

Для студентов доступны для работы предустановленные блокноты и датасеты, а преподаватель может переключаться между ноутбуками студентов для их просмотра и редактирования.

Список использованных источников

1. Что такое JupyterHub [Электронный ресурс] // Project Jupyter: [web-сайт]. – Режим доступа: <https://jupyter.org/hub> (дата обращения 05.05.2023).
2. JupyterHub and Oauth [Электронный ресурс] // JupyterHub documentation: [web-сайт]. – Режим доступа: <https://jupyterhub.readthedocs.io/en/stable/explanation/oauth.html> (дата обращения 05.05.2023).
3. Spawners [Электронный ресурс] // JupyterHub Wiki: [web-сайт]. – Режим доступа: <https://github.com/jupyterhub/jupyterhub/wiki/Spawners> (дата обращения 05.05.2023).
4. Selecting an Image [Электронный ресурс] // Docker Stacks documentation: [web-сайт]. – Режим доступа: <https://jupyter-docker-stacks.readthedocs.io/en/latest/using/selecting.html> (дата обращения 05.05.2023).

УДК 004.421: 669.162.263

С. В. Зубаков, Н. А. Спирин

ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет

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

ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ОЦЕНКИ СТАБИЛЬНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ДОМЕННОЙ ПЕЧИ

Аннотация. *Одной из основных задач при управлении доменным процессом является стабилизация теплового состояния доменной печи. Оценка нестабильности работы доменной печи очень актуальна, поскольку позволяет значительно раньше определить неверную работу и даже предсказать ее и вовремя среагировать. Представлена структура моделирующей системы контроля нестабильности работы доменной печи и её функциональная модель.*

Ключевые слова: *доменный процесс, нестабильность работы доменной печи, моделирующая система, функциональная модель.*

Abstract. *One of the main tasks in the management of the blast furnace process is to stabilize the thermal state of the blast furnace. The assessment of the instability of the blast furnace is very relevant, since it allows you to identify incorrect operation much earlier and even predict it and react in time. The structure of the modeling system for monitoring the instability of the blast furnace operation and its functional model are presented.*

Key words: *blast furnace process, instability of blast furnace operation, modeling system, functional model.*

Содержательная постановка задачи

Одной из основных задач при управлении доменным процессом является стабилизация теплового состояния доменной печи. Главными причинами колебаний теплового уровня доменной плавки являются отклонения в изменении качества шихты и нарушения в соотношении загружаемых в печь компонентов шихты – железорудного материала и кокса, отклонения температуры и состава дутья от заданных значений, нарушения в распределении материалов и газов по сечению печи [1, 2]. Появление неустойчивости процесса плавки при использовании железорудного сырья с колеблющимся химическим составом существенно снижает результаты доменной плавки. Целью разработки системы является повышение достоверности и глубины анализа стабильности работы доменных печей и их комплексов на основе использования обработки первичной технологической информации и математических моделей.

Программное обеспечение системы предусматривает:

1. Выбор периодов работы (продолжительность периода час, смена, сутки, неделя, месяц, периоды могут пересекаться);
2. Выбор одной или нескольких доменных печей, для которых выполняется расчет.
3. Расчет средних значений показателей и их среднеквадратичных отклонений.
4. Расчет интегральных параметров (безразмерных), характеризующих неустойчивость функционирования объекта. Для расчета каждого из интегральных показателей в качестве исходных данных используются среднеквадратичные отклонения комплекса контролируемых и расчетных признаков с использованием математической модели доменного процесса УрФУ-ММК [3, 4]:
 - технико-экономических показателей плавки;
 - свойств сырья (железорудных материалов, кокса, флюсов);
 - показателей дутьевого и газодинамического режима;
 - показателей теплового режима;
 - показателей шлакового режима.
5. Расчет интегрального показателя стабильности работы печи в рассматриваемые периоды.
6. Вывод результатов в табличной форме и в виде гистограммы (для каждой доменной печи, разные цвета для базового и сравнительного периодов).
7. Автоматический анализ и диагностика стабильности функционирования агрегатов.

Разработка функциональной модели

При проектировании автоматизированной системы была использована методология функционального моделирования и графическая нотация IDEF0. Данная методология рекомендована Госстандартом России для описания структуры и функций информационной системы, а также для представления потоков информации и материальных объектов, связывающих эти функции. Методология IDEF0 предназначена для создания описания информационной системы и её внешнего окружения до определения окончательных требований к ней. При

этом заложенные в неё методы, правила и процедуры дают возможность описывать любые системы, а не только информационные. IDEF0 применяется на ранних этапах создания систем и позволяет предотвратить возможные ошибки при дальнейшей разработке и сопровождении систем. В основе IDEF0 лежит методология структурного анализа и проектирования SADT (Structural Analysis and Design Technique) [5, 6]. IDEF0-модель описывает, какие функции выполняет система и что она производит. На модели указывается, какая информация используется для управления, а также какие ресурсы и средства применяются для исполнения её функций. Достоинством методологии IDEF0 является то, что она обеспечивает возможность обмена информацией о рассматриваемой системе на языке, понятном не только разработчику системы, но и специалисту-эксперту в предметной области. Это реализуется

Функциональная модель разработана с использованием программного обеспечения Ramus Educational на четырех уровнях декомпозиции. Верхний уровень модели показывает основные потоки информации, которые проходят через проектируемую систему, её внешний вид представлен на рисунке 1.

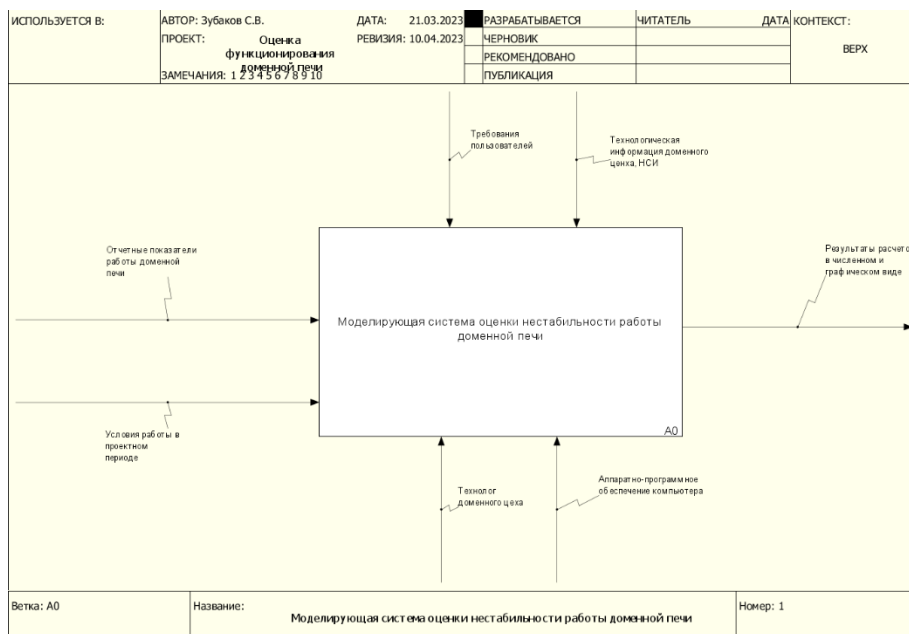


Рис. 1. Функциональная модель нулевого уровня всей системы целиком

На этом уровне показано, что разрабатываемая система принимает на вход показатели работы доменных печей. Результаты решения задачи оценки стабильности функционирования объекта представляются в численном и графическом виде.

Интерфейс управления состоит из двух компонентов: требований пользователей, а также технологической инструкции доменного цеха и блока нормативно-справочной информации (НСИ). Технологическая инструкция доменного цеха является главным руководящим документом, который определяет единые технологические правила и практические приемы для персонала доменного цеха по организации производственного процесса в целях получения требуемого производства чугуна заданного качества при минимизации удельных расходов

сырья, энергетических и трудовых затрат, а также обеспечением безопасности труда обслуживающего персонала. Блок НСИ включает информацию о корректировочных коэффициентах (не определяемых по модели процесса), насыпных массах кокса, агломерата, окатышей и других шихтовых материалов, о потерях давления по тракту горячего дутья, набор эмпирических коэффициентов, используемых в алгоритмах, допустимые значения показателей, характеризующих тепловой, шлаковый и газодинамический режимы доменной плавки и т.п.

Согласно методологии функционального моделирования IDEF0, моделирующая система разбита на несколько взаимосвязанных подсистем, представленных на рисунке 2.

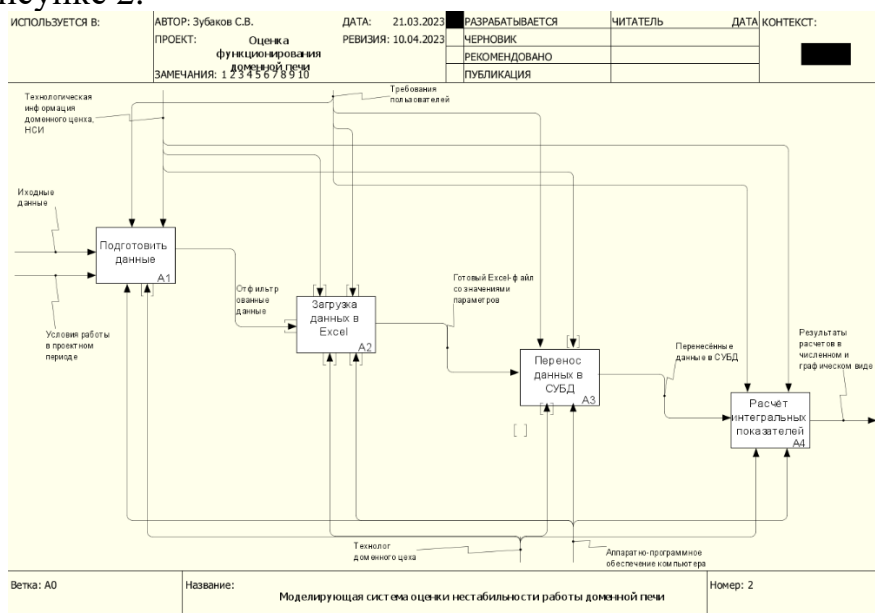


Рис. 2. Декомпозиция первого уровня функциональной модели

Функция «Подготовить данные» (A1) является первым подготовительным этапом для решения задачи определения нестабильности работы комплекса доменных печей. Декомпозиция блока A1 представлена на рисунке 3.

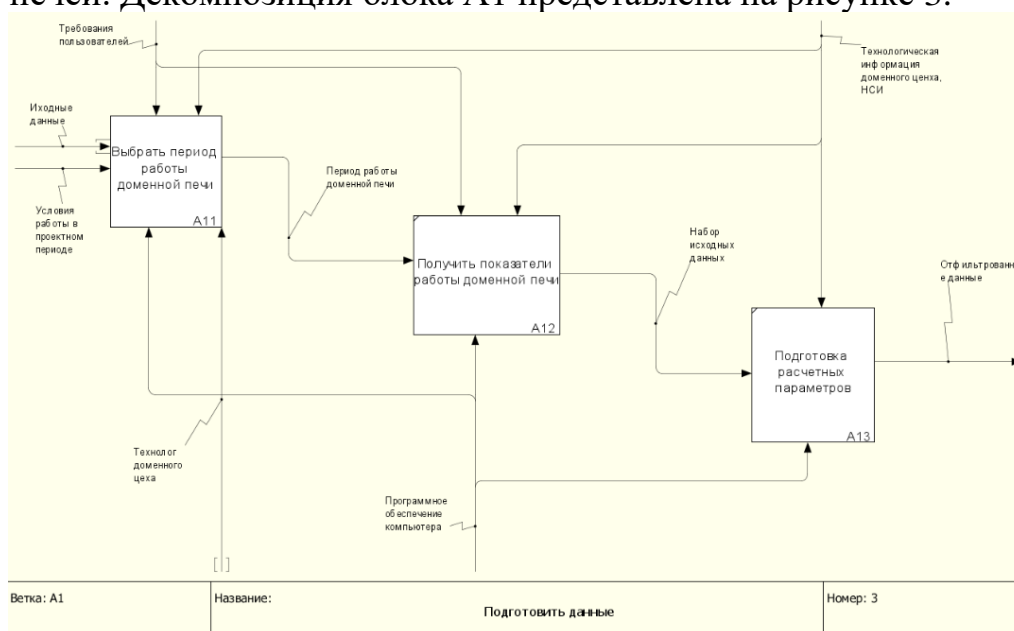


Рис. 3. Декомпозиция блока A1 «Подготовить данные»

Функциональный блок А11 служит для выбора отчётного периода (месяц, год, сутки, смена, час), который принимается в качестве базового. Для выбранного периода осуществляется выборка среднемесячных данных о работе доменного цеха, при этом в качестве источника выступает централизованная база данных АСУ доменного цеха.

Отчетные данные в базе формируются специалистами инженерно-технологической группы доменного цеха с помощью существующих программных модулей и утверждаются начальником цеха. При этом они содержат информацию по основным разделам доменного производства:

- конструктивные размеры доменной печи;
- технико-экономические показатели работы печей;
- физические свойства, химический состав и расходы загружаемых шихтовых материалов и кокса;
- характеристики колошникового газа;
- химические составы и характеристики топливно-энергетических ресурсов (комбинированного дутья);
- химический состав и температура жидких продуктов плавки;
- контролируемые показатели теплового, дутьевого, газодинамического и шлакового режима доменной плавки (из системы АСУ ТП).

Именно эти данные и получают в блоке А12, далее они подготавливаются, т.е. отбираются те, значение которых с большей вероятностью ошибочно, это происходит на блоке А13.

Декомпозиция блока А11 представлена на рисунке 4.

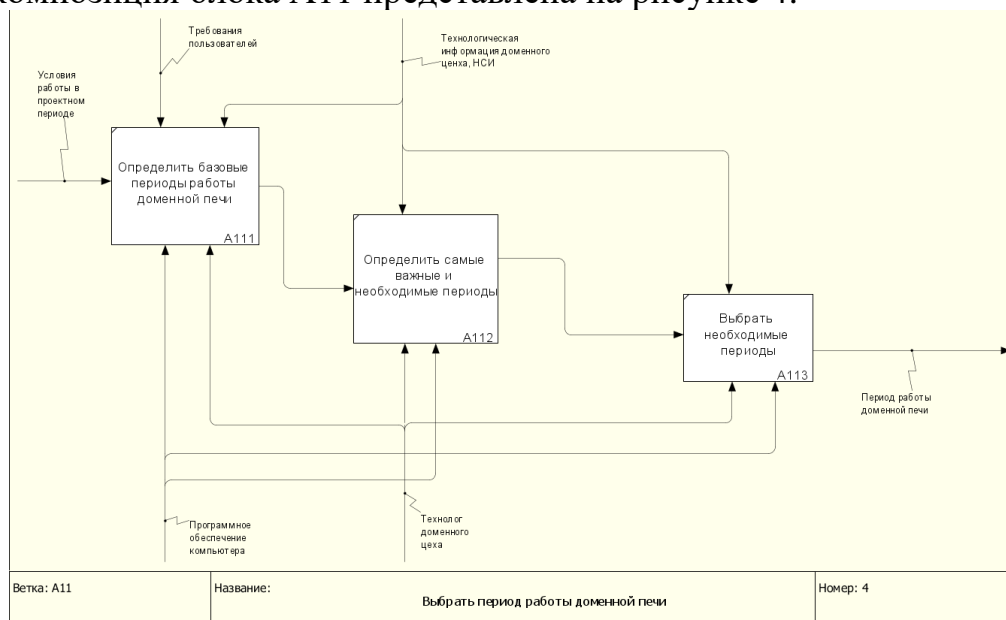


Рис. 4. Декомпозиция блока А11 «Выбрать периоды работы доменной печи»

Функция «Загрузка данных в Excel» (А2) – это второй подготовительный этап и описывает процесс передачи данных из баз данных доменного цеха в Excel файл. Декомпозиция блока А2 представлена на рисунке 5.

В следующих блоках осуществляются:

- создание файла Excel необходимого формата;
- создание мастера данных из базы данных доменного цеха;
- непосредственно импорт и устранение возникших ошибок.

Функция «Перенос данных в СУБД» (А3) является последним вспомога-тельным этапом. Декомпозиция блока А3 представлена на рисунке 6.

На данном этапе необходимо создать консольной приложение и интегри-ровать его в проект (А31), далее устанавливаются необходимые программные пакеты, такие как DocumentFormat.OpenXml и Microsoft.Extensions.Hosting, да-лее в коде прописывается логика переноса данных из Excel в ранее созданную базу данных. Последним этапом является непосредственно сборка приложения и его запуск с дальнейшим переносом значений параметров из Excel в БД.

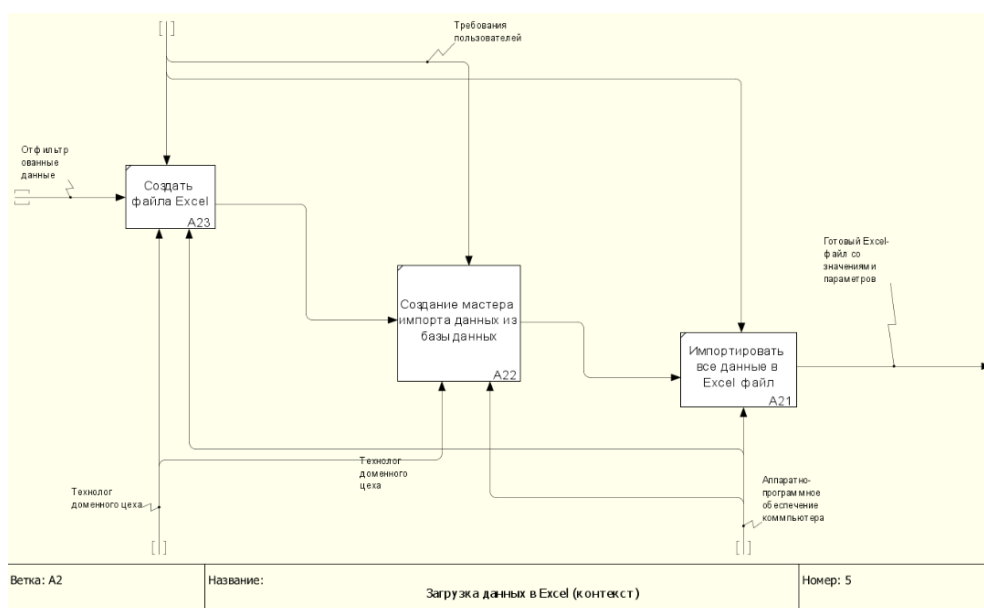


Рис. 5. Декомпозиция блока А2 «Загрузка данных в Excel»

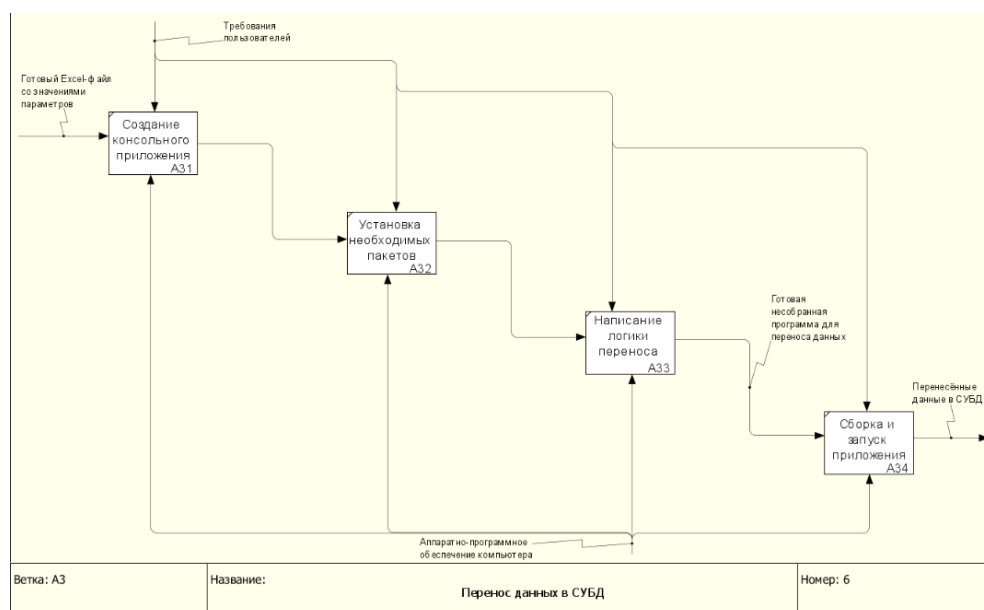


Рис. 6. Декомпозиция блока А3 «Перенос данных в СУБД»

Функция «Расчёт интегральных показателей» (А4) является основной. Именно в ней рассчитывается и анализируется нестабильность работы доменной печи. На блоке «Расчёт интегральных параметров» (А41) рассчитываются значения стабильности технико-экономических показателей плавки, свойств сырь, дутьевого и газодинамических режимов, а также теплового и шлакового.

Далее на основе значений шлакового, теплового и газодинамических режимов рассчитывается интегральный показатель стабильности работы печи. После чего, на основе всех полученных данных производится расчет итогового показателя стабильности свойств сырья и работы печи. На последнем этапе полученные результаты анализируются и делается вывод о нестабильности работы печи.

Выводы

С использованием возможностей методологии IDEF0 и с учётом требований инженерно-технологического и управленческого персонала разработана функциональная модель автоматизированной информационно моделирующей системы оценки нестабильности функционирования доменной печи. Модель содержит более 20 блоков на четырех уровнях декомпозиции, определяет основные функции и взаимосвязи между отдельными функциональными блоками автоматизированной системы, управляющие воздействия и механизмы выполнения каждой функции.

Список использованных источников

1. Товаровский И.Г. Доменная плавка / И.Г. Товаровский. – Днепропетровск: Пороги, 2009. – 765 с.
2. Геердес М. Современный доменный процесс / М. Геердес, Р. Ченьо, И. Курунов [и др.]. – М.: Metallurgizdat, 2016. – 280 с.
3. Математическое моделирование металлургических процессов в АСУ ТП: учебное пособие / 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; под ред. Н.А. Спирина. – Екатеринбург: УрФУ, 2014. – 558 с.
4. 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.
5. Методология функционального моделирования IDEF0. Госстандарт России. – М.: ИПК «Издательство стандартов», 2000. – 75 с. <http://www.nsu.ru/smk/files/idef.pdf>.
6. 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.