

Список использованных источников

1. Классификатор «Повреждений и дефектов формы кромки и товарного вида горячекатаного рулонного проката не допустимых для отгрузки, требующих доработки». 2016 г.

2. Nahian Siddique, Paheding Sidike – U-net and its variants for medical image segmentation: theory and applications. 2020 г. – С. 2-10.

УДК 004.421: 669.162.263

А. С. Блинков, Н. А. Спирин, И. А. Гурин

ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет

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

СТРУКТУРА ИНФОРМАЦИОННО-МОДЕЛИРУЮЩЕЙ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ ТЕПЛОВЫХ ПОТЕРЬ В ДОМЕННОЙ ПЕЧИ

Аннотация. В современных условиях доменной плавки удельный расход кокса определяется развитием теплообменных процессов, протекающих в нижней зоне печи. При этом потери тепла, найденные с использованием теплового баланса нижней зоны печи, в достаточной степени отражают такие технологические показатели, как удельный расход кокса и содержание кремния в чугуна. Представлена структура информационно-моделирующей системы контроля тепловых потерь в доменной печи и её функциональная модель.

Ключевые слова: доменный процесс, потери тепла, информационно-моделирующая система, функциональная модель.

Abstract. In modern conditions of blast furnace smelting, the specific consumption of coke is determined by the development of heat exchange processes occurring in the lower zone of the furnace. In this case, the heat losses found using the heat balance of the lower zone of the furnace sufficiently reflect such technological indicators as the specific consumption of coke and the silicon content in cast iron. The structure of an information-modeling system for controlling heat losses in a blast furnace and its functional model are presented.

Key words: blast furnace process, heat loss, information modeling system, functional model.

Содержательная постановка задачи. Основная потери в доменных печах приходится на высокотемпературную зону печи: нижнюю часть шахты, заплечики, фурменную зону, горн и лещады. Их доля составляет 85-90 % от общих потерь тепла [1]. Согласно теории теплообмена Б.И. Китаева [2, 3], в доменной печи имеется две автономно работающие зоны теплообмена – верхняя и нижняя, разделенные между собой так называемой «резервной зоной» с температурой 900–950 °С. Завершенность процессов теплопередачи в доменной печи, т.е. относительная автономность теплового баланса низа дает возможность использовать его для анализа доменной плавки. При этом влияние теплового состояния верхней части печи на тепловое состояние низа печи может быть с достаточной для практического применения точностью оценено через степень прямого восстановления оксидов железа.

Основные потери тепла приходятся на нижнюю ступень теплообмена доменной печи, определяющую ход доменного процесса, и их величина зависит от конкретных конструктивных и режимных параметров работы печи. При этом потери тепла, найденные с использованием теплового баланса нижней зоны печи, в достаточной степени отражают такие технологические показатели, как удельный расход кокса и содержание кремния в чугуна [1-3]. Таким образом, определение потерь тепла по балансу тепла в нижней ступени теплообмена позволяет оценивать их значение по текущей информации о работе печи в конкретных сырьевых и режимных параметрах их работы. Продолжительность усреднения информации, учитывая высокую инерционность и запаздывание в объекте, необходимость анализа технологии доменных печей цеха, обычно составляет 1 месяц, но при необходимости может выполняться анализ и за меньший период, но не менее 7 суток.

Разрабатываемое программное обеспечение должно быть интегрировано в информационно-моделирующую систему доменного процесса УрФУ–ММК, которая в общем виде представляет собой систему детерминированных зависимостей, характеризующих тепловой, восстановительный, дутьевой, газодинамический и шлаковый режимы доменной плавки. Основные расчетные соотношения и примеры реализации этой модели подробно описаны в работах [2, 3].

Разработка функциональной модели. Для моделирования сложных систем используется методология IDEF0, она позволяет анализировать модели деятельности сложных систем [4-6]. Модель проекта была построена на методологии IDEF0, которая позволила правильно спроектировать и проанализировать множество взаимосвязанных действий. Модель проекта имеет четыре уровня.

Нулевой уровень представлен на рисунке 1, данный уровень устанавливает область моделирования и ее границу. В качестве входа используются варианты исходных данные, которые хранятся в базе данных, в качестве управления используются технологическая инструкция доменного цеха, нормативно-справочная информация, требования пользователей, математическая модель доменного процесса УрФУ-ММК, математическая модель контроля потерь в доменной печи, в качестве механизма выступают оператор ПК и аппаратно-программное обеспечение компьютера, в качестве функции выступает информационно-моделирующая система контроля типовых потерь в доменной печи, а в качестве выходных параметров выступают рекомендации по управлению процессами.

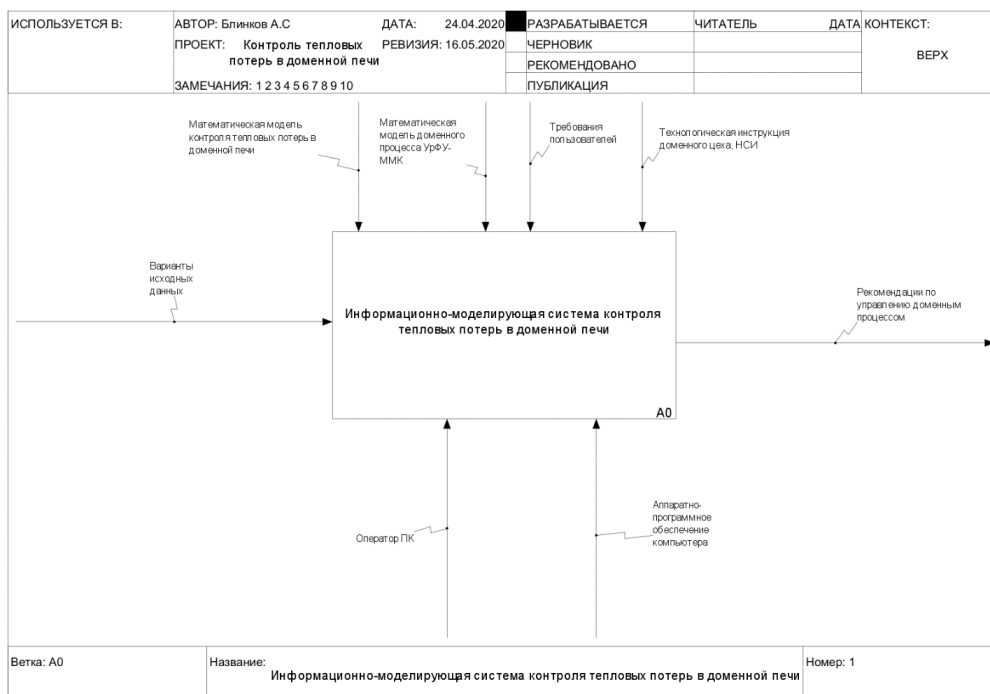


Рис. 1. Функциональная модель нулевого уровня

Первый уровень представлен на рисунке 2, уровень содержит процессы нулевого уровня модели. В данном уровне в качестве функций выступают подготовка исходных данных, выполнение предварительных расчетов, выполнение расчетов тепловых потерь в доменной печи, анализирование результатов расчета и сохранение варианта. В качестве входа, механизма, управления и выхода выступают те же данные, что и на нулевом уровне.

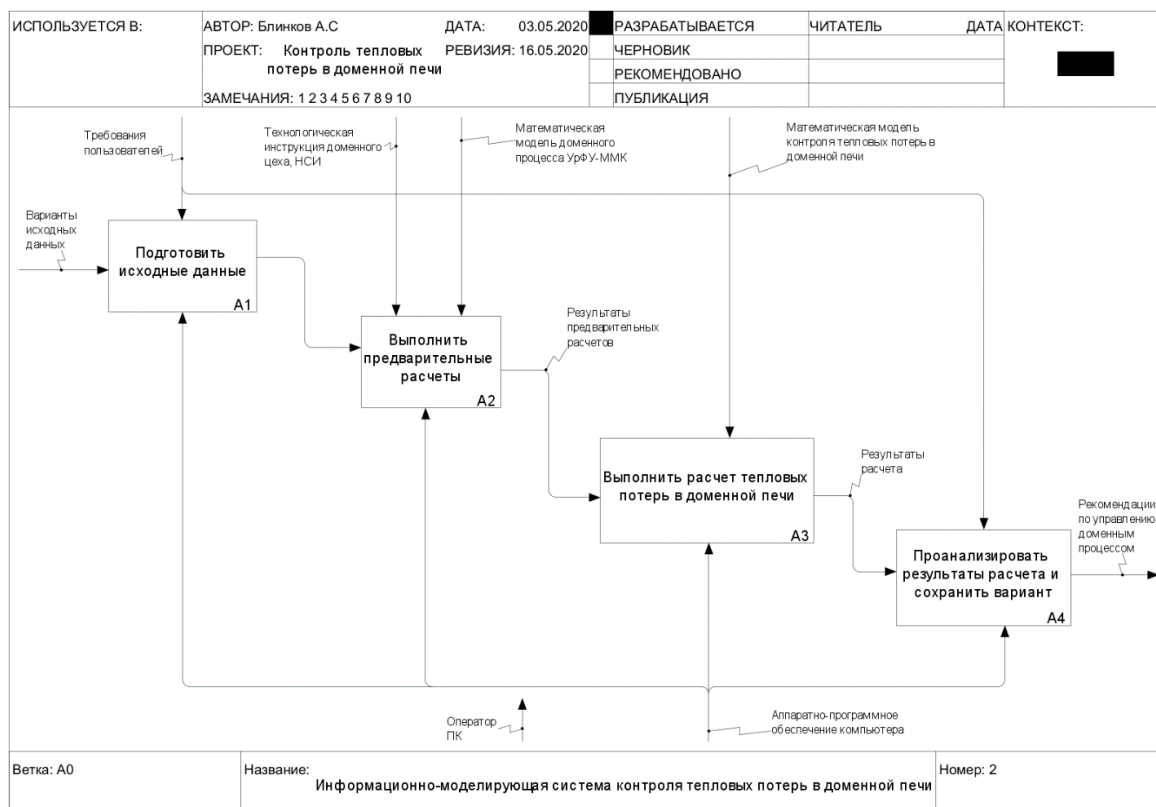


Рис. 2. Функциональная модель первого уровня

Второй уровень подготовки исходных данных представлен на рисунке 3. Он содержит в себе такие функции, как выбор варианта исходных данных (доменной печи и периода), получение данных о характеристиках доменной плавки и основных параметрах процесса, получение данных о конструктивных размерах доменной печи, получение информации о составе колошникового газа, чугуна, шлака, кокса, ввод требуемых значений теоретической температуры материала и газа.

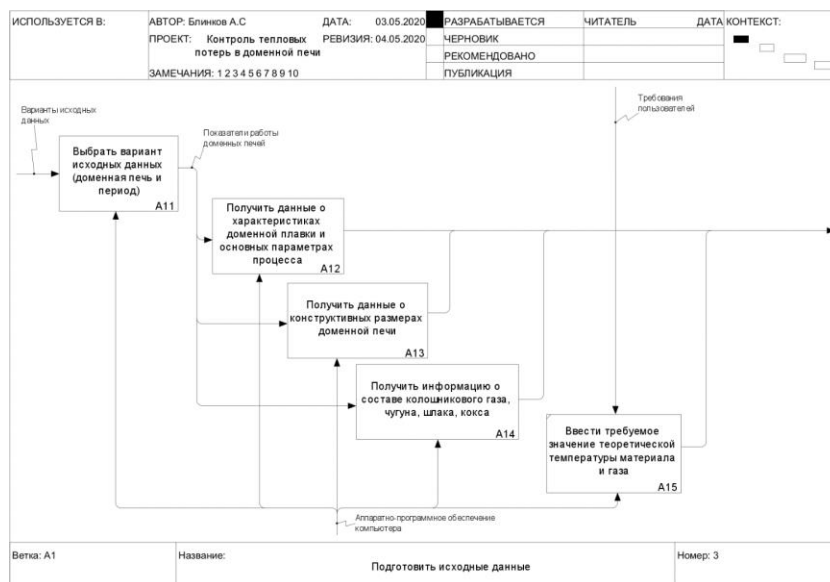


Рис. 3. Функциональная модель второго уровня подготовки исходных данных

Второй уровень выполнения расчета тепловых потерь в доменной печи представлен на рисунке 4. Он содержит в себе такие функции, как расчет количества дутья от горения кокса и тепло нагретого дутья, расчет тепла конверсии природного газа и затраты тепла на прямое восстановление железа, расчет статьи прихода и статьи расхода, диагностика полученных результатов.

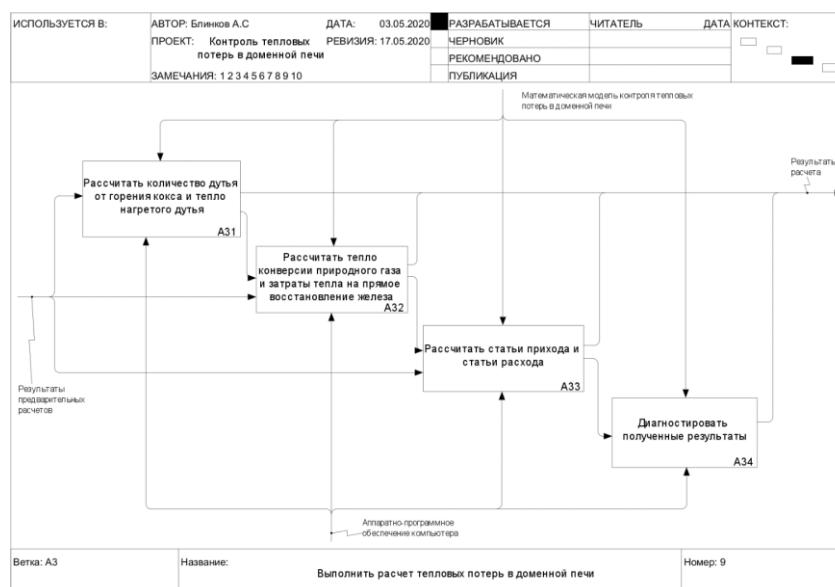


Рис. 4. Функциональная модель второго уровня расчета тепловых потерь в доменной печи

Второй уровень анализа результатов расчета и сохранения варианта представлен на рисунке 5. Он содержит в себе такие функции, как отображение результатов предварительных расчетов, отображение результатов расчета тепловых потерь в доменной печи в численном виде, отображение результата расчета тепловых потерь в доменной печи в графическом виде, сохранение варианта расчета.

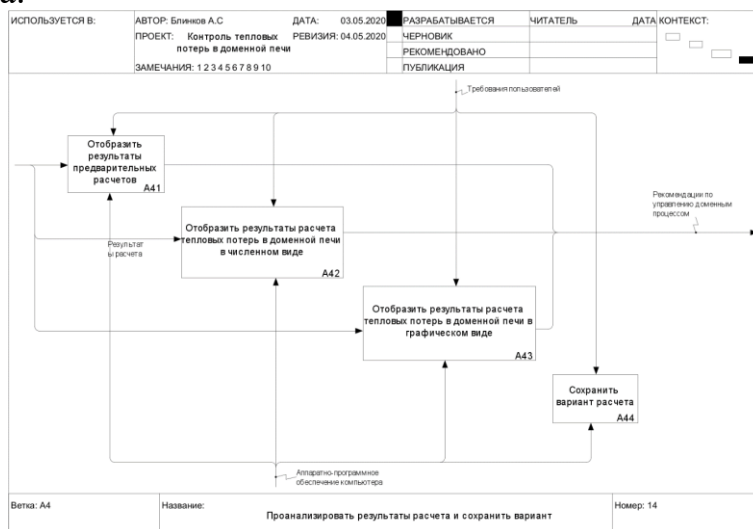


Рис. 5. Функциональная модель второго уровня анализа результатов расчета и сохранения вариантов

Блок схема данного проекта представлена на рисунке 6. На ней изображены основные этапы работы программы такие, как запуск программы, выбор варианта исходных данных, корректировка исходных данных, решение задачи контроля тепловых потерь в доменной печи, отображение результатов в численном и графическом виде, завершение работы информационно-моделирующей системы.

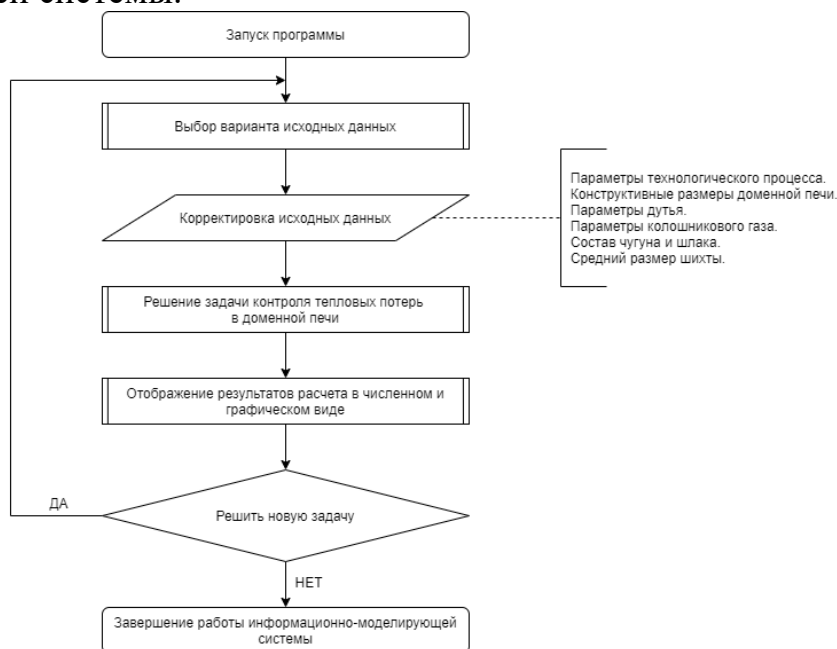


Рис. 6. Алгоритм расчета тепловых потерь в доменной печи

Выводы:

1. Определение потерь тепла по балансу тепла в нижней ступени теплообмена позволяет оценивать их значение по текущей информации о работе печи в конкретны сырьевых и режимных параметрах их работы.

2. Разработана архитектура системы. Выполнено функциональное моделирование системы.

Список использованных источников

1. О возможности использования теплового баланса доменной плавки для контроля тепловых потерь / О.П. Онорин, А.А. Полинов, А.В. Павлов, Н.А. Спирин, И.А. Гурин // *Металлург*. 2018. № 3. С. 30-34.

2. Спирин Н.А. Математическое моделирование металлургических процессов в АСУ ТП / Н.А. Спирин, В.В. Лавров, В.Ю. Рыболовлев, Л.Ю. Гилева, А.В. Краснобаев, В.С. Швыдкий, О.П. Онорин, К.А. Щипанов, А.А. Бурыкин. – Екатеринбург: УрФУ, 2014. – 558 с.

3. Спирин Н.А. Модельные системы поддержки принятия решений в АСУ ТП доменной плавки: монография / 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.

4. Методология функционального моделирования IDEF0. Госстандарт России. – М.: ИПК "Издательство стандартов", 2000. – 75 с.

5. Waissi G.R., Demir M., Humble J.E., Lev B. Automation of strategy using IDEF0 – A proof of concept // *Operations Research Perspectives*. 2015. Vol. 2. Pp. 106-113. DOI: 10.1016/j.orp.2015.05.001.

6. Hou C., Wang J., Chen C. Using hierarchical scenarios to predict the reliability of component-based software // *IEICE Transactions on Information and Systems*. 2018. Vol. E101D. No. 2. Pp. 405-414. DOI: 10.1587/transinf.2017EDP7127.

УДК 004.94

А. Е. Болгов, Н. А. Спирин

ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет

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

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ РАЗРАБОТКИ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ В МЕТАЛЛУРГИИ

Аннотация. *Статья посвящена актуальной на сегодняшний день проблеме – повышению эффективности управления технологическими процессами в металлургии. Вследствие сложности процессов, протекающих в доменных печах, встает вопрос об информатизации этого процесса с помощью разработки информационно-моделирующих*