

Н.А. Спири́н, В.В. Лавров, И.Е. Косаченко, В.Ю. Рыболовлев // Известия вузов. Черная металлургия. 2013. № 6. С. 24–29.

2. Спири́н Н.А. Критерии выбора рациональной формы и размеров зоны пластичности / Н.А. Спири́н, А.В. Павлов, В.Г. Дружков, И.В. Макарова // Металлургия чугуна. 2016. №1 (18). С. 11–13.

3. Спири́н Н.А. Модельные системы поддержки принятия решений в АСУ ТП доменной плавки / Н.А. Спири́н, 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. Спири́н Н.А. Математическое моделирование металлургических процессов в АСУ ТП / Н.А. Спири́н, В.В. Лавров, В.Ю. Рыболовлев, Л.Ю. Гилева, А.В. Краснобаев, В.С. Швыдкий, О.П. Онорин, К.А. Щипанов, А.А. Бурыйкин; под ред. Н.А. Спирина. – Екатеринбург: УрФУ, 2014. – 558 с.

5. Обзор Entity Framework Core [Электронный ресурс] // Microsoft Learn [web-сайт]. Режим доступа: <https://learn.microsoft.com/ru-ru/ef/core/> (дата обращения 15.04.2024).

6. Introduction to Umi [Электронный ресурс] // UmiJS [web-сайт]. Режим доступа: <https://umijs.org/en-US/docs/introduce/introduce> (дата обращения 15.04.2024).

УДК 004.428.4:669.162.263

**И. С. Уланов, Н. А. Спири́н, И. А. Гури́н, В. В. Лавров**

ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет

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

## **РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННО-МОДЕЛИРУЮЩЕЙ СИСТЕМЫ ГАЗОДИНАМИЧЕСКОГО РЕЖИМА ДОМЕННОЙ ПЕЧИ НА ОСНОВЕ ТРЕХЗВЕННОЙ КЛИЕНТ-СЕРВЕРНОЙ АРХИТЕКТУРЫ**

**Аннотация.** Рассмотрены основные предпосылки, принципы перехода от использования локальных систем к веб-приложениям на предприятиях на примере разработки программного обеспечения «Расчёт газодинамического режима доменной печи» для металлургического предприятия. Программное обеспечение предназначено для расчёта показателей газодинамического режима доменной печи в нескольких периодах: базовый, сравнительный и прогнозный. При переходе к веб-технологии выполнена разработка системы на основе микросервисной архитектуры: серверной части приложения, подключение к базе данных, клиентской части с использованием фреймворка Svelte, взаимодействие с сервером через API. Представлена архитектура усовершенствованной системы, описаны основные функциональные возможности.

**Ключевые слова:** разработка, доменный цех, веб-сервис, газодинамический режим, база данных, API-интерфейс, REST API.

**Abstract.** The main prerequisites and principles of the transition from the use of local systems to web applications in enterprises are considered using the example of developing software “Calculation of the gas-dynamic regime of a blast furnace” for a metallurgical enterprise. The software is

*designed to calculate indicators of the gas-dynamic regime of a blast furnace in several periods: basic, comparative and forecast. During the transition to web technology, a system was developed based on a microservice architecture: the server part of the application, connection to the database, the client part using the Svelte framework, interaction with the server via API. The architecture of the improved system is presented and the main functionality is described.*

**Key words:** *development, domain workshop, web service, gas dynamic mode, database, API, REST API.*

*Введение.* Доменный процесс представляет собой комплекс сложных взаимосвязанных процессов, протекающих в рабочем пространстве печи. В печи происходят механические, газо- и гидродинамические, химические, теплофизические и физико-химические процессы, связанные с загрузкой и движением газов и жидких продуктов плавки в слое кусковых шихтовых материалов, теплообменом между нагретым потоком газов и опускающимися материалами, восстановлением железа и других элементов из их оксидов с образованием чугуна и шлака, горением топлива у воздушных фурм и т.д. 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 [1–6].

В последнее время вследствие использования различных видов железорудных материалов (агломерата, окатышей) и высоких параметров комбинированного дутья (высокий нагрев дутья, применение дутья, обогащенного кислородом, подача в горн печи углеводородных добавок) лимитирующими процессами часто является движение шихты и газа в печи. Целью моделирования газодинамического режима доменной плавки является оценка влияния параметров комбинированного дутья и загружаемой шихты на параметры фурменного очага и перепада давления в отдельных зонах доменных печей.

В этой связи актуальной задачей является создание компьютерной информационно-моделирующей системы, которая поможет инженерно-технологическому персоналу доменного цеха оперативно оценивать и прогнозировать газодинамику доменной плавки.

*Целью* данной работы является реализация информационно-моделирующей системы «Расчёт газодинамического режима доменной печи», реализованной на основе микросервисной архитектуры с использованием API (Application Programming Interface).

*Описание системы.* Реализовано клиентское web-приложение (рис. 1), которое взаимодействует с API-интерфейсом, предоставляющий методы для ввода и корректировки исходных данных на основе заданного шаблона или ранее сохраненного варианта расчета; сохранение и загрузка вариантов исходных данных для базового периода; справочник геометрических параметров доменной печи; расчет показателей газодинамического состояния доменной плавки в базовом и проектном периодах; сопоставление двух базовых периодов; экспорт результатов во внешний формат офисных документов.

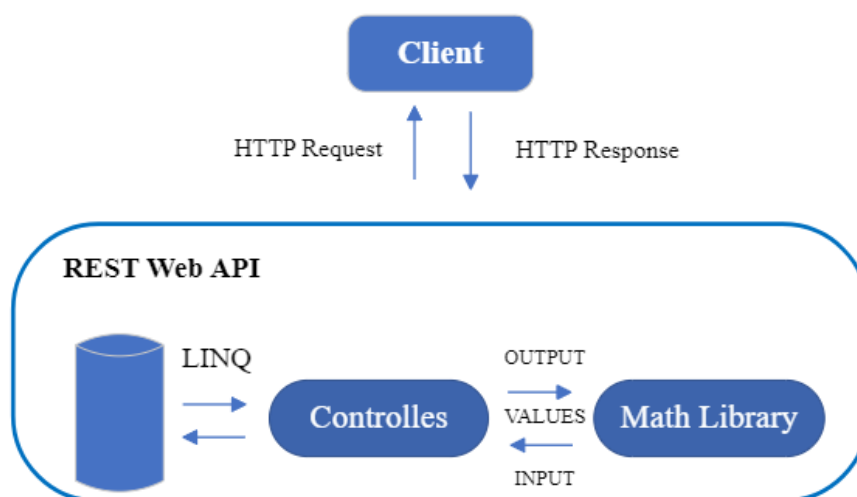


Рис. 1. Архитектура веб-сервиса

Взаимодействие конечного пользователя с веб-сервисом осуществляется с помощью веб-приложения, которое обращается к уже разработанному Web API [7]. REST API использует протокол HTTP для обмена данными между клиентом и сервером. Клиент отправляет запрос на сервер, после чего в контроллерах выполняется вся необходимая логика для получения результата (обращение к базе данных, взаимодействие с математической библиотекой для расчетов), после чего сервер отправляет ответ клиенту в формате JSON.

В качестве фреймворка для создания клиентского web-приложения выбран Svelte (SvelteKit). Svelte – это фреймворк для создания пользовательских интерфейсов (UI) на JavaScript [8]. Он отличается от других фреймворков, таких как React и Vue, тем, что компилирует код в нативный JavaScript во время сборки вместо того, чтобы использовать виртуальный DOM во время выполнения. Это означает, что Svelte может создавать более быстрые и эффективные приложения, так как он не тратит время на создание и обновление виртуального DOM. Вместо этого он генерирует код, который напрямую манипулирует с DOM, что позволяет создавать более быстрые и отзывчивые пользовательские интерфейсы. Svelte также предоставляет множество встроенных функций, таких как реактивные переменные, условные операторы и циклы, что делает его более простым в использовании и уменьшает количество кода, необходимого для создания приложения.

Главный экран web-приложения, представленный на рисунке 2, представляет собой страницу с расчетом базового периода газодинамического режима доменной плавки. В шапке приложения находится меню с возможностью авторизации в веб-сервисе, а также со ссылками на страницы для сопоставления двух периодов, проектным режимом и справочником геометрических параметров доменных печей.

### Расчет базового периода

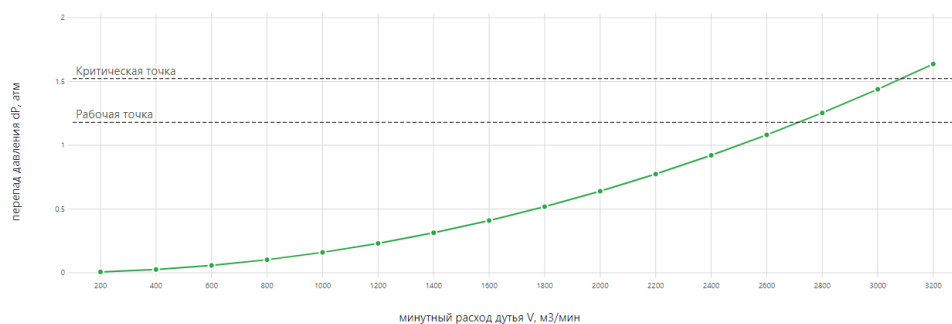
Параметр	Значение
<i>Содержание элементов[] - в чугане, () - в шлаке</i>	
[Mn], %	0.294
[P], %	0.068
[Si], %	0.798
[S], %	0.019
(S), %	0.7
[C], %	4.662
[Ti], %	0.067
[Cr], %	0.051
Удельный расход кокса, кг/т чугуна (κ)	418.4
Зола кокса, %	12.71
Сера кокса, %	0.46
Летучие кокса, %	1.28
Содержание кислорода в дутье (W)	26.9

Рис. 2. Главная страница web-приложения

При проектировании веб-сервиса предполагалось, что неавторизованным пользователям будет доступен только расчет базового периода. Поэтому на главной странице web-приложения есть возможность произвести расчет базового периода без авторизации в веб-сервисе: для этого необходимо заполнить все поля формы и нажать кнопку «Отправить».

После нажатия на кнопку будет отправлен запрос на соответствующий метод в веб-сервисе (HTTP POST по пути «/api/calculate») и в случае успешного выполнения в правом нижнем углу покажется уведомление с сообщением «Расчет базового периода выполнен успешно», а внизу страницы отобразится форма результатов расчета (рис. 3).

Результаты расчета в базовом режиме работы доменной печи [ЭКСПОРТ В EXCEL](#)



#### Ключевые показатели газодинамики

Параметр	Значение
Теоретическая температура горения (ТТ), °С	2129.2291
Рабочая точка	
Перепад давления газов по высоте слоя шихты (ΔРф), атм	1.18
Минутный расход дутья (VКИПОБ), м3/мин	2716.67
Критическая точка	
Перепад давления газов по высоте слоя шихты (ΔРКР), атм	1.5227
Критический расход дутья (Vд), м3/мин	3086.0531
Активная высота слоя шихты продуваемая газами (НА), м	20.834

Рис. 3. Результат расчёта базового режима доменной плавки

Для того чтобы перейти к остальной функциональности веб-сервиса необходимо авторизоваться (зарегистрироваться или войти). Формы для регистрации и входа, представленные на рисунках 4 и 5, находятся в модальных окнах, которые открываются при нажатии на соответствующие кнопки в меню шапки сайта.



Рис. 4. Форма регистрации




Рис. 5. Форма входа

В случае успешного входа в систему пользователю будет показано соответствующее уведомление в правом нижнем углу страницы, а также в шапке сайта будет отображаться имя пользователя и кнопка для выхода из аккаунта.

После авторизации на главной странице веб-сервиса будет доступна возможность сохранения варианта исходных данных в базовом периоде. Для этого предусмотрен соответствующий чекбокс и поле ввода для названия варианта, представленные на рисунке 6.

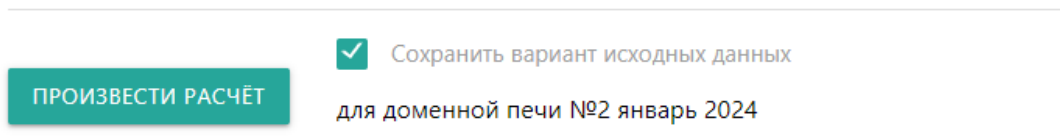


Рис. 6. Возможность сохранения варианта исходных данных

После успешного выполнения расчета базового периода с включенным чекбоксом для сохранения варианта исходных данных, сохраненный вариант отобразится в выпадающем списке всех вариантов, представленном на рисунке 7, перед главной формой. В данном списке также находится вариант по умолчанию, значения которого автоматически подставляются в форму при первой загрузке страницы.

## Расчет базового периода

Варианты исходных данных

По умолчанию

Вариант исходных данных

По умолчанию

Вариант для доменной печи №2 январь 2024 от 03.05.2024 23:54:37

Рис. 7. Выпадающий список с сохраненными вариантами исходных данных

Для авторизованных пользователей доступна функциональность сопоставления параметров расчета двух базовых периодов на соответствующей странице. На данной странице находятся два выпадающих списка с возможностью выбора вариантов для сравнения. Если вариантов еще нет или выбранные варианты совпадают, пользователю покажется соответствующее сообщение.

После выбора разных вариантов и нажатия на кнопку «Отправить» будет произведен расчет двух базовых периодов (путем отправления запроса HTTP GET к веб-сервису по пути «/api/calculate») и покажется таблица с результатами сопоставления.

Справочник геометрических параметров доменных печей доступен только авторизованным пользователям. Добавление новой доменной печи производится с помощью кнопки «Добавить», после чего появится еще одна строка таблицы с пустыми полями, которые необходимо заполнить соответствующими значениями. После заполнения значений необходимо нажать кнопку «Сохранить» после данные добавятся в справочник, о чём пользователь будет проинформирован с помощью уведомления в правом нижнем углу.

Изменения в значениях доменной печи производятся автоматически сразу же после ввода нового значения.

Проектный режим, доступный авторизованным пользователям, находится на отдельной странице, представленной на рисунке 8, где необходимо выбрать нужный вариант исходных данных, после чего его данные будут загружены для расчета проектного периода (в колонку «Значение (базовый)»).

### Проектный режим

Вариант исходных данных

Вариант для доменной печи №2 январь 2024 от 03.05.2024 23:54:37

СБРОСИТЬ ИЗМЕНЕНИЯ

Параметр	Значение (базовый)	Значение (проектный)
Уровень засыпи (нУЗ), м	1.75	1.75
Удельный выход шлака (УШЛ), кг/т чугуна	322.37	322.37
Содержание кислорода в дутье (O2), %	26.9	27
Удельный расход природного газа (Vпр), м3/т чугуна	96.5	96.5
Температура горячего дутья (tД), Сo	1177	1177
Влажность дутья (w), г/м3	1.6	1.6
Избыточное давление колошникового газа (РКГ), атм	1.28	1.28

Рис. 8. Страница для расчета проектного периода

По умолчанию в колонке «Значения (проектный)» подставляются такие же значения как у сохраненного варианта базового периода. Пользователю необходимо изменить соответствующие значения для расчета проектного периода. Для удобства реализовано подсвечивание «Значения (проектный)», если они отличаются от «Значение (базовый)», а также сброс изменений до первоначальных.

После нажатия на кнопку «Отправить» будет осуществлен расчет проектного периода (путем отправления запроса HTTP POST со всеми необходимыми данными к веб-сервису по пути «/api/ calculate/project»). Результаты по аналогии с сопоставлением базовых периодов, представлены в виде таблицы.

*Заключение.* Реализована информационно-моделирующая система газодинамического режима доменной плавки [9; 10], включающая клиентское web-приложение для взаимодействия с API подсистемы на базе современного развивающегося фреймворка SvelteKit, в соответствии со всеми установленными требованиями. Разработанное программное обеспечение предназначено для инженерно-технологического персонала доменных цехов металлургических предприятий, научных работников, занимающихся исследованием доменного процесса, а также может быть использовано в учебном процессе для проведения лабораторных и практических работ для студентов металлургических специальностей вузов.

### Список использованных источников

1. 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.

2. Модельные системы поддержки принятия решений в АСУ ТП доменной плавки: монография / Н.А. Спириин, 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. Электронный научный архив УрФУ (полная версия), URL: <http://hdl.handle.net/10995/39973>.

3. Компьютерные методы моделирования доменного процесса: монография / О.П. Онорин, Н.А. Спириин, 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.

4. Математическое моделирование металлургических процессов в АСУ ТП: учебное пособие / Н.А. Спириин, 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. Электронный научный архив УрФУ (полная версия), URL: <http://elar.urfu.ru/handle/10995/27839>.

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

6. Теплофизические основы тепловой работы металлургических слоевых печей и агрегатов: учебное пособие / Ю.Г. Ярошенко, В.С. Швыдкий, Н.А. Спириин, В.И. Матюхин, В.В. Лавров; под ред. Ю.Г. Ярошенко. – Екатеринбург: АМК

«День РА», 2019. – 464 с. Электронный научный архив УрФУ (полная версия), URL: <http://elar.urfu.ru/handle/10995/78843>.

7. Лоре А. Проектирование веб-API. – М.: ДМК-Пресс, 2020. – 440 с.

8. Волкманн М. Svelte и Sapper в действии. – СПб.: Питер, 2022. – 496 с.

9. Свидетельство государственной регистрации программы для ЭВМ № 2022664946. Расчет показателей газодинамического режима доменной плавки / И.С. Уланов, В.В. Лавров, И.А. Гурин, Н.А. Спирин. Заявл. № 2022664018 от 27.07.2022 г. Зарегистрировано в реестре программ для ЭВМ 08.08.2022 (РФ).

10. Свидетельство государственной регистрации программы для ЭВМ № 2023666198. Программный интерфейс (API) расчета показателей газодинамического режима доменной печи / И.С. Уланов, В.В. Лавров, И.А. Гурин, Н.А. Спирин. Заявл. № 2023664158 от 06.07.2023 г. Зарегистрировано в реестре программ для ЭВМ 26.07.2023 (РФ).

УДК 004.42

**Е. И. Уткина, К. А. Щипанов**

ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет

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

## **РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ СОГЛАСОВАНИЯ ЗАЯВОК НА РАСХОДОВАНИЕ ДЕНЕЖНЫХ СРЕДСТВ ПРЕДПРИЯТИЯ**

**Аннотация.** *В условиях динамично развивающейся металлургической промышленности, оптимизация бизнес-процессов и повышение эффективности управления финансами становятся критически важными задачами. Автоматизация рутинных операций, таких как согласование заявок на расходование денежных средств (ЗДС), является ключом к достижению этих целей. Согласование ЗДС на металлургических предприятиях зачастую представляет собой многоуровневый процесс, осложнённый участием различных отделов и согласующих лиц. Ручное согласование бумажных заявок является трудоёмким, длительным и подверженным ошибкам процессом, что приводит к задержкам платежей, непредвиденным расходам и потере контроля над расходами. Разработка ПО для согласования ЗДС в металлургии должна учитывать специфику отрасли, интегрироваться с существующими системами и обеспечить комплексное решение задачи. В статье представлено описание разработки программного обеспечения для согласования заявок на расходование денежных средств. Веб-приложение реализовано с помощью фреймворка ASP.NET Core (MVC) 6.0 и написано на языке C#. База данных разработана на основе Entity Framework Core. Разработанное программное обеспечение позволяет пользователям согласовывать заявки на расходование денежных средств в электронном виде, что значительно упрощает и ускоряет бизнес-процесс управления финансовыми потоками предприятия.*

**Ключевые слова:** *автоматизация, программное обеспечение, металлургическая промышленность, финансовый контроль, оптимизация расходов, заявка на расходование денежных средств, ASP NET Core (MVC).*