

## ВВЕДЕНИЕ

Очередное обсуждение темы моделирования ТП на страницах журнала «Автоматизация в промышленности» демонстрирует разнообразие решаемых авторами задач автоматизации, широту используемых методов и областей применения результатов. Это несомненное доказательство актуальности моделирования в современной промышленной автоматизации. Разработанные модели используются собственно в системах управления технологическими процессами, в тренажерах для обучения операторов, для инжиниринга процессов и систем автоматизации. Во многих работах объединены несколько таких направлений на основе единой модели процесса.

Полученные авторами результаты нашли применение в металлургии (С.А. Орешкин и др.; С.И. Малафеев и др.), энергетике (Л.А. Денисова; Б.К. Былкин и др.), нефтехимии и нефтепереработке (В.А. Кривоносов и др.; И.В. Сластенов), машиностроении (Ю.И. Толуев и Т.П. Зманов-

ская), на транспорте (С.А. Власов и др.; С.В. Тарасов), в пищевой промышленности (Н.Н. Луцкая и др.).

Особо отметим использование моделирования в задачах инжиниринга человеческого ресурса. А.Н. Варнавский предлагает имитационную модель производительности труда операторов с целью оптимизации перерывов в работе. А.Л. Венгер приводит результаты пионерского исследования по моделированию эмоционального поведения человека в ситуациях выбора, связанных с высоким риском, что типично для операторской деятельности.

Редакция благодарит всех авторов настоящего раздела. Некоторые статьи, не попавшие в номер по техническим причинам, будут опубликованы в ближайшее время. Мы ожидаем Ваши новые работы в следующем тематическом номере. Мы также планируем проанализировать все статьи раздела, опубликованные за 10 лет существования журнала. Надеемся, такой анализ будет интересен читателю и даст новый импульс потенциальным авторам.

*Редакция выражает благодарность за помощь в подготовке номера Виктору Михайловичу Дозорцеву – д-ру техн. наук, профессору, члену редакционной коллегии журнала "Автоматизация в промышленности".*

## СИНТЕЗ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ СЛОЖНЫМИ ТП

**С.А. Орешкин, А.В. Спесивцев, И.Н. Дайманд (ООО «Сумма технологий»),  
В.Г. Козловский, В.И. Лазарев (Медный завод ЗФ ОАО «ГМК «Норильский никель»)**

Компанией «Сумма технологий» предлагается новое решение задачи построения интеллектуальной АСУТП (ИАСУТП), сочетающее применение уникальных методологий: построение семантической сети на базовой онтологии, которая позволяет описать сложную многофакторную модель в виде семантической сети на специфичном ограниченном словаре, и полиномиальное преобразование НЕ-факторов, суть которого состоит в преобразовании качественных знаний эксперта в математическую модель в виде нелинейной полиномиальной функции. Первая из методологий обладает свойством универсальности независимо от предметной области, а вторая – передает специфику этой области через опыт и знания экспертов. Представлены результаты промышленных испытаний разработанной ИАСУ применительно к процессу плавки сульфидного медно-никелевого сырья на Медном заводе ЗФ ОАО «ГМК «Норильский никель» (г. Норильск), обладающему свойствами «сложной системы» и функционирующему в условиях «существенной неопределенности».

**Ключевые слова:** интеллектуальная АСУТП, сложная система, семантическая сеть, базовая онтология, экспертные знания, полиномиальное преобразование НЕ-факторов, существенная неопределенность, процесс Ванюкова.

### Введение

Анализируя задачи автоматизированного управления большинством ТП различных отраслей промышленности (химическая, черная и цветная металлургия, горное и нефтегазовое производство, тепло-электроэнергетика, сельское хозяйство и др.), можно выделить объединяющую их проблему, заключающуюся в необходимости построить такую математическую модель ТП, которая позволит учесть всю требуемую входную информацию, принимая в расчет ее возможную неточность, неопределенность, неполноту, и при

этом на выходе получить данные (управляющее воздействие, прогноз), адекватные текущей ситуации в ТП [1–4].

Известно, что традиционный подход к моделированию (то есть моделирование на основе традиционных методов в предположении о полноте и точности знаний о процессе) практически неприменим при рассмотрении сложных многофакторных процессов, которые в целом трудно поддаются формализации. Сложность реальных процессов обуславливает поиск нетрадиционных методов построения их мате-

математических моделей и оптимизации управления ими. При этом очень важен не только аспект оптимального управления, но и аспект анализа текущего состояния процесса, поскольку именно вывод о текущем состоянии процесса позволяет выбрать оптимальное в данной ситуации управление. Такой анализ может быть выполнен на базе системы структурно-поточно-многоуровневого распознавания технического состояния процесса в масштабе РВ [4].

Основным фактором, обесценивающим попытки построения формальных моделей и описания технического состояния таких сложных процессов традиционными методами, является «существенная неопределенность» входной информации [1]. Это проявляется в объективной невозможности стабилизировать и/или измерять значения ряда ключевых параметров технического состояния таких процессов. Следствием этого является нарушение основных критериев технологической согласованности процесса, что влияет как на качество конечных продуктов, так и на стабильность функционирования процесса в целом [2, 3]. На языке математики такие процессы относят к «сложным техническим системам» или к «слабоструктурированным системам», для которых в настоящее время не существует общей теории моделирования [1, 4, 5].

Традиционная АСУТП ставит своей задачей автоматизацию обслуживания агрегата или передела, и в ее функции по определению не входят вопросы оптимального управления процессом и анализа его состояния. Например, АСУТП позволяет изменять положение управляющих механизмов, обслуживающих агрегат, осуществляет мониторинг связной работы узлов агрегата, позволяет менять производительность агрегата и режим его работы. Но состояние процесса, качество конечных продуктов, соотношение входящих продуктов по элементному составу — эти вопросы зачастую находятся вне базовой автоматизации агрегата. Таким образом, при наличии только базовой АСУТП оператор вынужден выполнять функции обслуживания не только агрегата, но и протекающего в нем процесса. Именно это и приводит к проблеме «человеческого фактора», поскольку оператору не всегда удается полностью достичь всех, чаще всего разнонаправленных целей управления. Кроме того, конструктивные особенности агрегата не всегда позволяют в полной мере решать все вопросы на уровне АСУТП. Примером тому может служить проблема обеспечения в текущей версии АСУТП необходимой достоверности входной информации при оценивании качества и количества подаваемых в реакционную зону материалов в режиме РВ [2, 3].

Интеллектуальная АСУ (ИАСУ) — это система, которая использует базовую автоматизацию агрегата как источник входной информации и позволяет на основе технологий искусственного интеллекта построить модель процесса, протекающего в агрегате, проанализировать текущее состояние процесса

*В любом проекте важнейшим фактором является вера в успех. Без веры успех невозможен..*  
Уильям Джеймс

по модели и на основании анализа решить задачу оптимального управления заданным агрегатом.

Существующие так называемые «коробочные решения» «под ключ» предполагают необходимость полной автоматизации агрегата или передела «с нуля». При этом заказчику поставляется как аппаратная составляющая автоматизации, так и ПО. Функциональность подобного решения может быть достаточно широкой, в том числе и содержащей интеллектуальную составляющую, но при этом совершенно несовместимой с существующими в настоящий момент АСУТП заказчика. Это зачастую приводит к резкому усложнению и удорожанию технического решения. Предлагаемый вариант построения интеллектуальной АСУ на базе экспертных знаний, используя базовую автоматизацию, ставит своей целью именно мониторинг и управление процессом, протекающим в агрегате. Такая система в условиях «существенной неопределенности» [1, 2, 4] способна оценивать неизмеряемые или плохо измеряемые параметры, интерпретировать достаточно точно их количественно, идентифицировать текущее техническое состояние процесса и рекомендовать оптимальное управляющее воздействие по устранению возникшего конфликта (в случае наличия конфликтов в технологической согласованности процесса) [2, 3].

ИАСУ в данной версии, используя интеллектуальные технологии, позволяет:

- осуществить интеграцию с любой базовой АСУ, уже существующей на агрегате или переделе заказчика;

- реализовать создание общего информационного пространства для всех агрегатов передела с целью реализации общего управления и мониторинга;

- выполнить количественную оценку неизмеряемых и/или качественных параметров на каждом агрегате в рамках базовой АСУ агрегата;

- отслеживать критерии технологической согласованности процесса как по каждому отдельно взятому агрегату, так и (при необходимости) по переделу в целом;

- дать оценку текущего состояния ТП как по каждому отдельно взятому агрегату, так и по переделу в целом в режиме РВ;

- выработать управляющие решения — советы оператору относительно восстановления технологического баланса как по агрегату, так и по переделу в целом.

Основу интеллектуального ядра ИАСУ составляет способ представления знаний «Семантическая сеть на базовой онтологии», позволяющий описать сложную многофакторную модель в виде семантической сети на специфичном ограниченном словаре [3], и ме-

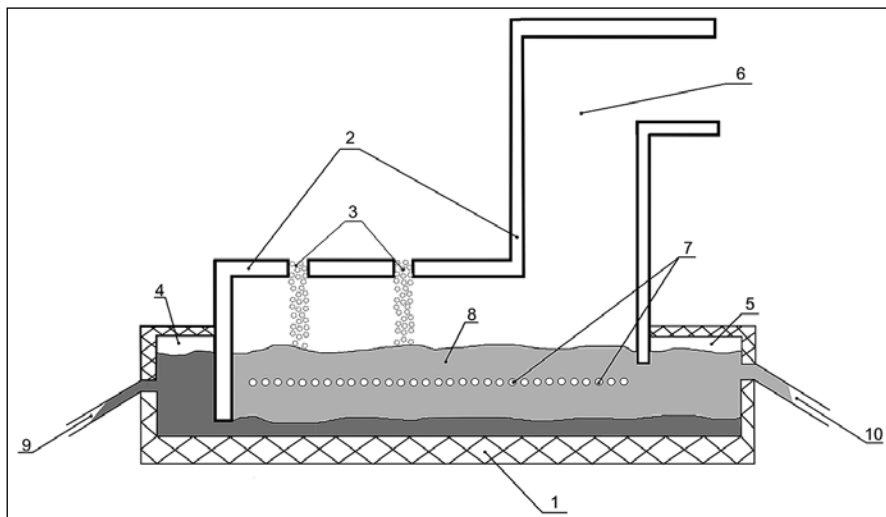


Рис. 1. Схема основных элементов печи Ванюкова (пояснения в тексте)

тод «Полиномиальное преобразование НЕ-факторов» [5], суть которого состоит в преобразовании качественных знаний эксперта в математическую модель в виде нелинейной полиномиальной функции [2, 3].

Целью данной статьи является ознакомление читателей с новым подходом к решению задачи построения ИАСУТП, основанным на применении уникальных методологий, и результатами промышленной эксплуатации ИАСУ ПВ-3 Медного завода ЗФ ОАО «ГМК «Норильский никель». ИАСУТП разработан компанией «Сумма технологий» в 2011–2012 гг. на базе платформы G2 фирмы Gensum (США) для управления процессом Ванюкова по переработке сульфидного медно-никелевого сырья.

#### Технологический процесс как объект моделирования

Большинству ТП, в том числе и процессу Ванюкова [7], присущи все признаки «сложных технических систем» — многопараметричность и «существенная неопределенность» входной информации. В таких условиях для решения задачи удержания технологической согласованности ТП целесообразно использовать методы экспертного оценивания ситуации и формирования вывода, опирающегося на знания и опыт эксперта [2, 6].

Компания «Сумма технологий» выполнила разработку ИАСУ Печи Ванюкова (ИАСУ ПВ-3) Медного завода ЗФ ОАО «ГМК «Норильский никель» на базе платформы G2 фирмы Gensum (США) для решения следующих задач по управлению процессом Ванюкова:

- стабилизация качества продуктов плавки;
- количественное оценивание неизмеряемых или плохо измеряемых (в силу ряда как объективных, так и субъективных причин) параметров ТП и состояний агрегатов косвенными методами;
- снижение энергоемкости процесса переработки различных шихтовых материалов;
- стабилизация температурного режима процесса при сохранении плановых заданий и целей.

На рис. 1 показана схема расположения основных конструктивных элементов ПВ.

Агрегат представляет собой расположенную на подине 1 прямоугольную кессонированную водоохлаждаемую шахту 2, в своде которой размещены две точки 3 для подачи шихтовых материалов в расплав, и к которой со стороны торцевых стенок примыкают штейновый 4 и шлаковый 5 сифоны со сливными отверстиями 9 и 10 соответственно. Для эвакуации газов предусмотрен аптейк 6. Шихтовые материалы через точки 3 попадают в расплав, который продувают кислородовоздушной смесью (КВС) через

фурму 7, интенсивно барботируя штейно-шлаковую эмульсию 8 в надфурменной зоне. Кислород КВС окисляет сульфид железа, обогащая тем самым штейновые «корольки» (капли), сегрегирующие в донную часть в силу разности плотностей несмешивающихся жидкостей штейна и шлака. При этом движение массопотоков расплава направлено вниз благодаря непрерывному выпуску из сифонов штейна 4 и шлака 5 через выпускные отверстия 9 и 10 соответственно. Благодаря конструктивным особенностям, показанным на рис. 1, реализуется и сам процесс Ванюкова, основная идея которого ясна из приведенного описания.

Следует отметить особенности процесса Ванюкова, отличающие его от других, в том числе и зарубежных, технологий пирометаллургии: высокую удельную производительность — до 120 тонн с 1 м<sup>2</sup> площади зеркала ванны в сутки (проплав до 160 т/ч); малый пылевывос — < 1%; переработку шихты крупностью до 100 мм и влажностью > 16%.

Программно-технический комплекс, на базе которого реализована АСУТП ПВ-3, имеет трехуровневую архитектуру. Нижний уровень включает датчики, электроприводы, регулирующие клапаны, исполнительные механизмы; средний уровень — ПЛК; верхний — персональные электронно-вычислительные машины (ПЭВМ). На базе АРМ реализован графический интерфейс для взаимодействия оператора с системой управления, система звуковой сигнализации, хранение истории процесса (рис. 2).

Управление процессом плавки осуществляется с АРМ оператора («пульта»). При этом используется не только информация от датчиков и исполнительных механизмов, но и органолептическая, когда плавильщик, наблюдая характерные особенности поведения ванны расплава (величину и «тяжесть» брызг, общее состояние ванны и др.), передает полученные оценки на пульт оператору. Все эти разнородные по своей физической сути источники информации в совокуп-

### Краткое описание возможностей системы

ИАСУ ПВ-3 на основании исходной информации, получаемой из АСУ ПВ-3 и других информационных систем, реализует в РВ модель процесса Ванюкова, анализирует текущее состояние процесса на наличие технологического дисбаланса и в случае возникновения конфликтов идентифицирует их, предлагая оператору сценарии разрешения конфликтов. Система выступает, таким образом, в роли «советчика оператору». ИАСУ визуализирует информационные каналы, которые отображают пользователю текущее состояние критериев управления и прогнозов на качество

конечных продуктов.

ИАСУ ПВ-3 обладает следующими потребительскими характеристиками:

- интуитивно понятный технологическому персоналу интерфейс пользователя;
- программная и информационная совместимость с АСУ ПВ-3 и другими информационными системами;
- возможность адаптации системы под другие агрегаты на уровне наполнения базы знаний без изменения программного ядра системы;
- локализация всех элементов пользовательского интерфейса на русском языке;
- надежность, открытость, масштабируемость, то есть возможность дальнейшего расширения и модернизации.

Контроль и управление всеми агрегатами и исполнительными механизмами осуществляется со станций оператора АСУ ПВ-3, расположенных в помещении операторной ПВ-3.

В дополнение к существующим станциям оператора используется специализированное АРМ, предназначенное для предоставления оператору пользовательского интерфейса системы ИАСУ ПВ-3. Архитектурно и функционально ИАСУ ПВ-3 выглядит как дополнение к существующей АСУ ПВ-3, то есть как расширение функциональных и информационных функций действующей системы управления.

ИАСУ ПВ-3 обеспечивает в режиме РВ выполнение следующих прикладных функций:

- оценка количества и качества загрузки подаваемой в печь шихты;
- прогноз качества конечных продуктов;
- отображение результатов принимаемых решений оператора по критериям технологической сбалансированности процесса;
- автоматический анализ качества управления ТП;

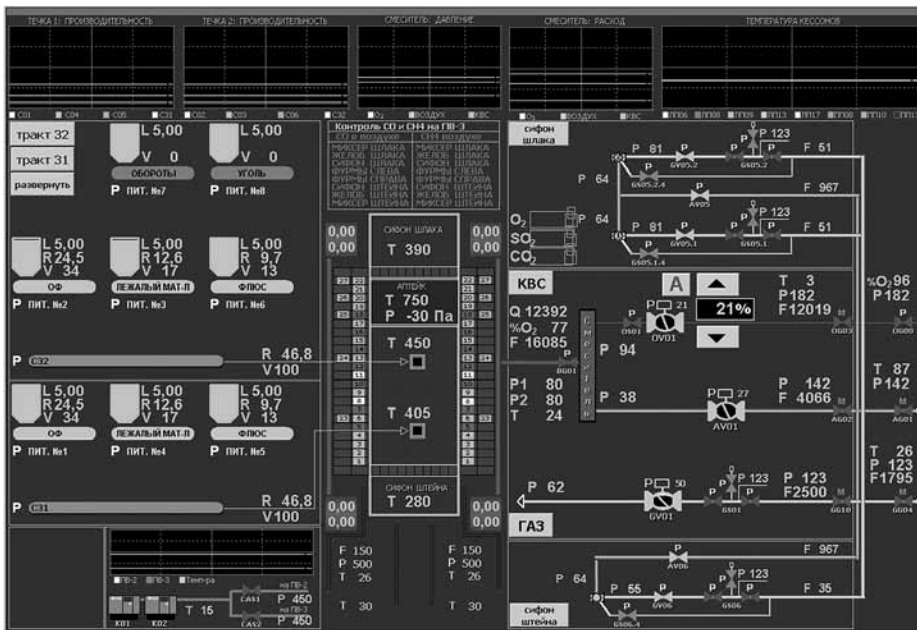


Рис. 2. Интерфейс базовой АСУТП ПВ-3 на АРМ оператора  
ности позволяют оператору оценивать сложившуюся ситуацию по многим переменным, например «Загрузка», «Высота ванны», «Температура расплава» и др., которые обуславливают более обобщенные понятия: «Состояние ванны расплава», «Состояние процесса в целом» [2, 3].

Объективно возникающие производственные условия часто приводят к ужесточению требований к процессу Ванюкова; например, к необходимости проплава большого количества техногенного сырья, что значительно усложняет задачу соблюдения технологической согласованности процесса, так как техногенные компоненты слабо предсказуемы по составу и влажности. Вследствие этого оператор, не обладая достаточной информацией о свойствах такого сырья, не всегда способен принимать верные решения и «теряет» либо температуру, либо качество конечных продуктов.

В основу разработанной ИАСУ ПВ-3 положен принцип ведения процесса в достаточно узком «коридоре» по главным критериям технологической согласованности процесса для улучшения качества конечной продукции и сохранению эксплуатационных свойств агрегата. ИАСУ ПВ-3 предназначена для заблаговременного прогнозирования и информирования оператора о нарушениях технологической согласованности на начальных стадиях их зарождения путем анализа разработанных на базе экспертных знаний специальных критериев. Критерии задают цели управления процессом и информируют оператора о текущем состоянии процесса. При этом выход значений критериев за допустимые границы интерпретируются системой как начало «конфликта», а для оператора являются сигналом необходимости принятия рекомендуемых управляющих воздействий для возврата процесса в состояние технологической согласованности.

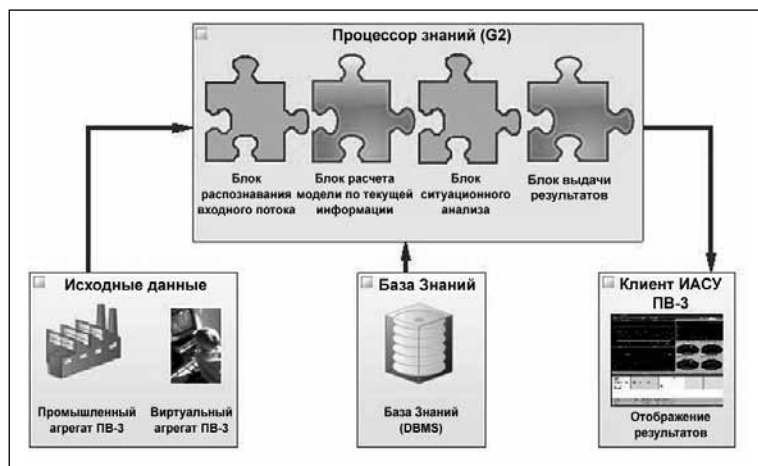


Рис. 3. Обобщенная архитектура системы ИАСУ ПВ-3

- накопление базы знаний по управлению за весь период эксплуатации системы;
- моделирование агрегата ПВ-3 для использования в режиме «Тренажер» с целью обучения персонала.

### Архитектура ИАСУ ПВ-3

ИАСУ ПВ-3 — это экспертная система, которая реализует интеллектуальный мониторинг и управление процессом плавания в режиме совета оператору [2, 3]. Управление реализовано как набор рекомендаций оператору и старшему плавильщику для поддержания технологического баланса процесса при выполнении поставленных целей по качеству конечных продуктов плавания, получению заданного количества готовой продукции (ковшей штейна) и проплавку техногенных материалов.

Основными элементами ИАСУ ПВ-3, как и любой экспертной системы, являются: база знаний; блок принятия решений; блок распознавания входного потока информации (получение вывода на знаниях).



Рис. 4. Интерфейс ИАСУ ПВ-3 на АРМ оператора (обозначения полей – текстом)

На рис. 3 представлена обобщенная архитектура системы.

Уникальность методологии извлечения и представления экспертных знаний в виде нелинейного полинома [2] дает возможность в кратчайшие сроки синтезировать достаточную систему логико-лингвистических моделей, системно представляющую особенности протекания ТП [3]. При этом использование в качестве экспертов высококвалифицированных специалистов, эксплуатирующих именно данный агрегат с его характерными особенностями, гарантирует ведение протекающего в нем процесса в соответствии с технологической инструкцией предприятия.

В основу представления знаний для описания модели процесса Ванюкова взято представление «Семантическая сеть на базовой онтологии». Данное представление предполагает выделение словаря — базовой онтологии на основе анализа предметной области. Используя базовую онтологию и набор признаков, соответствующий элементам базовой онтологии, можно построить семантическую сеть, которая позволяет структурировать сложную многофакторную модель [3]. Благодаря такому описанию достигается, с одной стороны, значительное понижение размерности по числу факторов, а, с другой — унифицируются связи, которыми эти факторы связаны между собой. При этом полностью сохраняется семантика и функциональность каждого из рассматриваемых факторов.

Все знания о процессе Ванюкова и об агрегате ПВ-3, в котором этот процесс реализуется, хранятся в базе знаний (БЗ). Последняя устроена как реляционное хранилище данных и содержит формальную запись знаний в виде записей в таблицах.

Процессор знаний или блок принятия решений как часть экспертной системы реализован на базе платформы для разработки промышленных экспертных систем G2 (Gensym, USA). Основными элементами процессора знаний (рис. 3) являются блоки: распознавания входного потока информации; расчета модели по текущей ситуации; ситуационного анализа; принятия решений.

Рассмотрим более подробно данные элементы. В момент запуска экспертной системы процессор знаний считывает всю информацию из БЗ, которая записана в хранилище, и строит модель агрегата ПВ-3 и процесса Ванюкова. Далее, по мере работы

процесса и агрегата ПВ-3 в систему ИАСУ поступают данные от АСУ агрегата. Эти данные характеризуют как состояние процесса (удельный расход кислорода на тонну металлосодержащих и др.), так и состояние агрегата ПВ-3 (температура отходящей воды из кессонов каждого ряда, состояние фурм подачи дутья в расплав и т. д.). Данные попадают в блок распознавания, идентифицируются с точки зрения критериев технологической согласованности, и затем на основании этих данных выполняется расчет по модели процесса Ванюкова. Результаты этого расчета анализируются в блоке ситуационного анализа и при возникновении нарушения технологического баланса ситуация идентифицируется системой как «конфликтная». Далее вырабатывается решение относительно восстановления технологического баланса. Полученные решения, а также информация о текущем состоянии процесса вместе с информацией о конфликтах отображаются в клиентском модуле ИАСУ ПВ-3 (рис. 4). Обновление модели осуществляется каждую минуту.

### Практическая реализация

Продemonстрируем прогностические способности ИАСУ ПВ-3 при ее эксплуатации на Медном заводе ЗФ ОАО «ГМК «Норильский никель».

На рис. 4 представлен интерфейс ИАСУ ПВ-3, информация которого служит оператору дополнением к основной АСУ (рис. 2) при принятии управляющего решения. Поле 1 (рис. 4) визуализирует значения расчетов по модели «Удельный расход кислорода на тонну металлосодержащих». Отражение прогностической способности ИАСУ ПВ-3 по качеству конечной продукции — содержания меди в штейне — демонстрирует график поля 2, а по диоксиду кремния — поля 3. В качестве индикаторов на панель вынесены: 4 — содержание меди в шлаке (%); 5 — процент флюсов в загрузке от металлосодержащих; 6 — качество загрузки (б/р); 7 — температура расплава (°С). Поле 8 содержит почасовые расчетные значения расхода шихтовых материалов по бункерам, а поле 9 отражает названия конфликтов, имеющих место в текущий момент времени. Повышению точности расчетов по моделям способствуют перевод на соответствующий режим управления радиокнопками поля 10. Учет факта заливки конвекторного шлака выполняется кнопкой поля 11.

Синяя линия графика отражает рекомендации системы ИАСУ по значению данного параметра в текущий момент времени. Зеленая линия в графике визуализирует оценку ИАСУ ПВ-3 реального состояния процесса по данному параметру.

Анализ поминутных значений графика в поле 1 показывает устойчивое ведение процесса в допустимых ограничениях по критерию удельного расхода кислорода на тонну металлосодержащих, за пределами которых гарантированно происходит потеря качества конечных продуктов. Так, нахождение за пределами обозначенных границ в течение более 10 минут способно привести к критическим состояниям процесса:

ниже  $150 \text{ м}^3/\text{т}$  — недоокисление расплава и, как следствие, холодный ход печи; выше  $250 \text{ м}^3/\text{т}$  — переокисление расплава, и как следствие, горячий ход печи.

Рассчитанные содержания меди в штейне по фактическим данным (поле 2) отчетливо коррелируют с поведением значений предыдущего критерия (поле 1).

Так, в интервале времени 17:49–18:03 пики на обоих графиках совпадают, что отражает факт реагирования системы на изменение физико-химического состояния ПВ: проведение штатной операции фурмования (чистки) устройств подачи дутья в расплав привело к росту удельного расхода кислорода  $>240 \text{ м}^3/\text{т}$ , вызывало естественное повышение температуры расплава и тем самым обусловило закономерное повышение содержания меди в штейне.

Кроме того, ведение процесса на удельном расходе кислорода в области  $200 \text{ м}^3/\text{т}$  закономерно обуславливает содержание меди в штейне 57...59% в течение наблюдаемого 2-часового интервала.

Сравнение поведения рекомендованного и реального графиков (поле 1) говорит о том, что оператор практически все время следует рекомендациям системы. При этом реальные значения критерия «Удельный расход» отличаются от рекомендуемых в силу: а) естественных колебаний показаний датчиков агрегата ПВ-3 по расходу дутья; б) технологической операции фурмования печи (пик на графике); в) химических изменений состояния ванны расплава вследствие колебаний состава сырья. Обратим внимание на то, что по критерию «% флюсов от металлосодержащих» оператор работает с перерасходом (желтая зона индикатора 5) относительно рекомендаций системы. Подобная ситуация связана с наличием техногенного сырья в загрузке. Вследствие этого, колебания по содержанию диоксида кремния в расплаве становятся трудно предсказуемыми, и система предупреждает оператора, что длительная работа в данном режиме загрузки флюсов может привести к технологическому дисбалансу. Факт наличия техногенного сырья в составе загрузки также подтверждается вычисляемым параметром «Качество загрузки» (индикатор 6), который отображает значение в красной зоне — «Некачественное сырье».

Таким образом, система направляет оператора в части ведения процесса в «узком» коридоре значений основных технологических параметров согласованности, указывая при этом, какого качества продукт будет получен в результате плавки.

Ведение процесса в заданных границах основных технологических критериев позволяет также оптимизировать дутьевой режим работы печи, в частности, сократить расход природного газа в дутье.

Визуализация трендов по основным критериям оказывает, кроме того, положительное психологическое воздействие на оператора-технолога, поскольку «оправдывает» в количественном виде реализацию принимаемого решения при управлении процессом.

**Заключение**

Разработанная компанией «Сумма технологий» и прошедшая апробацию на Медном заводе ЗФ «ГМК «Норильский никель» Интеллектуальная автоматизированная система мониторинга и управления процессом Ванюкова ИАСУ ПВ-3 как «сложной технической системой» позволяет сделать некоторые обобщения применительно к использованию полученных результатов в других отраслях знаний и промышленности.

Синтез указанных выше независимых технологий дает возможность создания ИАСУ практически любой «сложной технической системы» при наличии существующей базовой автоматизации заказчика и высококвалифицированных специалистов, достаточно эффективно эксплуатирующих такие системы в условиях «существенной неопределенности».

Предлагаемый подход к построению ИАСУ обладает еще несколькими преимуществами. Во-первых, он дает существенную экономию во времени за счет того, что первая технология (использование онтологического подхода) уже реализована в программном продукте и позволяет обрабатывать знания о любых моделях в базе знаний, а вторая (построение системы математических уравнений сложного ТП) в силу рецептурной разработанности методики применения требует минимума обращений к эксперту. Во-вторых, использование экспертных знаний применительно к оцениванию технического состояния конкретного объекта осуществляется в условиях технологических регламентов его функционирования, что сводит к минимуму степень риска выработки системой неправильного решения, а мониторинг в режиме РВ способствует раннему обнаружению приближения к предельным (предаврийным) состояниям про-

цесса. В-третьих, фактически реализован наиболее общий подход к решению многоуровневого распознавания технического состояния сложных ТП, объектов или явлений в любой отрасли — цветная и черная металлургия, горное и нефтегазовое производство, химическая промышленность, тепло-электроэнергетика, сельское хозяйство и др.

**Список литературы**

1. Соколов Б.В., Юсупов Р.М. Концептуальные основы оценивания и анализа качества моделей и полимодельных комплексов // Изв. РАН. Теория и системы управления. 2004. № 6. С. 6-16.
2. Спесивцев А.В. Металлургический процесс как объект изучения: новые концепции, системность, практика. — СПб: Изд-во Политехн. ун-та, 2004. — 306 с.
3. Спесивцев А.В., Лазарев В.И., Дайманд И.Н., Негрей Д.С. Оценивание степени согласованности функционирования технологического процесса на основе экспертных знаний. // Сб. докладов. XV Международная конференция по мягким вычислениям и измерениям SCM. С.-Петербург, 2012, Т.1. — С.81-86.
4. Охтилев М.Ю., Соколов Б.В., Юсупов Р.М. Интеллектуальные технологии мониторинга и управления структурной динамикой сложных технических объектов. — М.: Наука, 2006. — 410 с.
5. Нариньяни А.С. НЕ-факторы и инженерия знаний: от наивной формализации к естественной прагматике // КИИ-94. Сб. научн. трудов. Рыбинск, 1994. — С. 9-18.
6. Спесивцев А.В., Домшненко Н.Г. Эксперт как «интеллектуальная измерительно-диагностическая система» // Сб. докладов. XIII Международная конференция по мягким вычислениям и измерениям SCM. С.-Петербург, 2010, Т. 2. — С. 28-34.
7. Ванюков А.В., Быстров В.П., Васкевич А.Д. и др. Плавка в жидкой ванне / Под ред. Ванюкова А. В. М.: Металлургия, 1988. — 208 с.

*Орешкин Сергей Аркадьевич — генеральный директор, Спесивцев Александр Васильевич — канд. техн. наук, доцент, ведущий инженер, Дайманд Инна Николаевна — главный инженер проекта ООО «Сумма технологий», Козловский Вениамин Геннадьевич — заместитель главного инженера по автоматизации, Лазарев Владимир Ильич — начальник технического отдела Медного завода ЗФ ОАО «ГМК «Норильский никель».*  
 Контактные телефоны: (812)-334-72-25, (3919) 256-290.  
 E-mail: spesivtsev@summatechnology.ru daymand@summatechnology.ru

**В Омском филиале ОАО «ТГК-11» введена в опытную эксплуатацию информационная система ТОиР**

Проект внедрения информационной системы управления техническим обслуживанием и ремонтами (ИСУ ТОиР) реализуется на программной платформе TRIM компанией НПП СпецТек.

Работы по внедрению ИСУ ТОиР начались в августе 2012 г. на площадке ТЭЦ-2 Омского филиала ОАО «ТГК-11». За истекшее время исполнителем проекта, компанией НПП «СпецТек» выполнен комплекс работ, предусмотренный проектной документацией. В частности, проведена паспортизация оборудования, в систему введены данные по 7 тыс. ед. оборудования ТЭЦ-2, включая иерархическую структуру оборудования, паспортные характеристики, технические параметры, регламентные работы с периодичностью, составом работ, используемыми запчастями и материалами, трудоемкостью и т.д. Работа созданной БД протестирована на реализуемых в системе процессах ТОиР. Разработаны инструкции для пользователей, проведено их обучение, а также обучение администраторов системы и инструкторов. Специалисты НПП «СпецТек» развернули TRIM на 30 АРМ пользователей, и подключили к работе с системой исполнительный аппарат Омского филиала ТГК-11.

Решение на основе EAM/MRO-системы TRIM, внедренное в Омском филиале ТГК-11, реализует современные методы управления основными фондами предприятия. Объектом управления в системе являются процессы жизненного цикла физических активов на предприятии: приобретение, оперативная эксплуатация, техническое обслуживание и ремонт, обновление и списание. Система поддерживает решение задач предприятия, таких как поддержание работоспособности оборудования, повышение прозрачности затрат на ТОиР и истории эксплуатации, повышение эффективности использования оборудования, повышение производительности при приемлемом уровне рисков, обеспечение необходимого уровня надежности, оптимизация стоимости владения основными фондами, оптимизация программ ТОиР, повышение эффективности ремонтно-эксплуатационного персонала, оптимизация затрат на материально-техническое обеспечение ТОиР.

В настоящее время специалисты НПП «СпецТек» и ОАО «ТГК-11» начали подготовку документов по расширению ИСУ ТОиР и внедрению ее на второй промышленной площадке — на Кировской районной котельной.

[Http://www.tgk11.com](http://www.tgk11.com) [www.trim.ru](http://www.trim.ru)