

РАЗРАБОТКА ДЕСКТОП-ПРИЛОЖЕНИЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ СОРТОВОЙ ПРОКАТКИ

Аннотация. Разработана автоматизированная система моделирования сортовой прокатки. Информационная система предназначена для оперативного анализа технологических процессов прокатки сортовых профилей на станах с непрерывным и последовательным расположением рабочих клеток. При этом она позволяет решать достаточно широкий круг задач моделирования, диагностики и оптимизации действующих и проектируемых технологических процессов, а также определения параметров настройки прокатных станов при реализации рассчитанных технологических режимов. Система также предназначена для использования работниками металлургических предприятий, занимающихся исследованием сортовой прокатки, а также может быть использована студентами для изучения. Показана архитектура приложения и описан основной функционал ПО. В ходе разработки использовался веб-сервис для хостинга приложения Github. Стек технологий: язык программирования – C#, платформа приложения – Windows Forms, СУБД – Microsoft SQL Server.

Ключевые слова: информационная система, автоматизация, сортовая прокатка, станы, десктоп, Windows Forms, C#, Microsoft SQL Server, программирование.

Abstract. An automated system for modeling long-range rolling has been developed. The information system is designed for the operational analysis of technological processes of rolling long profiles on mills with continuous and sequential arrangement of work stands. At the same time, it allows solving a fairly wide range of tasks of modeling, diagnostics and optimization of existing and projected technological processes, as well as determining the settings of rolling mills during the implementation of calculated technological modes. The system is also intended for use by employees of metallurgical enterprises engaged in the study of long-range rolling, and can also be used by students to study. The architecture of the application is shown and the main functionality of the software is described. During the development, a web service was used to host the Github application. Technology stack: programming language – C#, application platform – Windows Forms, DBMS – Microsoft SQL Server.

Key words: information system, automation, long products, mills, desktop, Windows Forms, C#, Microsoft SQL Server, programming.

Введение. В последние годы в России увеличиваются объемы производимой продукции металлургического производства, в том числе сортопрокатной продукции. Это связано как с увеличением потребности других производств, так и с расширением сортамента. Для этого необходимо совершенствовать технологию прокатки. Процесс прокатки – является сложной технологической задачей, которую ежедневно решает большое количество калибровщиков. Данные специалисты нуждаются в значительной методической поддержке.

Для процесса сортопрокатного производства на кафедре ОМД разработаны математические модели расчета параметров процесса сортовой прокатки. Моделирование процесса сортовой прокатки представлено в работе.

Постановка задачи. В моей работе реализованы две математические модели процесса сортовой прокатки: метод соответственной полосы и метод кафедры ОМД.

Алгоритм работы двух методов представлен на рисунке 1. Эти методы имеют общую и уникальную части. К общим частям (модулям) относятся дополнение геометрических параметров, расчет скоростных режимов прокатки и температурных режимов, а также сопротивления деформации.

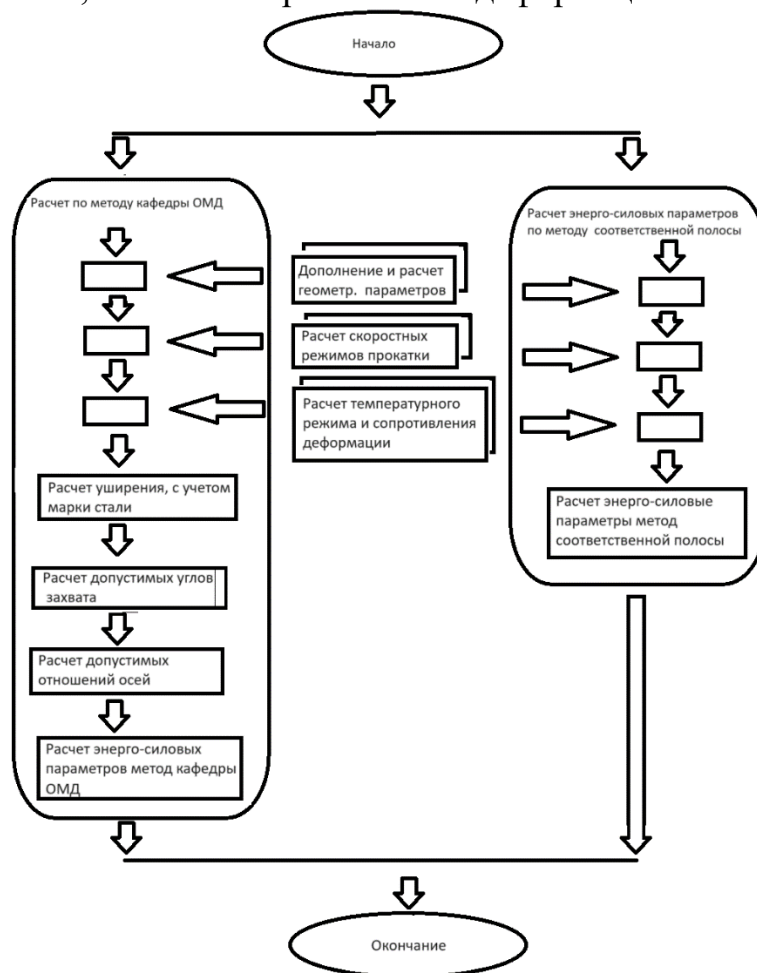


Рис. 1. Составные алгоритмы метода соответственной полосы и метода кафедры ОМД

На выходе модуля дополнения геометрических параметров для каждого прохода выстраиваются геометрические параметры: схема прокатки (Овал-овал, Ромб квадрат и пр.), размеры подката (H_0, B_0), размеры полосы (H_1, B_1), площадь поперечного сечения W , зазор S , ширина по врезу ($B_{вр}$) для ящичного калибра, ширина дна ($B_д$) для ящичного калибра, радиус скругления калибра R (для ящичного калибра – при основании, для ромбического на вершине ромба), радиус построения овального калибра $R_{ов}$, вогнутость дна R_8 , Расположение калибров на бочке Sum_x , Коэффициент плеча приложения усилия прокатки PSI .

На выходе каждого модуля рассчитывается свой уникальный набор параметров.

При расчете по методу кафедры ОМД ключевыми расчетными параметрами являются: коэффициент уширения металла b , степень заполнения калибра d_1 ,

площадь поперечного сечения полосы w , коэффициент напряженного состояния n_s , контактное давление p , усилие P и крутящий момент $M_{\text{вал}}$ прокатки, мощность деформации N в зависимости от следующих параметров процесса: приведенного диаметра валков A , коэффициента обжатия $1/h$, отношения осей калибра a_k и сторон задаваемой полосы a_0 , степени заполнения предыдущего калибра d_0 , выпуска калибра tgj , показателя контактного трения μ , контактной площади F_k , коэффициент вытяжки l и сопротивления металла деформации s_s , которое рассчитывается с использованием современных методов, основанных на термомеханических коэффициентах.

Необходимость перехода на новые подходы программирования и использование web технологий, а также стандартизация программного обеспечения привела к необходимости реализации данных математических моделей на языке C# и использования современных баз данных для накопления данных по проектированию сортовой прокатки.

Реализация программного обеспечения. Программное обеспечение разрабатывалось на языке программирования C# с помощью Visual Studio Windows Forms. В качестве СУБД использовался Microsoft Sql Server. Взаимодействие пользователя с программным обеспечением осуществлялось с помощью интерфейса.

Описание программного обеспечения. Разработанное приложение представляет из себя информационно-модулирующую систему. Приложение реализовано по клиент-серверной архитектуре, показанной на рисунке 2.

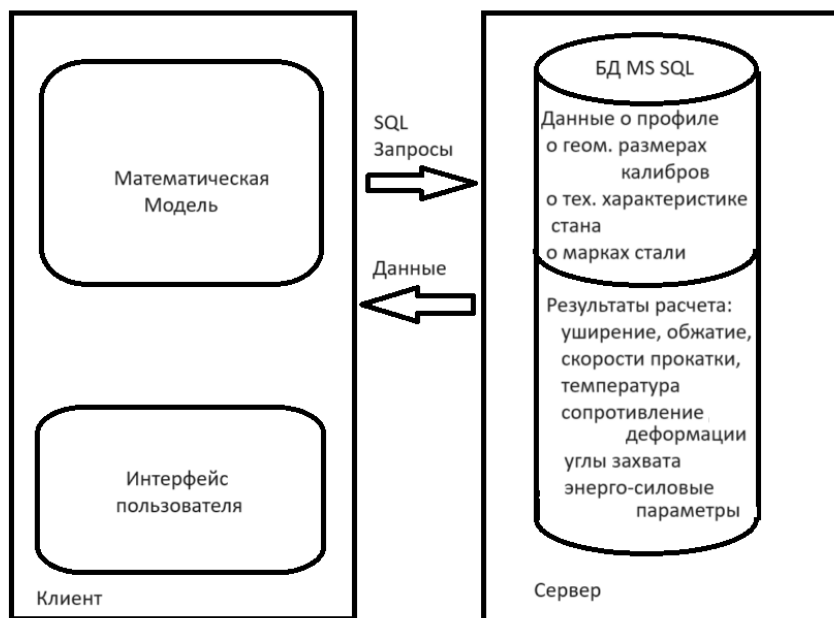


Рис. 2. Архитектура приложения моделирования процесса сортовой прокатки

При запуске клиентского приложения открывается форма авторизации. Пользователю требуется ввести логин и пароль. Для регистрации пользователю следует ввести свое имя, логин, пароль и подтвердить пароль. Если пароли сов-

падают и логин уникален, добавляется новая учетная запись клиента. Иначе система выдаст ошибку. Также из формы регистрации можно перейти к форме авторизации.

На главной форме расположено главное меню, содержащее 5 пунктов («Исходные данные», «Расчет», «Отчет», «Справка» и «Учетная запись»). Исходные данные показаны на рисунке 3.

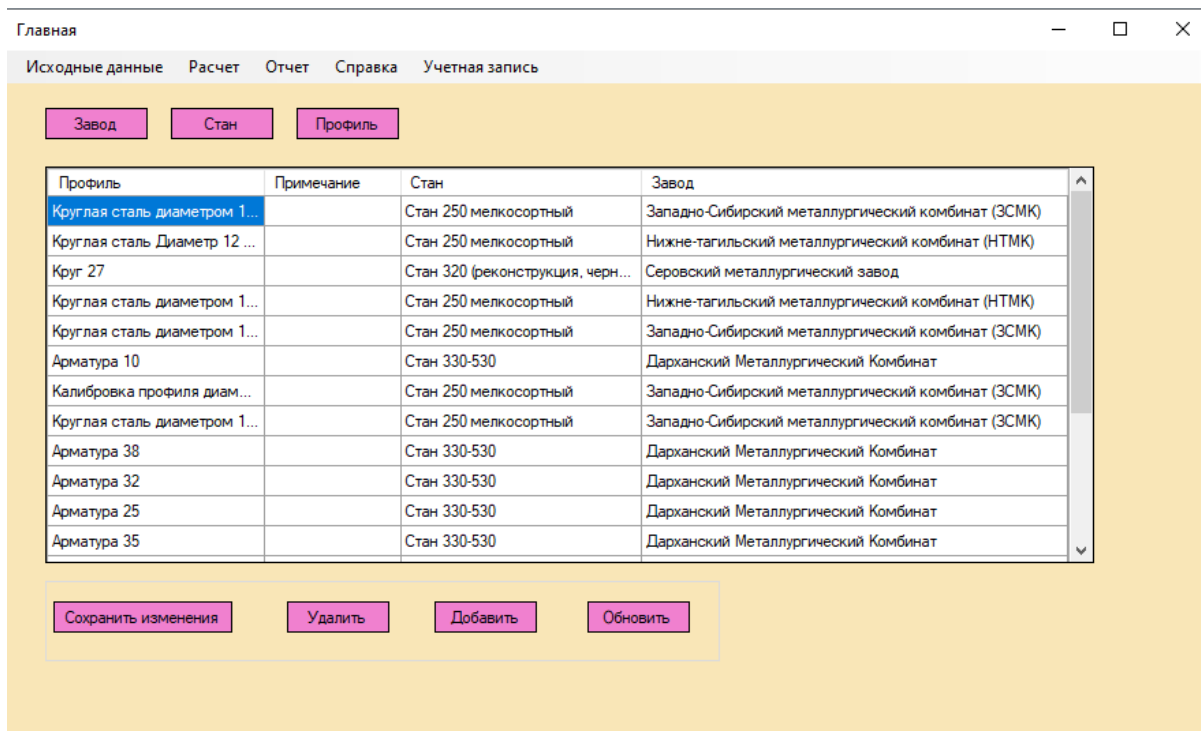


Рис. 3. Исходные данные

Здесь отображаются данные профилей, заводов и станов. Данные можно добавлять, удалять, изменять. Сохраненные изменения передаются в базу данных. Перейдем к пункту «Расчет». Форма расчета показана на рисунке 4.

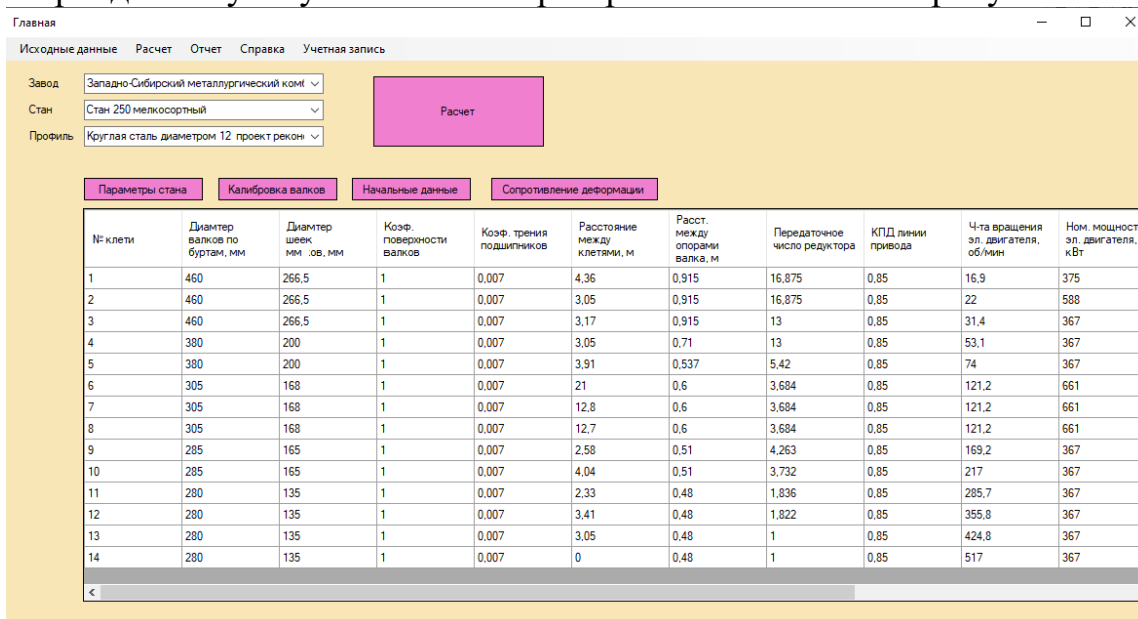


Рис. 4. Форма «Расчет»

С помощью выпадающих списков пользователь выбирает конкретный профиль. Благодаря соответствующим кнопкам имеется возможность просмотреть параметры стана, калибровку валков, начальные данные и сопротивление деформации. После нажатия на кнопку «Расчет» переходим на форму моделирования (рис. 5).

Рис. 5. Форма «Моделирование»

Нажимая соответствующие переключатели, Пользователь указывает (сверху вниз и слева направо):

- сколько статей теплового баланса должно учитываться при расчете температурного режима прокатки;
- при каких площадях поперечного сечения полос и коэффициентах вытяжки выполняются расчеты;
- какой температурный режим выбирается для расчета энергосиловых параметров процесса прокатки;
- выбранный метод расчета сопротивления деформации;
- какая частота вращения валков принимается для расчета скоростного режима прокатки;
- необходим ли расчет формоизменения металла («Да», если размеры полос в исходной информации не заданы);
- тип стана.

Далее выбираем марку стали из выпадающего списка. После указания всех параметров нажимаем на кнопку «Расчет». Результаты расчета отображаются на форме «Отчет» (рис. 6).

| | Номер клетки | Темп. раската. Пер. конец | Темп. раската. Зад. конец | Прирост темп. от деф-ции Пер. конец | Прирост темп. от деф-ции Зад. конец | Падение темп. Пер. конец | Падение темп. Зад. Конец |
|---|--------------|---------------------------|---------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|--------------------------|--------------------------|
| ▶ | 1 | 1080 | 1080 | 4 | 4 | 0 | 0 |
| | 2 | 1083 | 1085 | 5 | 5 | -3 | -5 |
| | 3 | 1087 | 1089 | 13 | 13 | -4 | -4 |
| | 4 | 1099 | 1093 | 12 | 12 | -12 | -5 |
| | 5 | 1111 | 1119 | 4 | 4 | -11 | -25 |
| | 6 | 1114 | 1103 | 12 | 13 | -4 | 16 |
| | 7 | 1126 | 1104 | 4 | 4 | -12 | -1 |
| | 8 | 1129 | 1054 | 10 | 12 | -3 | 50 |
| | 9 | 1139 | 1089 | 4 | 4 | -9 | -35 |
| | 10 | 1142 | 1057 | 11 | 14 | -3 | 32 |
| | 11 | 1152 | 1117 | 2 | 2 | -10 | -59 |
| | 12 | 1154 | 1068 | 11 | 14 | -2 | 49 |
| | 13 | 1164 | 1126 | 1 | 1 | -10 | -58 |
| | 14 | 1164 | 1083 | 0 | 0 | -1 | 42 |

Рис. 6. Форма «Отчет»

Нажимая соответствующие пункты меню, мы получаем таблицу с результатами. Нажимая на кнопку «Отчет», мы можем распечатать каждую таблицу в формате pdf.

Заключение. В процессе разработки программного обеспечения было реализовано десктоп-приложение, которое предоставляет большие возможности совершенствования технологических процессов сортовой прокатки. Данное приложение можно дорабатывать, в частности, на результатах расчета можно осуществить построение калибровки валков.

Список использованных источников

1. Смирнов В.К., Шилов В.А., Инарович Ю.В. Калибровка прокатных валков. – М.: Теплотехник, 2008. – 490 с.
2. Экспертная система технологии сортовой прокатки / В.А. Шилов, С.П. Куделин, Ю.В. Инарович, А.Р. Бондин // Известия вузов. Черная металлургия. 2015. Т. 58. № 9. С. 710–715.
3. Албахари Дж., Албахари Б. С# 6.0. – М.: Вильямс, 2016. – 1040 с.
4. Кулямин В.В. Технологии программирования. Компонентный подход. – М.: Интернет-Университет Информационных Технологий (ИНТУИТ), 2016. – 590 с.

5. Полное руководство по языку программирования C# 6.0 и платформе .NET 4.6 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://metanit.com/sharp/tutorial/> (Дата обращения 01.03.2024)

6. Хорев П. Б. Объектно-ориентированное программирование с примерами на C#. – М.: Форум, Инфра-М, 2016. – 200 с.

УДК 669-042

**Н. О. Ибрагимов, И. О. Мельников, 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 АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ РАСЧЕТА ОПТИМАЛЬНОГО РАСХОДА ЖЕЛЕЗОРУДНЫХ МАТЕРИАЛОВ И ФЛЮСОВ В ДОМЕННУЮ ШИХТУ НА ОСНОВЕ ВЕБ-ТЕХНОЛОГИЙ

Аннотация. В докладе рассмотрена разработка программного обеспечения автоматизированной системы, предназначенного для расчета оптимального расхода железорудных материалов (агломерата, окатышей) и флюсов в доменную шихту с учетом технологических ограничений на шлаковый режим доменной плавки и качество получаемого чугуна. Изучена математическая модель расчета, выделены целевые функции оптимизации, управляющие воздействия и технологические ограничения, реализовано решение задачи оптимизации с использованием открытой библиотеки *GoogleOrTools*. На основе модели разработано веб-приложение, предназначенное для инженерно-технологического персонала доменного цеха.

Ключевые слова: доменное производство, доменная шихта, железорудные материалы, флюсы, оптимизация, целевая функция, веб-приложение, *ASP.NET*, *GoogleOrTools*, *SQLite*.

Abstract. The report discusses the development of software for an automated system designed to calculate the optimal consumption of iron ore materials (sinter, pellets) and fluxes into the blast furnace charge, taking into account technological restrictions on the slag mode of blast furnace smelting and the quality of the resulting cast iron. A mathematical calculation model has been studied, optimization objective functions, control actions and technological limitations have been identified, and a solution to the optimization problem has been implemented using the open library *GoogleOrTools*. Based on the model, a web application has been developed for the engineering and technological personnel of the blast furnace workshop.

Key words: blast furnace production, blast furnace charge, iron ore materials, fluxes, optimization, objective function, web application, *ASP.NET*, *GoogleOrTools*, *SQLite*.

Введение. В современных условиях доменной плавки в состав рудной части шихты входит, как правило, несколько составляющих. При определении оптимального состава доменной шихты, которые обеспечивают достижение необходимых показателей шлакового режима работы доменной печи и требуемого качества получаемого чугуна инженерно-технологическому персоналу доменного цеха приходится выполнять решение оптимизационных задач, поскольку при