

УДК 669.16(07)

Ю. А. Попова, В. В. Лавров, И. А. Гурин, Н. А. Спирин

ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет

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

РАЗРАБОТКА WEB-ПРИЛОЖЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННО-МОДЕЛИРУЮЩЕЙ СИСТЕМЫ ГАЗОДИНАМИКИ ДОМЕННОЙ ПЕЧИ НА ПЛАТФОРМЕ ASP.NET CORE MVC

Аннотация

Доменный процесс представляет собой совокупность механических, физических и физико-химических явлений, протекающих в работающей доменной печи. Загружаемые в доменную печь шихтовые материалы – кокс, железосодержащие компоненты и флюс – в результате протекания доменного процесса превращаются в чугун, шлак и доменный газ.

Важнейшим условием осуществления доменного процесса в рабочем пространстве печи является непрерывное встречное движение и взаимодействие опускающихся шихтовых материалов, загружаемых в печь через колошник, и восходящего потока газов, образующегося в горне при горении углерода кокса в нагретом воздухе (дутье), который нагнетается в верхнюю часть горна через расположенные по его окружности фурмы.

Высокопроизводительная и экономичная работа доменной печи в значительной мере зависит от того, как организовано движение и распределение газов и шихты в ее рабочем пространстве.

В данной статье рассматривается процесс разработки информационной системы отображения и прогнозирования газодинамического режима доменных печей, с помощью которого возможно упростить процесс обучения, и вывести на новый, более качественный уровень, знания студентов, о возможности повышения эффективности газодинамики доменных печей.

Ключевые слова: *расчет, газодинамика доменной печи, базовый период, проектный период, web-приложение, ASP.NET CORE MVC.*

Abstract

The blast furnace process is a combination of mechanical, physical, and physicochemical phenomena occurring in a working blast furnace. The charge materials – coke, iron-containing components, and the flux — which are charged to the blast furnace are transformed into iron, slag, and blast furnace gas as a result of the blast furnace process.

The most important condition for the implementation of the blast furnace process in the furnace working space is the continuous oncoming movement and interaction of the descending charge materials loaded into the furnace through the throat and the upward flow of gases generated in the furnace during the burning of coke carbon in the heated air (blast) that is injected into the upper part of the hearth through tuyeres located around its circumference.

The high-performance and economical operation of a blast furnace largely depends on how the movement and distribution of gases and charge in its working space is organized.

This article discusses the process of developing an information system for displaying and predicting the gas-dynamic mode of blast furnaces, with which it is possible to simplify the learning process, and bring students to a new, higher-quality level, about the possibility of increasing the efficiency of gas dynamics of blast furnaces.

Key words: *calculation, gas dynamics of a blast furnace, base period, project period, web application, ASP.NET CORE MVC.*

Современный доменный цех ежедневно потребляет свыше 50 тыс. т различных материалов, 100 млн. м³ воздуха, примерно 2 млн. т воды и расходует более 20 тыс. кВтч электроэнергии. Непрерывный рост мощности доменных печей и внедрение новых методов интенсификации технологического процесса существенно повысили производительность доменного производства и увеличили потоки сырья, энергии и продуктов плавки, участвующих в производственном процессе. Существуют такие оптимальные сочетания материалов, при которых максимизируются эффективность и технико-экономические показатели доменной плавки, что в конечном итоге является основой конкурентоспособности предприятия, занимающимся выплавкой чугуна.

Следует отметить, что наилучшие показатели доменной плавки – высокую производительность и низкий удельный расход кокса – можно получить только при благоприятном сочетании развития как физико-химических, так и физико-механических процессов.

В последнее время вследствие использования рудного материала сравнительно высокого качества и высоких параметров комбинированного дутья (высокий нагрев дутья, применение дутья, обогащенного кислородом, подача в горн печи углеводородных добавок) лимитирующим процессом часто является движение шихты и газа в печи.

Переход от реальных испытаний к моделированию газодинамического режима доменной плавки позволяет оценить влияния параметров комбинированного дутья и загружаемой шихты на параметры фурменного очага и перепады давления в отдельных зонах доменной печи в кратчайшие сроки при минимальных затратах. В реальных условиях, например, при изменении содержания кислорода в дутье, выход газов увеличивается, так как один кубический метр кислорода при горении на фурмах дает два кубометра монооксида углерода. Поэтому для правильной прогнозной оценки изменений производительности печи должна производиться и прогнозная оценка газодинамики доменного процесса.

1. Разработка программного продукта

Проектируемое программное средство создано в среде Microsoft Visual Studio 2017 на базе платформы ASP.NET Core [1].

Все данные для разрабатываемой системы хранятся в базе данных Microsoft SQL Server, для работы с ней были использованы следующие пакеты:

- Microsoft.EntityFrameworkCore.SqlServer;
- Microsoft.EntityFrameworkCore.Tools;
- Microsoft.EntityFrameworkCore.SqlServer.Design [2].

Математическая модель реализована в Excel-файле. Для чтения и записи в данный файл была использована библиотека NPOI (Apache POI) [3].

2. Описание программного обеспечения

После запуска программы пользователю представляется таблица с исходными данными базового периода (рис. 1).

Исходные данные(базовый период)	Расчетные данные (базовый период)	Проектный период	
Исходные данные базового периода:			
Содержание элементов:[] - в чугуна, () - в шлаке	[Fe]	94,178	%
	[Mn]	,259	%
	[P]	,065	%
	[Si]	,723	%
	(S)	,018	%
	[C]	4,757	%
Удельный расход кокса	к=	425,2	кг/т чугуна
Содержание "нелетучего" углерода в коксе	Снел=	87	%
Степень прямого восстановления	rd=	,35	
Содержание кислорода в дутье	w=	27,65	%
Влажность дутья	Fд=	1,4	г/м3
Удельный расход природного газа	Vпр=	107,8	м3/т чугуна
Содержание C в природном газе (состоит из одного CH4)	(C')=CH4'=	1	м3/м3
Содержание H2 в природном газе (состоит из одного CH4)	(H2')=2*CH4=	2	м3/м3
Степень использования водорода в печи	nH2=	,4	
Степень использования CO в печи	nCO=	,42	
Суточная производительность печи по чугуна	P=	3750,452	т/сут
Диаметр горна	дг =	8,4	м

Рис. 1. Исходные данные базового периода

На рисунке 2 изображены расчетные данные базового периода.

Исходные данные(базовый период)	Расчетные данные (базовый период)	Проектный период	
Определение газодинамических характеристик столба шихтовых материалов в базовом периоде доменной плавки			
Количество углерода (C), пришедшего в печь с коксом	Сприш=	369,924	кг/т
Расход C на прямое восстановление оксидов Fe, Mn, Si, а также на десульфурацию	Спр=	78,09	кг/т
Растворяется углерода в чугуна	Сч=	47,57	кг/т чугуна
Расход C на образование метана	ССН4=	2,96	кг/т чугуна
Количество C сгорающего у фурм	Сф=	241,30	кг/т чугуна
Расход сухого дутья на 1 кг C кокса	Vд'=	3,36	м3/кгСф
Расход сухого дутья для конверсии 1 м3 прир. газа.	Vд"=	1,80	м3/м3
Суммарный расход сухого дутья	Vд=	4,17	м3/кгСф
Расчетный удельный расход дутья	Qд=	1006,2	м3/т чугуна
Выход фурменного газа на 1кг C кокса, сгорающего у фурм	Vг'=	4,31	м3/кгСф
Выход фурменного газа при конверсии 1м3 природного газа	Vг"=	4,31	м3/м3
Суммарный выход фурменного газа	Vгг=	6,23	м3/кгСф
Удельный выход фурменного (горнового) газа	Qгг=	1503,6	м3/т чугуна
Состав фурменного (горнового) газа	Vco=	2,31	м3/кгСф
	VH2=	0,90	м3/кгСф
	VN2=	3,01	м3/кгСф

Рис. 2. Расчетные данные базового периода

На рисунке 3 представлена форма с результатами расчета в проектном периоде.

Уровень засыпи:	3
Насыпные массы:	
Агломерат:	1,5
Окатыши:	2
Кокс:	0,45
Содержание элементов: []-в чугуна, ()-в шлаке	
[Mn]:	0,19
[P]:	0,043
[Si]:	0,53
(S):	1,03
[C]:	4,7
<input type="button" value="Расчет"/>	

Решение прогнозных вариантов газодинамического режима доменной плавки

Изменение высоты слоя шихты в печи

Высота слоя шихты в верхней зоне печи	НВ =	14,22	м
Разность высот	ΔН=	-1,25	м
	ΔН/НБ=	-0,0808015514	
	Δ(ΔР)=	-0,0334518423	атм
Перепад давления газа по высоте слоя шихты в верхней зоне печи	ΔРвп=	,3805481577	атм
Общий перепад давления газа по высоте слоя шихты в прогнозном варианте плавки при минутном расходе дутья в базовом варианте	ΔРобщ.п=	-4,6787092633	атм

Рис. 3. Расчетные данные проектного периода

Заключение

При разработке программного продукта были заложены следующие возможности и функциональность:

- расчет газодинамики в базовом периоде;
- расчет газодинамики в проектном периоде;
- возможность формирования и печати отчета.

Список использованных источников

1. Web-ресурс сети Интернет [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://docs.microsoft.com/ru-ru/aspnet/core/?view=aspnetcore-2.2>. Статья «Введение в ASP.NET Core».

2. Web-ресурс сети Интернет [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://metanit.com/sharp/entityframeworkcore/1.3.php>. Статья «Введение в Entity Framework Core».

3. Web-ресурс сети Интернет [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://www.talkingdotnet.com/import-export-excel-asp-net-core-2-razor-pages/>. Статья «Import and Export excel in ASP.NET Core 2.0».