

5. Жестков А. В. Применение DSP-технологий для измерения расхода жидких и газообразных сред в кориолисовых и ультразвуковых расходомерах «Элметро» // Элметро. Средства автоматизации. Метрология. 2013/3. Челябинск: Элметро, 2013. – С. 102–106.

6. Калмыков А. А., Ронкин М. В. Сравнение цифровых методов определения времени прихода локационных сигналов // Радиовысотометрия-2013. Каменск-Уральский, 2013. С. 413–418.

7. Kupnik M., Krasser E, and Groschl M. Absolute transit time detection for ultrasonic gas flowmeters based on time and phase domain characteristics // IEEE Ultrasonic Symposium. 2007. Pp. 142–145.

УДК 669-7

**С. А. Савчук, А. С. Истомина, Н. А. Спирина**

ФГАОУ ВПО «Уральский федеральный университет

имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», г. Екатеринбург, Россия

## **РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ПРОДУКТА ДЛЯ ОЦЕНКИ ХОДА ДОМЕННОЙ ПЛАВКИ И ВЫЧИСЛЕНИЯ ВЕРОЯТНОСТИ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ОТКЛОНЕНИЯ ОТ НОРМАЛЬНОГО РЕЖИМА**

### **Аннотация**

*В данной статье мы рассмотрим разработку программного обеспечения для вычисления вероятности возникновения отклонения доменной плавки от нормального режима, а также определения типа возможного отклонения. Данная программа является уникальной разработкой и предназначена для оперативного предоставления мастерам доменной плавки и другому производственному персоналу полного объема информации о ходе процесса плавки. Использование программы позволит упростить управление технологическим процессом, повысить эффективность производства, уменьшить вероятность простоев оборудования и аварий.*

*Разработанный программный продукт позволит выявлять наличие отклонений от нормального хода плавки и определять его тип по данным о работающей печи. Пользователь программы имеет возможность в любой момент просмотреть графическую информацию по каждому из параметров используемых в расчете отклонений, а также осуществлять диагностику хода печи в режиме реального времени.*

*Ключевые слова: программное обеспечение, программный продукт, вероятность отклонения, нормальный режим, графическая информация, параметры, доменная печь.*

### **Abstract**

*In this article we look at development of software to calculate probability of blast furnace deviation from normal conditions and also determining the type of possible deviation. This program is a unique development and is designed to furnace foreman's and other manufacturing personnel for the timely provision of complete information during the melting operation. Use of the program will*

*simplify the control of technological process, improve manufacturing efficiency, and reduce the chance of accidents and equipment downtimes.*

*Developed software product allows detect the presence of deviations from the normal conditions of melting process and determine its type according to the working of the furnace. User is any time able to see the graphic information for each of the parameters used in calculating the deviations. And also perform diagnostics operation of the furnace in real time.*

*Keywords: software, software product, deviation probability, normal conditions, graphical information, parameters, blast furnance.*

В настоящее время не существует надежных методов оценки и прогнозирования хода доменной плавки. Это обусловлено высокой сложностью доменного процесса и отсутствием его полного математического описания. Одна из главных проблем математического моделирования доменного процесса связана с разрешением противоречий между сложностью моделируемого процесса и необходимостью решения технологических задач в одном темпе с процессом за заданный интервал времени с использованием реально имеющейся информации. Актуальной является задача поиска новых подходов к решению проблемы диагностики хода доменной плавки с использованием искусственного интеллекта.

Экспертные системы используются в доменном производстве за рубежом для исключения неадекватной реакции операторов на нарушения в работе доменной печи (похолодания и разогрев, подвисания шихты, канальный ход, неровный сход шихты, осадки и т. п.) и построены с использованием концепции искусственного интеллекта и включают в себя опыт специалистов-доменщиков. Наибольшее распространение экспертные системы для управления ходом доменных печей получили в Японии, в России разработкой научных основ создания экспертных систем доменной плавки активно занимаются ученые ряда организаций [1–8].

Таким образом, является актуальной задача разработки программного продукта для оценки хода и вычисления вероятности возникновения отклонения от нормального режима, предназначенного для экспертной системы доменной плавки. В основу моделирования и разработки программного обеспечения в этом случае целесообразно положить известный принцип возмущенного-невозмущенного движения. Условно модель можно разделить на две части – модель базового состояния и прогнозирующая модель. Модель базового состояния позволяет оценивать состояние процесса по фактическим усредненным показателям за базовый период работы печи за предшествующий период работы продолжительностью 2 часа. Прогнозирующая модель с использованием результатов, полученных для базового состояния, позволяет оценить показатели доменного процесса в текущий, последующий за базовым период продолжительностью также 2 часа.

Предварительно отметим *основные группы параметров, характеризующих ход доменной печи и используемых в системе:*

- ✓ химический состав чугуна и шлака, температура чугуна;
- ✓ информация с технических средств контроля хода доменной плавки;
- ✓ состояние фурменных зон;
- ✓ состояние горна доменной печи и, в частности, уровень расплава.

*Основные виды расстройств доменной печи, которые система диагностирует на базе искусственного интеллекта:*

- ✓ периферийный ход печи;
- ✓ осевой ход печи;
- ✓ канальный ход печи;
- ✓ перекосящий уровень засыпи;
- ✓ тугий ход печи;
- ✓ горячий ход печи;
- ✓ холодный ход печи.

Основные способы воздействия на ход доменной плавки с целью устранения возникающих отклонений сводятся к следующему:

- ✓ изменение режима загрузки материалов, рудной нагрузки, масс добавок;
- ✓ изменение дутьевых параметров;
- ✓ изменение давления колошникового газа.

Управляющие воздействия реализуются обычно путем выдачи рекомендаций технологическому персоналу на их изменение.

Создание функциональной модели было выполнено в программе AllFusion Process Modeler (BPwin) по стандарту IDEF0 (Integrated computer aided manufacturing DEfinition). Первый уровень функциональной модели представлен на рис. 1 и включает следующие блоки:

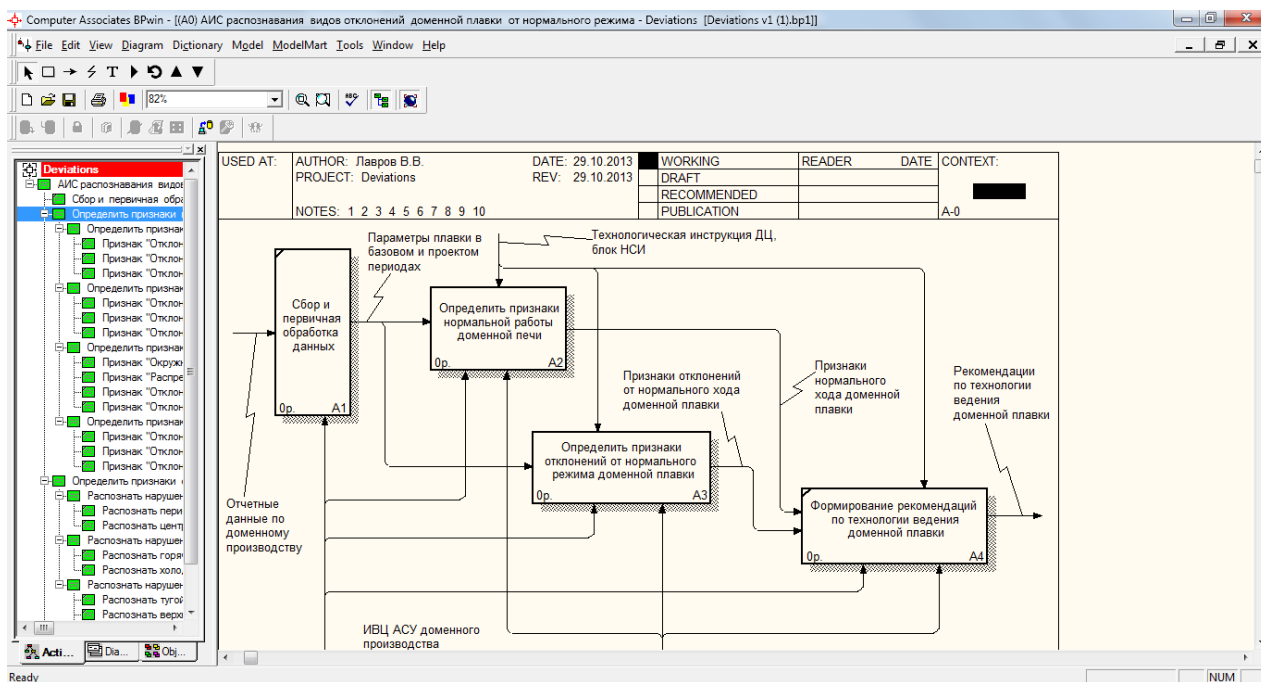


Рис. 1. Первый уровень функциональной модели информационной системы по распознаванию видов отклонений доменной плавки

1. Блок «Сбор и первичная обработка данных». Этот блок предусматривает оценку считываемых значений параметров за базовый период (сглаживание, интерполяцию) и выделение характерных изменений параметров на временном интервале 2 часов по специальным математическим процедурам. Этот же блок предусматривает считывание данных, поступающих в режиме реального времени, генерируемых как датчиками технологических парамет-

ров, так и вводимых вручную технологическим персоналом доменной печи в текущий момент времени.

2. Блок «Выявление признаков нормальной работы доменной печи» представляет блок, предназначенный для оценки нормального хода доменной плавки. Предусмотрена выдача в количественной форме величины вероятности хода доменной плавки в режиме нормальной работы.

3. Блок «Определение признаков отклонения от нормального режима доменной плавки» представляет блок, предназначенный для раннего обнаружения намечающихся расстройств доменной печи (канального хода, периферийного хода, тугого хода, горячего и холодного хода). Обеспечивается возможность идентификации ровного хода печи и диагностируется его развитие или нарушение. Предусмотрена выдача в количественной форме величины вероятности появления и развития того или иного вида расстройств хода доменной печи.

4. Блок «Формирование рекомендаций по технологиям ведения доменной плавки. Данный блок предназначен для информирования технологического персонала о причинах, вызвавших отклонение от нормального хода печи, и факторах, вызывающих нарушение теплового режима доменной плавки. Этот же блок предназначен для выдачи рекомендаций технологическому персоналу по применению одного из нескольких способов воздействия на ход доменной печи в случае обнаружения возникающего отклонения от нормального хода или наметившегося отклонения теплового состояния печи от заданного.

Всего функциональная модель содержит 90 декомпозированных блоков. На рис. 2 продемонстрирована архитектура программного обеспечения информационной системы, в которой выделены основные компоненты ее программной реализации.

Архитектура программного продукта условно состоит из трех частей: первая представляет собой математическую библиотеку на основе проведенных и формализованных расчетов. Расчетный модуль позволяет количественно оценить степень развития того или иного вида нарушений в ходе доменной плавки, диагностировать степень нормального режима доменной плавки. Вторая часть – это модуль, ответственный за работу с базой данных; он решает такие задачи, как обеспечение приложения данными в режиме реального времени, фильтрацию данных, их усреднение и предоставление в том виде, в котором их можно было бы использовать в алгоритме. Третья часть представляет собой пользовательский интерфейс, который включает в себе основные функции для слежения за состоянием хода доменной печи. В основе программной реализации лежит технология .NET, что дает дополнительную свободу при выборе платформы, а также языка программирования. Программный продукт написан на языке C# с использованием среды разработки Microsoft Visual Studio 2012. Результат вычисления свидетельствует о вероятности наличия или отсутствия соответствующего отклонения в ходе доменной плавки и предоставляется пользователю в численном и графическом виде.

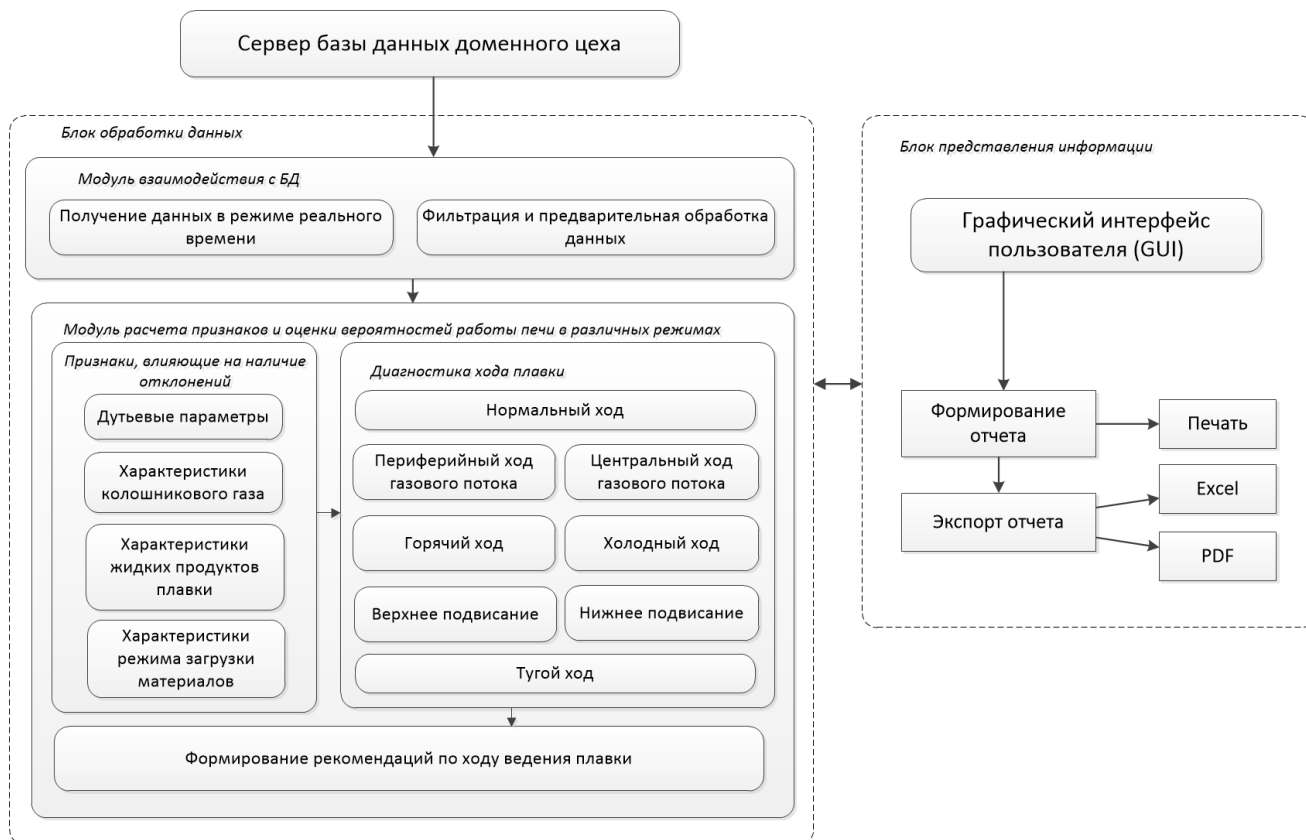


Рис. 2. Архитектура программного обеспечения

На рис. 3 представлено главное окно программы, в котором отражено состояние работы доменной печи. Для каждого из отклонений указано его состояние, а также есть возможность предоставления подробной информации по отклонению. Также есть возможность предоставления, в виде графиков, информации о параметрах, влияющих на вероятность возникновения определенного отклонения.

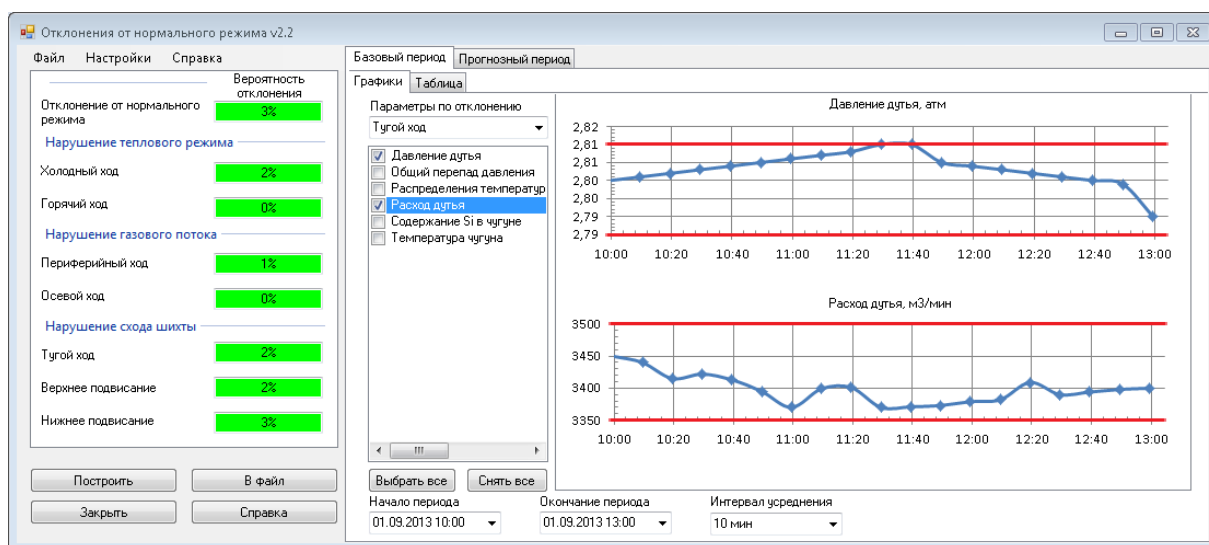


Рис. 3. Скриншот главного окна программы программного обеспечения для распознавания вида отклонений доменной плавки от нормального режима

Разработанный программный продукт позволит выявлять наличие отклонений от нормального хода плавки и определять его тип по данным о работающей печи. Пользователь программы имеет возможность в любой момент просмотреть графическую информацию по каждому из параметров, используемых в расчете отклонений, а также осуществлять диагностику хода печи в режиме реального времени.

### Список использованной литературы

1. Otsuka R. [e.a.] Совершенствование технологии управления и систем контроля для доменной печи // Сумитомо киндзоку=Sumitomo Metals. 1992. 44. №1. С.161–172.
2. Kenaga Yasuharu. Разработка экспертной системы для долгосрочного управления работой доменной печи // Дзайре то пуросэсу = Curr. and Mater. and Proc. 1991. 4. № 5. С. 1384.
3. Ed. By Yasuo Omori. Blast furnace Phenomena and modelling / Elsevier applied science. – London and New York, 1987. – 631 p.
4. Пат. Рос. Федерация: МПК 7G 05 B13/02. Интеллектуальная система регулирования / В. И.Соловьев, Ю. В. Ипатов, В. А. Краснобаев // № 200212 0524/09 Оpubл. 01.08.2002.
5. Лисиенко В. Г., Чистов В. П., Пареньков А. Е. и др. Принципы построения экспертных систем в металлургии на примере экспертной системы «Советчик мастера доменной печи». Екатеринбург: УГТУ, 1996. 45 с.
6. Спирин Н. А., Ипатов Ю. В., Лобанов В. И. и др. Информационные системы в металлургии / под ред. Н. А. Спирина. Екатеринбург: УГТУ–УПИ, 2001. – 617 с.
7. Спирин Н. А., Лавров В. В., Рыболовлев В. Ю., Краснобаев А. В., Онорин О. П., Косаченко И. Е. Модельные системы поддержки принятия решений в АСУ ТП доменной плавки металлургии / под ред. Н. А. Спирина. – Екатеринбург: УрФУ, 2011. – 462 с.
8. Онорин О. П., Спирин Н. А., Терентьев В. Л. и др. Компьютерные методы моделирования доменного процесса / под ред. Н. А. Спирина. – Екатеринбург: УГТУ–УПИ, 2005. – 301 с.

УДК 669-042

**В. Г. Свиткин, В. С. Швыдкий**

ФГАОУ ВПО «Уральский федеральный университет

имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», г. Екатеринбург, Россия

## РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННО-МОДЕЛИРУЮЩЕЙ СИСТЕМЫ ИНЖЕКЦИИ ПЫЛЕУГОЛЬНОГО ТОПЛИВА В ФУРМЫ ДОМЕННОЙ ПЕЧИ

### Аннотация

*Рассмотрена математическая модель фурменного очага доменной печи, работающей с использованием инъекции пылеугольного топлива. Модель включает уравнение баланса общей массы газа, уравнения баланса массы компонентов газа, уравнение теплового баланса газа, уравнение движения частиц угольной пыли, уравнение теплового баланса частицы*