

$Me = x_{n/2}$ при нечётном количестве элементов и $Me = \frac{x_{n/2} + x_{\frac{n}{2}+1}}{2}$ при чётном.

Значения, не являющиеся выбросами, лежат в диапазоне $[Me - 2\sigma; Me + 2\sigma]$.

Результаты работы. В результате выполнения работы была разработана автоматизированная система управления измерения неоднородности термоЭДС проволоки из платины и платинородиевых сплавов для термоэлектрических преобразователей. Внедрение установки позволяет автоматически измерять неоднородность термоЭДС термоэлектродной проволоки по всей длине, обрабатывать и выводить на печать статистическую информацию, помогает обнаружить производственные дефекты, что напрямую влияет на качество готовой продукции.

Список использованных источников

1. Никонов Н.В. Термопары. Типы, характеристики, конструкции, производство. – М.: ООО «МТК «МЕТОТЕХНИКА», 2015. – 62 с.
2. МИТ 8.10 прецизионный измеритель температуры – URL: <https://npo-proma.ru/katalog/techpribor/metrologicheskoe-oborudovanie-dlya-poverki-sredstv-izmereni/kalibratory-temperatury/mit-8.10-precizionnyy-izmeritel-temperatury/> (дата обращения: 01.05.2022). – Текст: электронный.
3. Sweet M.R. Serial Programming Guide for POSIX Operating Systems – URL: <https://www.cmrr.umn.edu/~strupp/serial.html> (дата обращения 01.05.2022 – Текст: электронный.
4. Кобзарь А.И. Прикладная математическая статистика. – М.: Физматлит, 2006. – 238 с.

УДК 004.428.4:669.162.263

П. Р. Шамсимухаметов, 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 ПРОГРАММНОГО МОДУЛЯ РАСЧЕТОВ ПРОЕКТНЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ТЕПЛООВОГО РЕЖИМА ПРИ ИЗМЕНЕНИИ РЕЖИМНЫХ И КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ДОМЕННОЙ ПЕЧИ

Аннотация. Значимой составляющей оценки и сопровождения теплового режима доменной плавки является мониторинг комплексных показателей, получение которых возможно с помощью расчетных параметров. Отражена постановка задачи, описаны методы и результаты её решения. Программное обеспечение, представляющее собой веб-приложение, реализованное на базе фреймворка ASP.NET Core, предназначено для оценки теплового со-

стояния верхней и нижней ступеней теплообмена доменной печи в базовом и проектном периоде. Представлена архитектура построения программного обеспечения, описаны основные функциональные возможности.

Ключевые слова: доменная плавка, тепловой режим, проектные показатели, модуль расчетов, web-приложение, ASP.NET Core MVC.

Abstract. A significant component of the assessment and maintenance of the thermal regime of blast furnace melting is the monitoring of complex indicators, which can be obtained using calculated parameters. The problem statement is reflected, methods and results of its solution are described. Software, which is a web application implemented on the basis of a framework ASP.NET Core, is designed to assess the thermal state of the upper and lower stages of heat exchange of a blast furnace in the base and design period. The architecture of software construction is presented, the main functionality is described.

Key words: blast furnace melting, thermal regime, design indicators, calculation module, web application, ASP.NET Core MVC.

Введение. Тепловой режим доменной плавки охватывает процессы теплообмена между потоками газа и шихты в верхней и нижней зонах печи и определяется теплофизическими характеристиками потоков газа и шихты, а также тепловыми эффектами протекающих физико-химических процессов в объеме печи. В результате теплообменных процессов формируется температурное поле печи, которое в свою очередь определяет полноту и место протекания процессов восстановления оксидов железа и примесных элементов, и шлакообразования. В основу математического описания теплового состояния доменной печи положена концепция двухступенчатого развития процессов теплообмена – тепловое состояние доменной печи целесообразно рассматривать отдельно для верхней и нижней зон печи [1-4].

Значимой составляющей оценки и сопровождения теплового режима доменной плавки является мониторинг комплексных показателей, получение которых возможно с помощью расчетных параметров. Производство подобных расчетов ручным способом не гарантирует правильность результатов, в то время как использование современного программного обеспечения значительно повышает их качество и эффективность.

Постановка задачи. Необходимо разработать программный модуль, на основе которого выполнить оценку теплового состояния верхней и нижней ступеней теплообмена (индекс низа, индекс верха, содержание кремния в чугуна, температуры горения и др.) в базовом и проектном периоде (не реализованном периоде) при изменении параметров загружаемой шихты, расхода разных видов ЖРМ, флюсов, их свойств, параметров комбинированного дутья.

Реализация поставленной задачи. Программный модуль разрабатывался на языке программирования C# и представляет собой web-приложение, реализованное на базе фреймворка ASP.NET Core и паттерна MVC (Model-View-Controller). Взаимодействие конечного пользователя с программным обеспечением осуществляется с помощью web-интерфейса, передающего исходные данные из форм в соответствующий контроллер (осуществляющий расчет теплового режима доменной плавки с помощью обращения к математической модели), а также производит необходимые операции с базой данных (осуществляет загрузку и сохранение вариантов исходных данных), после чего возвращает пред-

ставления с результатами пользователю в численном (табличном) и графическом видах, в том числе в виде файла Microsoft Excel. Архитектура построения программного обеспечения представлена на рисунке 1.

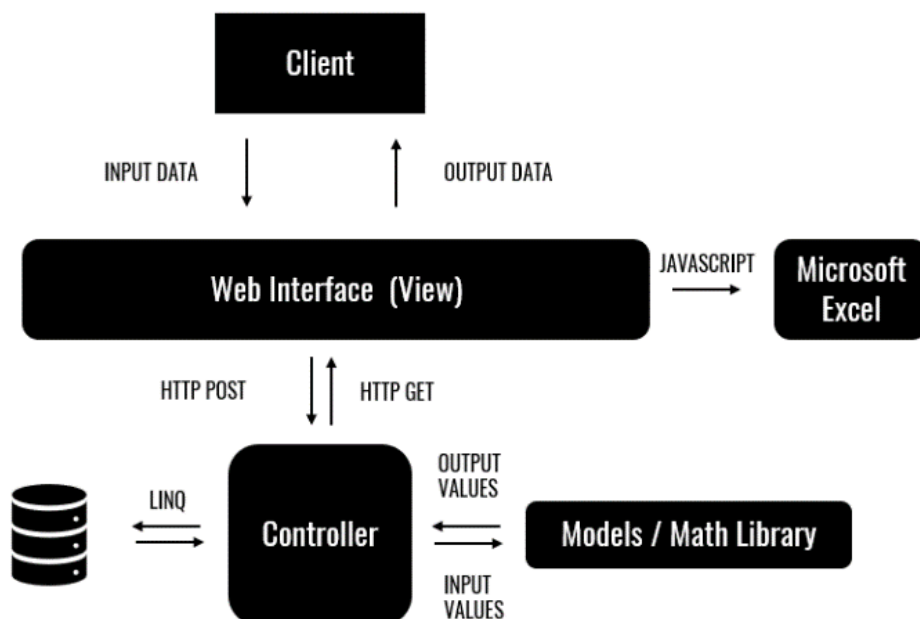


Рис. 1. Архитектура построения программного обеспечения

Описание программного модуля. Главная страница программного модуля содержит навигацию по web-приложению (переход к проектному режиму, справочнику корректировочных коэффициентов влияния параметров плавки в проектном периоде на показатели работы доменной печи, сопоставлению базовых периодов, а также к вариантам исходных данных) и реализацию расчета теплового режима базового периода доменной плавки.

При нажатии на кнопку «Перейти к расчету» главная страница прокрутится до формы с исходными данными (вариант по умолчанию) для расчета теплового режима базового (отчетного) периода доменной плавки, представленной на рисунке 2. Корректировка исходных данных осуществляется в режиме реального времени в момент ввода данных с помощью языка JavaScript и библиотеки jQuery.Numeric, позволяющей вводить в поле формы только допустимые числа.

В конце формы находится флажок с возможностью сохранения текущего варианта исходных данных, после него – кнопка «Отправить», при нажатии на которую осуществится расчет теплового режима (при условии, что все исходные данные имеют корректные значения, в противном случае кнопка будет заблокирована, а в поле с ошибочными данными выведется информационное сообщение).

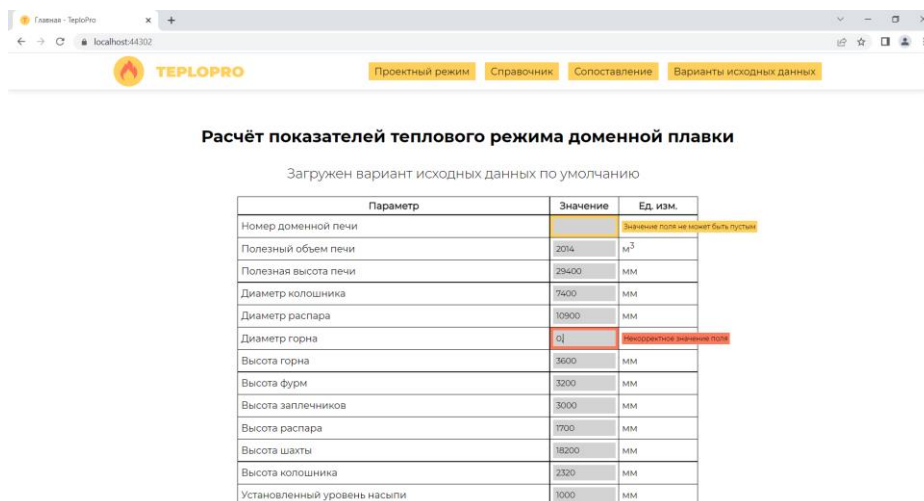


Рис. 2. Форма с исходными данными для расчета теплового режима доменной плавки в базовом периоде

После проведения расчета теплового режима доменной плавки в базовом периоде откроется страница с результатами расчета, представленная на рисунке 3. Результаты расчета по умолчанию представлены в сокращенной форме, которая содержит комплексные показатели теплового режима: индексы верха и низа доменной плавки, а также теоретическую температуру горения углерода кокса. При нажатии на флажок «Показать полную форму результатов» появится таблица с исходными данными и всеми расчетными показателями. Результаты расчета можно экспортировать в файл Microsoft Excel с помощью нажатия на кнопку «Экспорт в Excel» в области навигации.

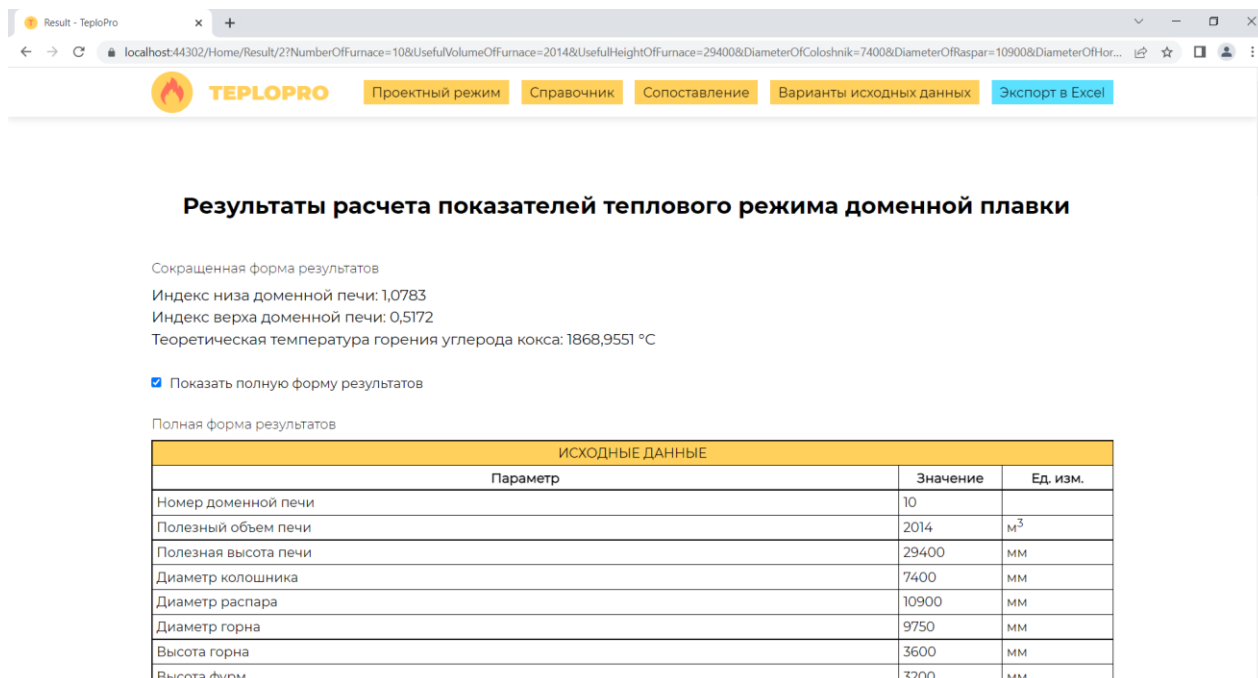


Рис. 3. Результаты расчета теплового режима доменной плавки в базовом периоде

Проектный режим доменной плавки позволяет пользователю скорректировать исходные данные базового периода для прогноза комплексных показателей теплового режима с помощью методики факторного анализа на основе приведенных коэффициентов влияния параметров плавки в проектном периоде на показатели работы доменной печи (расход кокса и производительность) [5].

На странице с проектным режимом, представленной на рисунке 4, необходимо выбрать вариант исходных данных базового периода, после чего скорректировать параметры для последующего прогноза. Внизу формы ввода с данными находится кнопка «Прогноз», при нажатии на которую осуществляется прогноз показателей теплового режима доменной плавки. Результаты расчета представлены на отдельной странице, содержащей расчет базового и проектного периодов, а также их сравнение, в сокращенной и полной форме. Полную форму результатов можно экспортировать в файл Microsoft Excel.

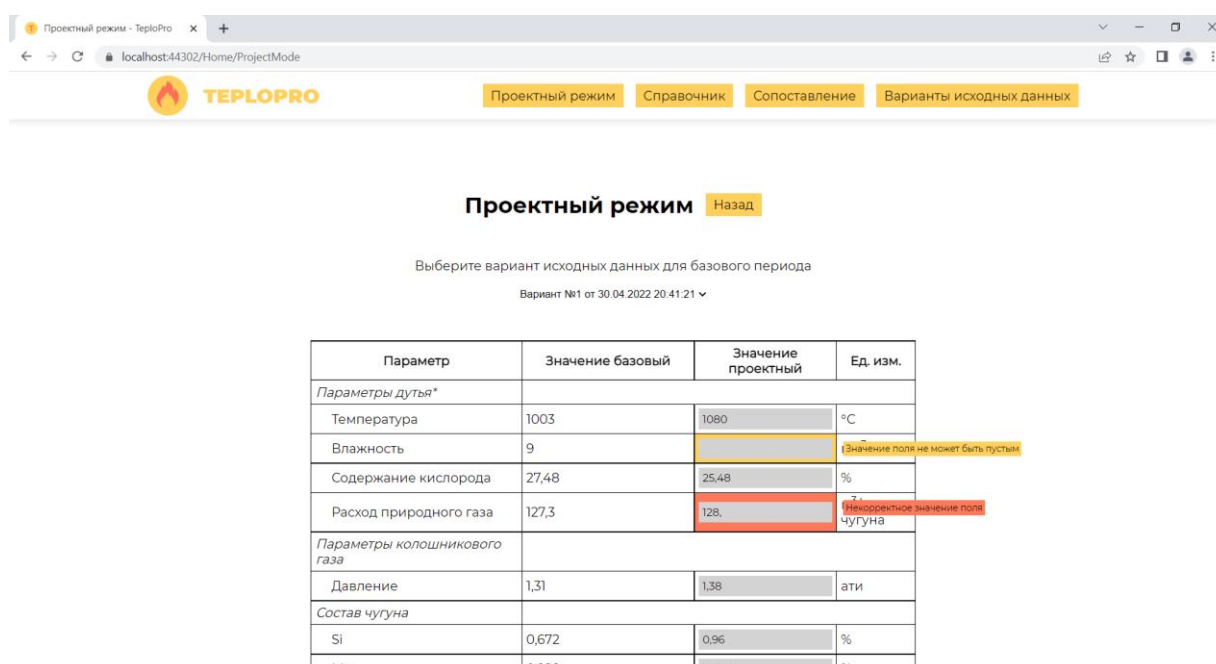


Рис. 4. Страница проектного режима доменной плавки

Заключение. В результате реализации поставленной задачи был разработан программный модуль «ТеплоПро» для оценки теплового состояния верхней и нижней ступеней теплообмена доменной печи в базовом и проектном периоде при изменении параметров загружаемой шихты, расхода разных видов ЖРМ, флюсов, их свойств, а также параметров комбинированного дутья. В дальнейшем планируется расширение и совершенствование функциональных возможностей программного обеспечения.

Список использованных источников

1. Технология доменной плавки. Расчет технологического режима: учебное пособие / Л.Ю. Гилёва, С.А. Загайнов – Екатеринбург: УрФУ, 2021. – 54 с.

2. 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.

3. Примеры и задачи по технологии доменной плавки: учебное пособие: / О.П. Онорин, Л.И. Каплун, И.А. Сергиенко, Ю.А. Леконцев. – Екатеринбург: УГТУ-УПИ, 2008. – 79 с.

4. 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.

5. Компьютерные методы моделирования доменного процесса: монография / 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.