

фейс REST Web API для использования функционала проведения 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 / Н.А. Спиринов, 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. Спиринов, В.В. Лавров, В.Ю. Рыболовлев, Л.Ю. Гилёва, А.В. Краснобаев, В.С. Швыдкий, О.П. Онорин, К.А. Щипанов, А.А. Буркин; под ред. Н.А. Спирина. – Екатеринбург: УрФУ, 2014. – 558 с.
5. Designing APIs with Swagger and OpenAPI / Joshua S. Ponelat, Lukas L. Rosenstock // Manning Publications Co. 2022. – 426 p.
6. Свидетельство государственной регистрации программы для ЭВМ № 2023661070. Программный интерфейс (API) расчета показателей теплового состояния доменной печи / П.Р. Шамсимухаметов, В.В. Лавров, И.А. Гуринов, Н.А. Спиринов. Заявл. № 2023660523 от 24.05.2023 г. Зарегистрировано в реестре программ для ЭВМ 29.05.2023 (РФ).

УДК 621.771.261

Д. С. Шишов, Е. И. Салихьянова, С. П. Куделин
ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет
имени первого Президента России Б.Н. Ельцина», г. Екатеринбург, Россия

РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ РАСЧЁТА ФОРМОИЗМЕНЕНИЯ КАЛИБРОВКИ ВАЛКОВ ШВЕЛЛЕРА

Аннотация. Сейчас разработанные методики по обработке металла давлением позволили реализовать автоматизированную систему расчёта и подбора формоизменения калибровки валков швеллера. Данная система предназначена для выбора оптимального формоизменения калибровки валков швеллера. Каждая из калибровок прокатных валков, применяемая при производстве различных профилей проката, имеет свои особенности по форме

применяемых калибров и по самой структуре калибровки, определяя, тем самым весьма существенные различия характера деформации металла в валках. Сложность постановки оптимизационной задачи для калибровки в общем виде, одинаково подходящей для разных технологий прокатки и разных профилей, привела к тому, что к настоящему моменту не создано какой-то универсальной-оптимизационной модели. Известны работы, которые посвящены отдельным, частным случаям. При этом несомненный приоритет в получении частных оптимизационных моделей следует отдавать наиболее широко распространенным профилям проката, производимым в наибольших объемах.

Ключевые слова: автоматизация, калибровка валков, СУБД, среда разработки, авторизации аутентификация.

Abstract. Now the developed methods for metal pressure treatment have made it possible to implement an automated system for calculating and selecting the shape change of design of rolling passes. This article contains a description of the development of an automated system for calculating and selecting the shape change of the channel roll calibration. Each of the mill roll design of passes used in the production of different rolled product profiles has its own characteristics in the shape of the pass used and in the calibration structure itself, and also has significant differences in the nature of metal deformation in the rolls. The difficulty of setting an optimization problem for calibration in a general form, equally suitable for different rolling technologies and different profiles, has led to the fact that no universal optimization model has been created to date. There are works that are devoted to individual, private cases. At the same time, priority in obtaining private optimization models should be given to the most widespread rolled products profiles produced in the largest volumes.

Key words: automation, design of passes, DBMS, development environment, authorization and authentication.

Сортопрокатное производство включает множество различных профилей, имеющих разные технологии производства, называемых термином «Калибровка валков» [1-3]. Изучению вопросов, связанных с оптимизацией калибровки валков, посвящено достаточно большое количество научных и практических работ, статей, монографий и учебных пособий. Кроме того, возрастает интенсивность этой работы и расширяется круг рассматриваемых тем. Это подтверждает актуальность исследуемой темы.

Как правило, в условиях современного сортового прокатного стана возможности изменения общей технологической схемы производства достаточно ограничены, что диктуется высокой стоимостью необходимых действий. В таких условиях решение задач совершенствования отдельных элементов технологической цепочки - отдельных технологических операций (нагрев, прокатка, охлаждение и др.) за счет оптимизации их выполнения оказывается весьма эффективным. Только оптимизируя калибровку, при относительно небольших затратах можно добиться весьма ощутимых экономических, технических, маркетинговых и других эффектов.

Согласно представлениям системного подхода различают два существенных, принципиально разных случая изменчивости систем с одной и той же целью. Вариант 1: структурное изменение системы за счет использования других подсистем или изменения направлений связей подсистем (получим другие системы). Вариант 2: изменить количественные характеристики устойчивых связей подсистем и системных связей с внешней средой (т.е. изменить системные команды). Оптимизируя систему на основе этих двух вариантов ее изменчиво-

сти, можно получить два разных варианта оптимальности даже при одной и той же цели оптимизации. Для Варианта 1: применяем систему, которая лучше всего подходит для целей этого класса систем и является оптимальной системой. Для варианта 2: применяем «оптимальный контроллер», т.е. систему – контроллер, которая лучше всего достигает цели при работе системы с неизменной структурой. Очевидно, что наилучший результат получается при использовании оптимальной системы и при оптимальном управлении [4].

Развивающимся направлением является улучшение структуры готового швеллера через работу с выбором калибровки валков [5].

Разработанная информационная система (ИС) расчёта формоизменения калибровки валков швеллера посвящена данному развивающемуся направлению. Структурная схема данной ИС приведена на рисунке 1.

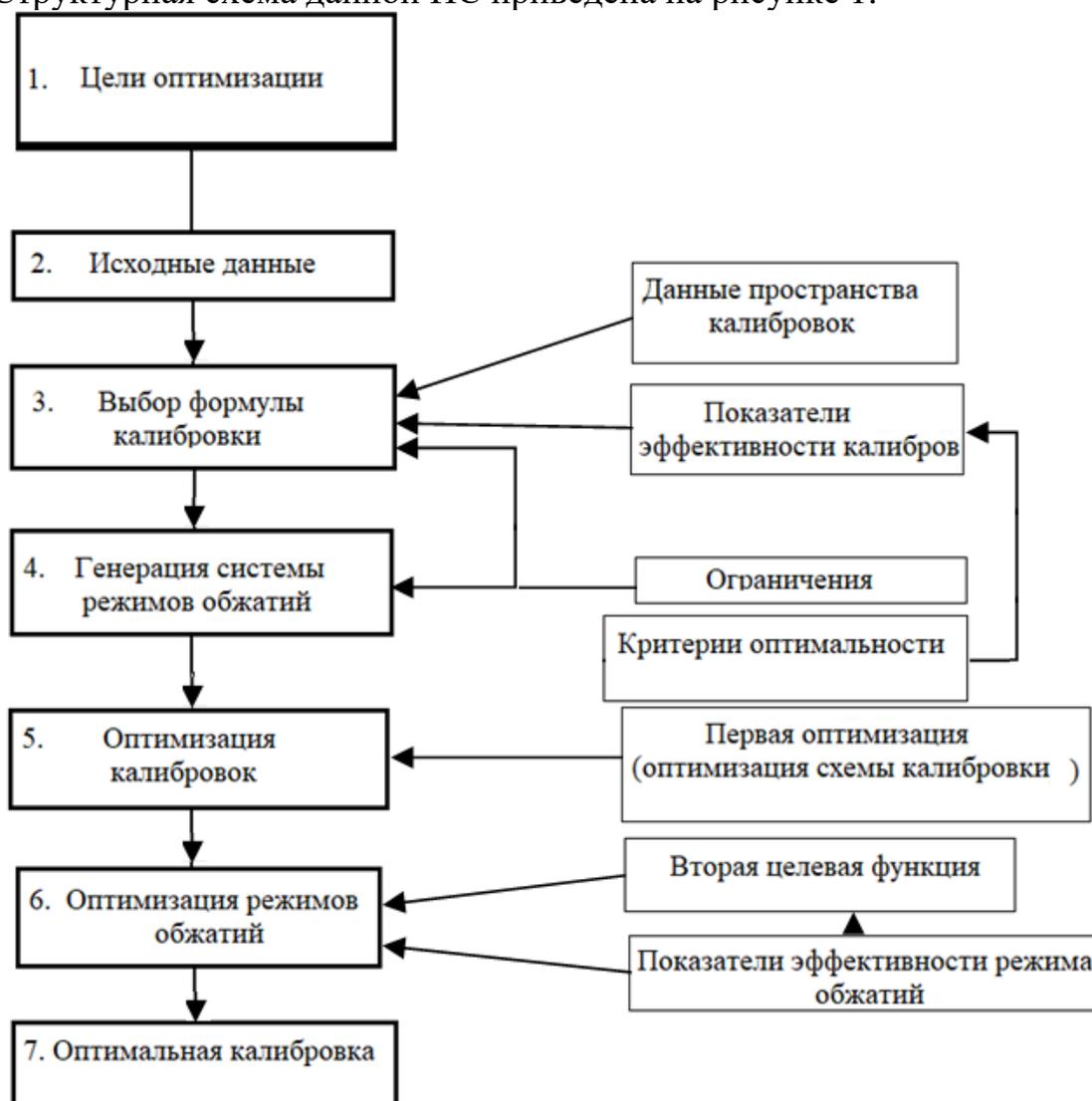


Рис. 1. Структурная схема данной ИС расчёта формоизменения калибровки валков швеллера

Алгоритм работы ИС состоит из 7 функциональных блоков.

1. Цели оптимизации. В соответствии с принципами [6] рассматриваем различные цели: оптимизация энергетических затрат, поиска рационального

решения требуемых механических свойств, применение минимакс критерия (максимальной точности при минимальных затратах энергии). В данном блоке пользователь выбирает цель оптимизации.

2. Исходные данные. Номер профиля, ГОСТ, уточняющие размеры, если Швеллер делает по ТУ или СТП. В случае стандартного профиля все размеры могут быть взяты из ГОСТ 8240-97 «Швеллеры горячекатаные. Сортамент».

3. Выбор формулы калибровки. Формула калибровки формируется на основе последовательной декомпозиции процесса прокатки, а именно определения прямополочного, развернутого типа, «по способу стигания», комбинированного типа на первом уровне декомпозиции. На втором уровне определяется с контролем или без контроля формоизменения с детализацией уклона полосы в соответствующих калибрах. На этом этапе уже начинают применяться критерии эффективности, такие как стабильность формоизменения, начальный диаметр валка и прочее. Причем при использовании показателей эффективности применяем также критерии оптимальности, выраженные нормированием рангов уровня классификации и влияния.

4. Генерация системы режимов обжатий. Система режимов обжатий представляет собой множество допустимых «цепочек» (последовательностей). Таким образом, возникает необходимость выбора конкретного варианта, что является достаточно сложной задачей, т.к. в условиях большой неопределенности приводит к существованию множества решений. При этом учитывается системы ограничений, таких как возможность перехода от одного типа калибра к другому, ограничение по максимальному числу калибров и т.д.

Блоки 5 и 6 могут работать вместе, но в алгоритме реализована последовательная работа блоков

5. Оптимизация калибровок. Традиционно оптимизация осуществляется с помощью выбора смежных калибров и перехода между ними. Новизна алгоритма состоит в том, что сравниваются максимально возможные последовательности калибров и переходов между ними. Для проведения данных действий используется матрица переходов, хранящаяся в базе данных (БД). По окончании обработки в этом блоке, считается формоизменение считается уже утвержденным.

6. Оптимизация режимов обжатий. Данный блок предназначен для построения всех параметров, кроме формоизменения. Регулируемые параметры можно разделить на параметры калибра, параметры профиля и параметры технологии, Главное назначение этого блока – это обеспечение процесса бесперебойной прокатки, а также максимальное заполнение калибров и прочие цели, которые позволяют держать энергосиловые параметры в требуемом диапазоне. При этом система позволяет достигать целей оптимизации, таких как заполнение калибра, максимальные значения энергосиловых параметров и прочие.

7. Оптимальная калибровка валков. Это последний шаг, на котором осуществляется Печать профилей, печать различных параметров, в том числе и дополнительных и вспомогательных параметров.

Таким образом, мы получаем наилучший вариант технологии для каждого профиля.

Для функционирования ИС разработана база данных (БД). Схема БД изображена на рисунке 2. Данная БД была реализована с помощью СУБД SQL SERVER 2014 [7]. На схеме изображены все таблицы формирующую нашу БД, а также связи между ними.

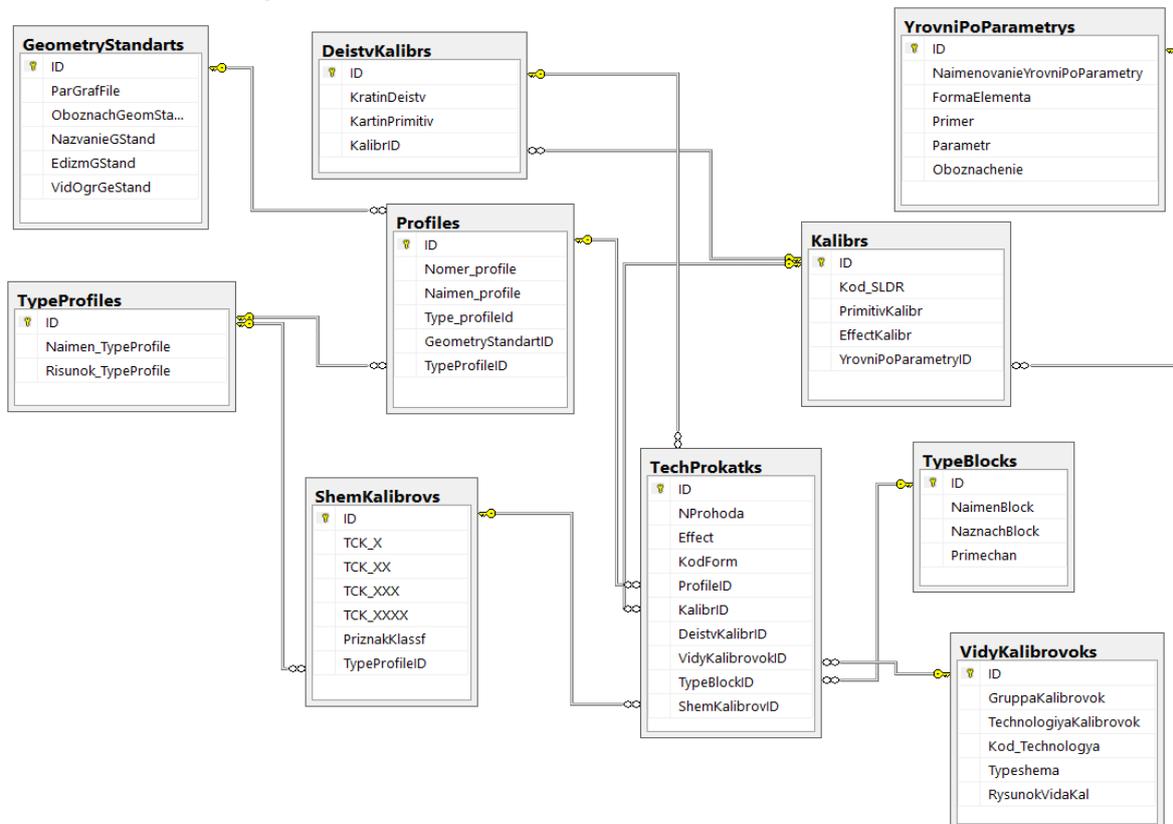


Рис. 2. Схема БД

На рисунке 3 изображена таблица, в которой хранятся данные по технологии прокатки, которая содержит поля:

- Геометрия;
- Форма калибра;
- Форма полосы (3).

```

    dbo.TechProkatk
    └─ Столбцы
        └─ Kod_TechProkatkId (PK, int, He NULL)
        └─ NProhoda (int, He NULL)
        └─ Effect (int, He NULL)
        └─ KodForm (int, He NULL)
        └─ BlockId (FK, int, He NULL)
        └─ ShemKalibrId (FK, int, He NULL)
        └─ DeistvKalId (FK, int, He NULL)
        └─ KalibrId (FK, int, He NULL)
        └─ ProfileId (FK, int, He NULL)
        └─ VidKalibrId (FK, int, He NULL)
    
```

Рис. 3. Таблица TechProkatk (технология прокатки)

ИС расчёта формоизменения калибровки валков швеллера была разработана в среде Visual Studio 2022 [8] с применением технологий ASP.NET Core 7. ИС представлена в вид web сервера. Далее покажем примеры форм, разработанных в рамках нашего проекта.

На рисунке 4 изображена форма входа для пользователя данной системой, которая позволяет работать с системой только авторизованному пользователю.

Форма входа

Электронная почта
daniil.shishov.99@mail.ru

Пароль
.....

Авторизоваться

Рис. 4. Форма входа

На следующем этапе зарегистрированный пользователь должен внести в систему данные своей задачи по оптимизации. Он должен иметь данные об, ограничениях, эффективности, видов калибров, схем прокатки, размеров калибров, технологии. На выходе он получит сформированные исходные данные.

Номер профиля	12
Наименование профиля	6П (50*32*4.4)
Stan	.
Тип профиля	Швеллер
Стандарт профиля	ГОСТ 8240-97

Рис. 4. Заданные ограничения для профиля

На заключительном этапе, приложение должно представить пользователю те калибры, которые подходят под сформированные исходные данные. Также Пользователь должен видеть их графическое изображение. И под конец своей работы, пользователь получить оптимальные калибры.

Заключение

Разработанная система является законченным продуктом и после незначительной доработки может применяться в Планово-Ремонтных Бюро в Службе главного калибровщика на металлургической предприятии.

Список использованных источников

1. Смирнов В.К., Шилов В.А., Инатович Ю.В. Калибровка прокатных валков. – М.: Металлургия, 1987. – 368 с.
2. Калибровка сложных фасонных профилей. Справочник / Н.Е. Скороходов, Б.М. Илюкович, И.П. Шулаев [и др.]. – М.: Металлургия, 1979. – 232 с.
3. Смирнов В.К., Шилов В.А., Инатович Ю.В. Калибровка прокатных валков. – М.: Теплотехник, 2010. – 490 с.

4. Введение в системный анализ теплофизических процессов металлургии: Учебное пособие для вузов / Н.А. Спирин, В.С. Швыдкий, В.И. Лобанов, В.В. Лавров. – Екатеринбург: УГТУ, 1999. – 205 с.

5. Выбор оптимальной калибровки прокатных валков с целью улучшения структуры готового швеллера / Е.И. Устинова, А.М. Михайленко, Д.Л. Шварц // Материалы XVIII Международной научно-технической Уральской школы-семинара металлургов-молодых ученых. Екатеринбург, 21-23 ноября 2017. — Екатеринбург: УрФУ, 2017. – С. 662-664.

6. Устинова Е.И., Михайленко А.М., Шварц Д.Л. Выбор оптимальной схемы калибровки валков для прокатки швеллеров, как первого этапа оптимизации // Механическое оборудование металлургических заводов. 2018. № 1. – С. 72-82.

7. Руководство по SQL Server 2014 Release Notes. Режим доступа (29.04.2023): <https://metanit.com/sharp/aspnet6/>.

8. Руководство по ASP.NET Core 7. Режим доступа (29.04.2023): <https://metanit.com/sharp/aspnet6/>.

УДК 004.896

Д. М. Янкин, В. В. Грачев, А. Л. Студенкова

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный индустриальный университет»,
г. Новокузнецк, Россия

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ ТРАНСПОРТНАЯ СИСТЕМА НОВОКУЗНЕЦКОЙ ГОРОДСКОЙ АГЛОМЕРАЦИИ

Аннотация. Рассматривается интеллектуальная транспортная система Новокузнецкой городской агломерации, её цели и задачи её реализации, пакеты решений и функциональная структура аппаратной части, входящие в систему. Выделяются основные достоинства и недостатки. Приводится описание системы-аналога, которую можно использовать как образец для совершенствования текущей системы.

Ключевые слова: интеллектуальная транспортная система, автоматизированное управление, информационная система, функциональная структура интеллектуальной системы, информационные технологии, адаптивная система управления дорожным движением.

Abstract. The intelligent transport system of the Novokuznetsk urban agglomeration, the goals and objectives of its adoption, the functional structure and solution packages included in the system are shown. The main merits and demerits are highlighted. A description of the analogue system is given, which can be used as a model for improving the current system.

Key words: intelligent transport system, automated control, information system, functional structure of an intelligent system, information technology, adaptive traffic control system.

Введение

Сегодня в связи с новым технологическим переходом к Индустрии 4.0 и повсеместной информатизацией процессов управления [1] вопрос о построении