плавки в пространстве параметров качества чугуна.

Каждые сутки рассчитывается качество группирования циклов в БД по формуле:

$$\Phi_0 = \sum_{y \in Y} \frac{1}{|K_y|} \sum_{i: y_i = y} \rho^2(x_i, \mu_i) \rightarrow \max$$

где $K_y = \{x_i \in X^l | y_i = y\}$ - кластер y ,

μ_i - центр масс кластера y .

$$\Phi_1 = \sum_{y \in Y} \rho^2(\mu_y, \mu) \rightarrow \max$$

где μ - центр масс всей выборки y .

$$\Phi = \Phi_0 / \Phi_1 \rightarrow \min$$

Если качество группирования ухудшается более чем на 10 % (параметр может регулироваться) агрегативная иерархическая процедура группирования запускается снова, чтобы уточнить границы классов.

Установленные на производстве АСУТП собирают и хранят данные о контролируемых параметрах в течение уже продолжительного времени. Предложенная система извлечения и визуализации знаний, заключенных в этих «сырых» данных может быть использована при принятии решений в реальном времени как советчик оператора доменной печи.

В перспективе, для лучшей кластеризации, можно использовать другие методы. Например, с-среднее – нечеткая кластеризация, которая позволит определить в какой степени тот или иной ряд относится к какому-то кластеру.

Представляет интерес так же использование комплексных показателей для оптимизации объема БД, что, также, позволит снизить размерность задач и повысить быстродействие.

Перечень ссылок

1. Спири́н Н.А. Оптимизация и идентификация технологических процессов в металлургии: учебное пособие для вузов / Н.А. Спири́н [и др.]. – Екатеринбург: Уральский государственный технический университет – УПИ, 2006. – 306 с.
2. Лукашин Ю.П. Адаптивные методы краткосрочного прогнозирования временных рядов: учебное пособие / Ю.П. Лукашин. — М.: Финансы и статистика, 2003. – 416 с.
3. Жук В.В. Тригонометрические ряды Фурье и элементы теории аппроксимации: учебное пособие / В.В. Жук, Г.И. Натансон.— Л.: ЛГУ, 1983. — 188 с.
4. Статистические методы контроля качества продукции: пер. с англ. / Л. Ноулер [и др.] – 2-е русск. изд. М.: Издательство стандартов, 1989. – 96 с.
5. Технологическая инструкция. Производство чугуна: ТИ 232-1-2007 / ОАО «МК «Азовсталь» . – Мариуполь, 2007. – 73 с.