

## **РАЗРАБОТКА КОМПЛЕКСА ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ РАСЧЕТОВ И ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕПЛООВОГО БАЛАНСА ДОМЕННЫХ ПЕЧЕЙ**

**© Д.А. Жидков, В.В. Лавров, Н.А. Спирин, 2012**

*ФГАОУ ВПО «Уральский федеральный университет  
имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», г. Екатеринбург*

Анализ эффективности тепловой работы любого теплотехнического агрегата, в том числе доменной печи, осуществляется на основе составления его теплового баланса. Исследование теплового баланса позволяет выявить узкие места в тепловой работе агрегата и предложить меры по их устранению или снижению их влияния [1].

Выполнение расчета теплового баланса доменной плавки – довольно трудоемкий процесс. Для его вычисления используется свыше тридцати показателей, не учитывая множества промежуточных величин, получаемых в ходе расчета. Расчет статей теплового баланса вручную занимает продолжительное время и может в итоге содержать в себе ошибки (необходимо учитывать влияние человеческого фактора).

Следует обозначить и иную проблему. Для того чтобы инженер-технолог мог выявить проблемы в тепловой работе печи или подобрать оптимальный тепловой режим, ему необходимо исследовать тепловой баланс агрегата за несколько отчетных периодов работы теплотехнического агрегата.

В связи с этим актуальными являются задачи автоматизации расчетов теплового баланса доменной печи, хранения исходных данных расчета и его результатов, предоставления инженерно-технологическому персоналу инструментария для просмотра и изучения полученных данных.

Цель данной работы заключалась в разработке информационной системы, которая выполняла бы перечисленные выше функции, предоставляя инженерам-технологам средства для реализации математического аппарата расчета теплового баланса, формирования отчетной документации и исследования закономерностей в полученных данных.

Для достижения этой цели были решены следующие задачи:

- определение требований к разрабатываемой системе;
- проектирование архитектуры системы, выбор программной платформы для ее реализации;
- изучение методики расчета теплового баланса доменной печи;
- разработка расчетной математической библиотеки dll, ее отладка и тестирование;
- разработка клиентского программного модуля для моделирования теплового режима плавки;
- проектирование (концептуальное, даталогическое, функциональное) и реализация базы данных для хранения исходных данных и результатов расчетов теплового баланса доменных печей;
- разработка хранимых процедур, реализующих расчет теплового баланса на базе функций, заложенных в математической dll-библиотеке;
- создание заданий серверу баз данных для автоматизации процесса расчета теплового баланса по расписанию;
- создание шаблонов отчетов Reporting Services для просмотра данных из базы с помощью Web-браузера;

- создание пакетов Integration Services для импорта/экспорта данных из базы в электронные таблицы Microsoft Office Excel;
- разработка OLAP-системы на основе имеющейся базы данных и средств загрузки данных в нее;
- разработка моделей интеллектуального анализа данных для исследования зависимости между показателями статей теплового баланса печи и содержанием кремния в выпускаемом чугуна.

На первом этапе разработки системы, исходя из поставленной задачи, были выдвинуты основные требования к ее составу (приложение для модельных расчетов теплового баланса, база данных для хранения расчетных данных, средства автоматизации расчетов в базе данных, подсистема отчетности, OLAP-система для применения в исследованиях баланса средств «добычи данных») и ее функционированию. На базе выдвинутых требований в качестве базовых для реализации были выбраны совместимые друг с другом платформы .Net Framework (для реализации программных компонент на языке C#) и Microsoft SQL Server 2005. Сетевая СУБД Microsoft SQL Server 2005 предоставляет широкий набор гибких средств создания и обслуживания баз данных, разработки OLAP-систем и изучения закономерностей в данных, разработки шаблонов отчетов и предоставления возможности просмотра их в форме Web-страниц в окне браузера и т.д. [2].

На основе известной методики составления теплового баланса доменной печи разработана и программно реализована в виде dll-файла математическая библиотека на языке C# [3]. Созданная библиотека была протестирована на работоспособность с помощью автоматических тестов в программе NUnit.

На следующем этапе было разработано клиентское приложение «Расчет теплового баланса доменной печи», обеспечивающее взаимодействие с разработанной математической библиотекой. Данное приложение предназначено для поиска комбинаций параметров, которые давали бы желаемые показатели расхода кокса и структуру теплового баланса, например, с наименьшими тепловыми потерями печи. В финальной версии программы реализованы следующие функциональные возможности:

- загрузка исходных данных из xml-файла и сохранение варианта исходных данных в xml-файле;
- ручной ввод и редактирование исходных данных;
- добавление пользовательских комментариев к варианту расчета;
- расчет приходных и расходных статей теплового баланса, а также количественная оценка влияния ряда факторов на статьи теплового баланса и удельный расход кокса (например, повышение температуры горячего дутья, снижение расхода известняка и т.д.);
- отображение расчетных данных в табличной форме;
- построение круговых диаграмм статей теплового баланса с отображением доли каждой из них в балансе;
- формирование отчетов по выполненным расчетам в краткой (без отображения промежуточных данных) и полной форме (с отображением промежуточных данных);
- возможность выбора параметров отображения диаграмм в отчете;
- экспорт отчетов в популярные форматы (Excel, PDF);
- предварительный просмотр и печать отчетов;
- ведение журнала ошибок ввода.

На следующем этапе было выполнено проектирование и создание структуры базы данных «BlastFurnaceDB», которая способствовала бы решению поставленных задач (рис. 1). Среди реализованных структур можно выделить справочники печей, параметров процесса и отчетных дат, таблицы, хранящие исходные данные и данные расчета, таблицы, представляющие расчетные данные в форме, удобной для формирования отчетов, а также таблица, собирающая в себе факты производства перед отправкой в OLAP-систему.

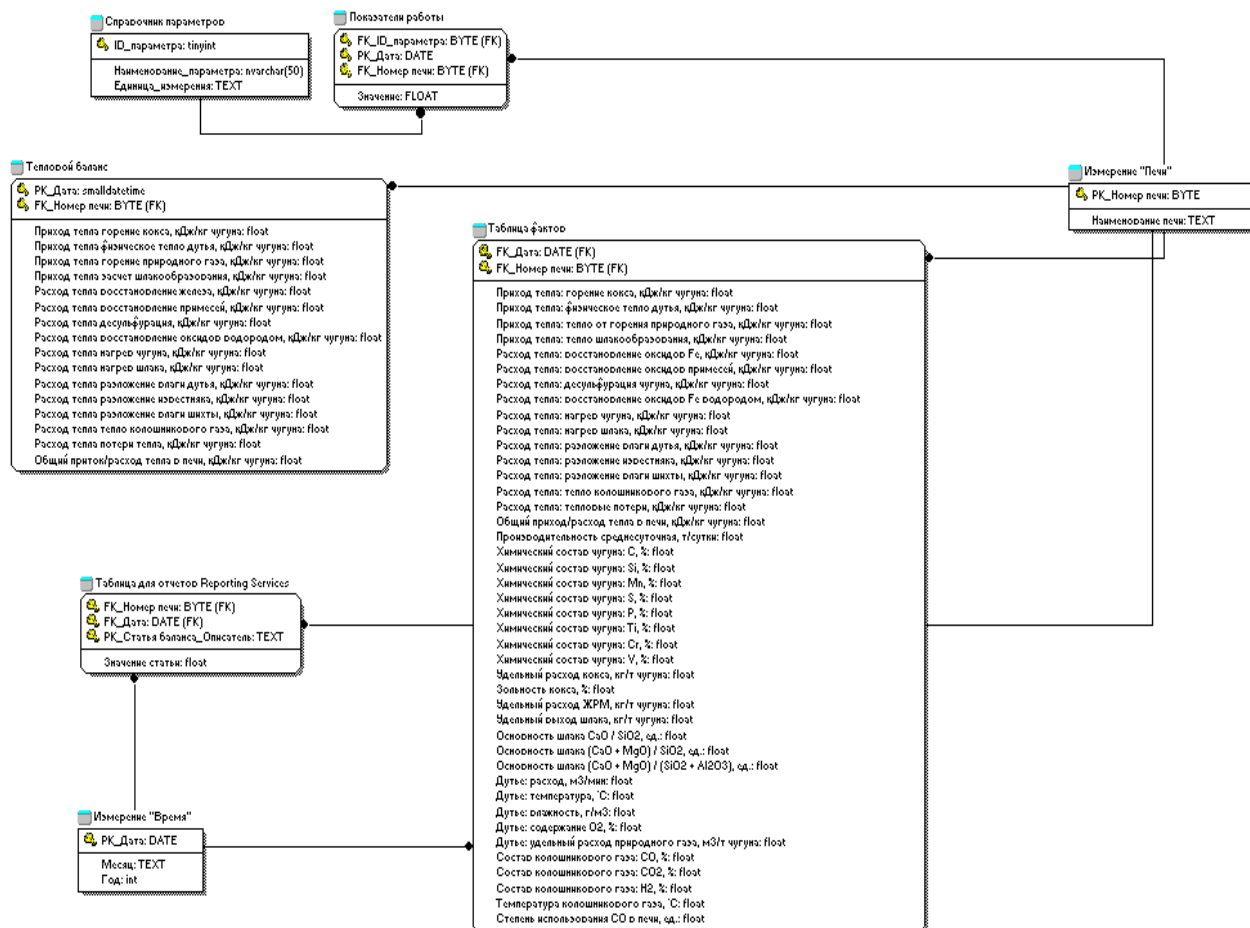


Рис. 1. Концептуальная модель базы данных «BlastFurnaceDB»

Для обработки исходных данных, хранящихся в разработанной базе, на языке C# с использованием ранее созданной dll-библиотеки были реализованы хранимые процедуры, выполняющие сбор необходимых данных, расчет теплового баланса и запись результатов в соответствующие таблицы базы данных. Чтобы данные процедуры вызывались автоматически по установленному расписанию, был произведен ряд настроек планировщика выполнения задач в Microsoft SQL Server 2005.

На следующем этапе с использованием среды Microsoft SQL Server Business Intelligence Development Studio были разработаны шаблоны отчетов Reporting Services, позволяющие на Web-сайте просмотреть данные по тепловому балансу доменных печей в табличной и графической формах (рис. 2) при заданных фильтрах (по датам, статьям баланса, доменным печам). С использованием этого же средства были реализованы пакеты Integration Services, предназначенные для передачи хранимой информации между базой данных и файлом электронных таблиц Microsoft Office Excel.

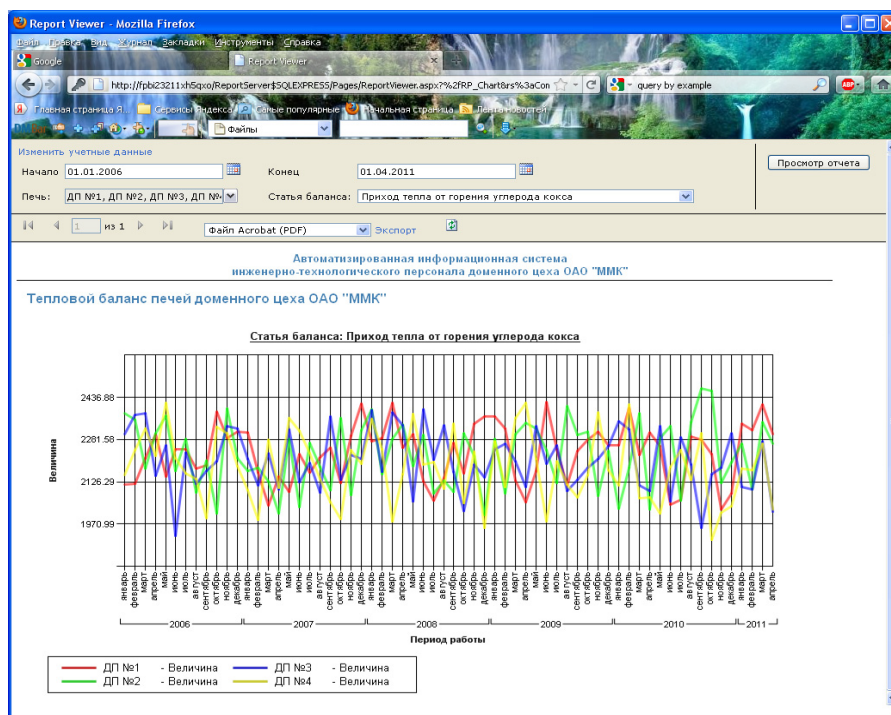


Рис. 2. Пример Web-отчета

Далее средствами Microsoft Analysis Services была реализована многомерная база данных (OLAP-куб) на основе таблиц созданной на предыдущих этапах реляционной базы «BlastFurnaceDB». С использованием полученной многомерной структуры было проведено исследование, направленное на поиск зависимости между суммарным притоком тепла в доменную печь и содержанием кремния в выпускаемом чугуне. Данное исследование интересно с точки зрения оценки возможности прогнозирования теплового состояния печи на основе отчетных показателей доменного процесса. Для исследования из предлагаемых в Microsoft Analysis Services алгоритмов интеллектуальной обработки данных (Data Mining, «добычи данных») были выбраны деревья решений, линейная регрессия, логистическая регрессия и нейронные сети Microsoft как алгоритмы, позволяющие прогнозировать непрерывные атрибуты.

Наибольший показатель точности прогноза был получен в алгоритме дерева решений (рис. 3) при обучении данной модели с использованием таких вспомогательных параметров, как основность шлака, степень использования СО в печи, зольность кокса, расход кокса. На графике, приведённом на рис. 3, по оси абсцисс указаны действительное значение суммарного притока тепла в печь, а по оси ординат – прогнозируемые с помощью модели деревья решений. Прямая линия на графике соответствует идеальному прогнозированию (предсказанное значение равно действительному). Точки, располагающиеся выше данной прямой, обозначают завышение результатов прогноза, а лежащие ниже означают занижение результатов.

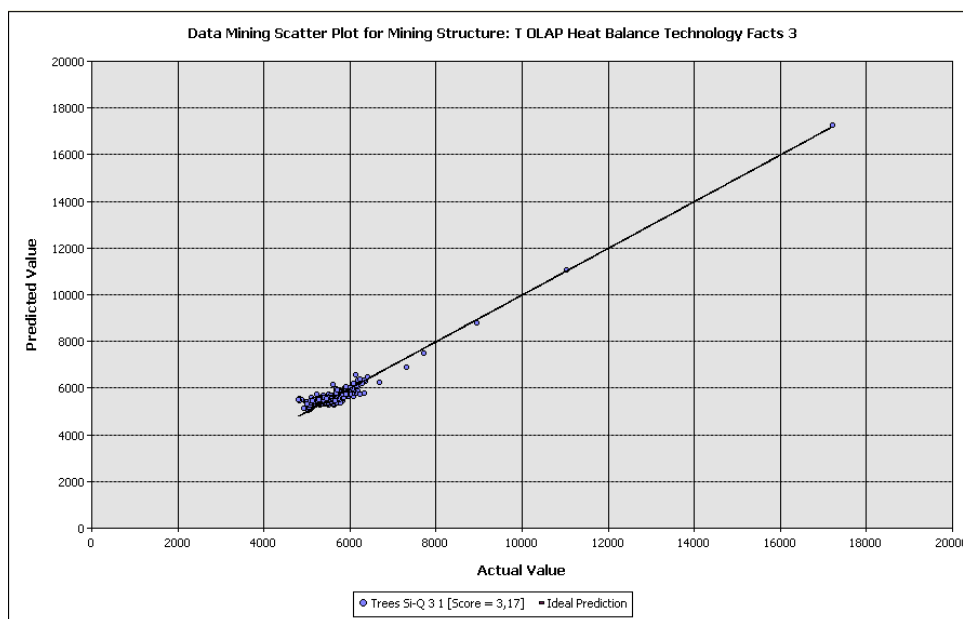


Рис. 3. График оценки точности прогнозов алгоритма дерева решений

Второй в рейтинге точности прогнозов является модель логистической регрессии, использующая меньший набор параметров (не использует данные по зольности и расходу кокса). С точки зрения минимизации числа входных параметров, данная модель является более предпочтительной.

Результаты работы могут быть использованы специалистами инженерно-технологической группы доменного производства для анализа тепловой работы доменных печей, а также в учебном процессе. Практический опыт, полученный в ходе разработки вышеописанной системы, использован для подготовки методических указаний к выполнению курсового проектирования, проведения лабораторных и практических занятий со студентами и магистрантами металлургического профиля.

#### Список использованных источников

1. Модельные системы поддержки принятия решений в АСУ ТП доменной плавки / Н.А. Спирин, В.В. Лавров, В.Ю. Рыболовлев, А.В. Краснобаев, О.П. Онорин, И.Е. Косаченко ; под ред. Н.А. Спирина. Екатеринбург: УрФУ, 2011. 462 с.
2. Компьютерные методы моделирования доменного процесса / О.П. Онорин, Н.А. Спирин, В.Л. Терентьев, Л.Ю. Гилева, В.Ю. Рыболовлев, И.Е. Косаченко, В.В. Лавров, А.В. Терентьев ; под ред. Н.А. Спирина. Екатеринбург: УГТУ-УПИ, 2005. 301 с.
3. Ларсон Б. Разработка бизнес-аналитики в Microsoft SQL Server 2005. СПб.: Питер, 2008. 684 с.

### ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ СТРУКТУРИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ МОЩНОСТЬЮ ИТ-СЕРВИСОВ

© А.В. Зимин, С.М. Кулаков, 2012

ФГБОУ ВПО «Сибирский государственный индустриальный университет»,  
г. Новокузнецк

В известной библиотеке ITIL (версия 3) [1] ИТ-сервис определяется следующим образом: ИТ-сервис – комплекс взаимодействующих ИТ-активов [2], создаваемый с целью