

УДК 621.771.25.083.133

**Жучков С. М.****Паламарь Д. Г.****Раздобреев В. Г.****Иванов А. П.**

## **РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ НЕПРЕРЫВНОЙ СОРТОВОЙ ПРОКАТКИ**

В настоящее время в промышленно развитых странах большое внимание уделяется вопросам экономного использования энергоресурсов в металлургическом производстве.

Решение этих вопросов осуществляется путем кардинальной реконструкции технологического оборудования действующих и строительства новых прокатных станов. Этот путь наиболее эффективен, однако сопряжен со значительными капитальными затратами, которые, на сегодняшний момент, в основном, не предусматриваются планами развития металлургических предприятий стран СНГ. С другой стороны совершенствование технологических схем производства сортовых профилей, определение требуемых параметров основного оборудования станов для реализации на них энергосберегающих режимов прокатки предполагает детальный анализ технологического процесса на каждом конкретном технологическом участке прокатного стана.

По этим причинам точные рекомендации по реализации энергосберегающих технологий, в частности, снижению температуры нагрева исходных заготовок на конкретном прокатном стане, следует разрабатывать либо на основе измерения и анализа параметров всего технологического процесса на этом стане при варьировании температуры нагрева заготовок, либо на основании результатов математического моделирования, что при соответствующей адекватности модели, принятой для описания физических и технологических процессов при прокатке, гораздо дешевле и безопаснее эксперимента на действующем прокатном стане.

Информационно-аналитическая система непрерывной сортовой прокатки основана на ранее разработанных в отделе физико-технических проблем процессов прокатки сортового и специального проката Института черной металлургии им. З. И. Некрасова НАН Украины «Программе расчета энергосиловых параметров при непрерывной прокатке» и «Информационной базе данных о конструктивно-структурном составе технологического оборудования непрерывных мелкосортных станов» [1, 2]. В «Программе расчета энергосиловых параметров непрерывной прокатки» учтены основные положения теории прокатки и, в частности, особенности процесса непрерывной сортовой прокатки [3–6].

Целью работы являлась разработка информационно-аналитической системы непрерывной сортовой прокатки, позволяющей решать задачи, направленные на снижение потребления энергоресурсов в процессе непрерывной сортовой прокатки за счет оптимизации существующих или разработки новых технологических схем производства сортового проката.

Отличительной особенностью разработанной математической модели, описывающей процесс непрерывной сортовой прокатки, является более строгий учет параметра, в значительной степени определяющего изменение напряжения текучести металла в рабочих клетях стана и в его межклетевых промежутках, – температуры раската по длине стана. При непрерывной прокатке процессы упрочнения и разупрочнения, определяющие величину напряжения текучести металла, протекают в условиях изменяющейся температуры прокатываемого металла. Поэтому строгий учет этого технологического параметра по длине стана весьма важен и осуществлялся в соответствии с рекомендациями работ [7–11].

Информационно-аналитическая система предназначена для использования в операционной системе Windows 95 и выше. Данная система разработана в интегрированной среде визуального программирования Borland C++ Builder 5, на языке программирования C++, с использованием объектно-ориентированного подхода.

Особенностью разработанной программы расчета параметров сортовой прокатки является возможность ее адаптации для условий сортовых станов различных типов с различным конструктивно-структурным составом основного технологического оборудования. Структурная схема разработанной информационно-аналитической системы непрерывной сортовой прокатки представлена на рис. 1.



Рис. 1. Структурная схема разработанной информационно-аналитической системы непрерывной сортовой прокатки

Информационно-аналитическую систему непрерывной сортовой прокатки составляют два основных блока: информационный и аналитический.

Информационный блок содержит основные сведения о технологических параметрах прокатки сортовых профилей в условиях непрерывных мелкосортных станов и включает в себя блок исходных данных и расчетный блок.

Для каждого стана в блок исходных данных введены сведения о калибровке валков для прокатки профилей фактического (сложившегося) сортамента, представлены схемы расположения основного технологического оборудования и его технические параметры, а также сведения о размерном и марочном сортаменте прокатываемых профилей.

На рис. 2 представлено главное окно разработанной информационно-аналитической системы непрерывной сортовой прокатки.

Главное окно системы сверху содержит панель инструментов, слева расположено главное меню, остальное пространство является рабочей панелью. Панель инструментов главного окна информационно-аналитической системы включает в себя пункты «Станы» (перечень непрерывных мелкосортных станов) и «Калибровки» (калибровки валков для прокатки профилей на выбранном стане).

Главное меню состоит из таких пунктов: «Данные», «Расчет», «Справочники», «Настройка».

Пункт главного меню «Справочники» содержит справочную информацию о технологическом процессе производства проката в условиях непрерывных мелкосортных станов.

Пункт главного меню «Настройка» служит для контроля параметров работы системы.

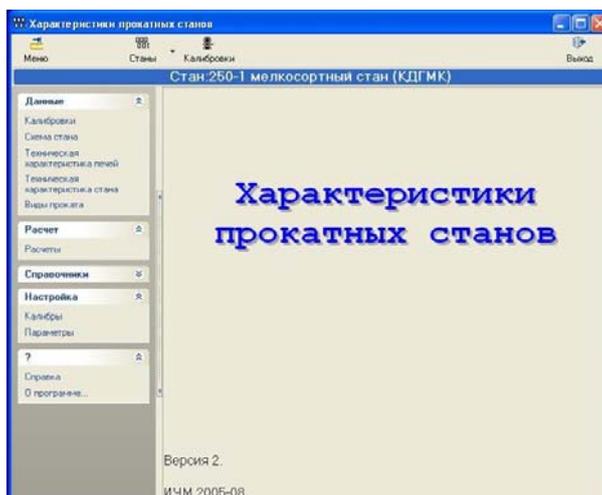


Рис. 2. Главное окно информационно-аналитической системы непрерывной сортовой прокатки

Пункт главного меню «Данные» включает в себя следующие подпункты:

- «Калибровки» – содержит таблицы калибровок валков для прокатки профилей фактического сортамента непрерывных мелкосортных станов;
- «Схема стана» – представлены схемы расположения основного технологического оборудования непрерывных мелкосортных станов;
- «Техническая характеристика печей» – содержит сведения о технических параметрах нагревательных печей станов и данные о режимах нагрева заготовок;
- «Техническая характеристика стана» – включает в себя технические характеристики основного технологического оборудования станов;
- «Виды проката» – содержит данные о фактическом сортаменте непрерывных мелкосортных станов.

Сведения, содержащиеся в блоке исходных данных, передаются в расчетный блок, где автоматически осуществляется расчет температурных, скоростных и деформационных параметров процесса прокатки конкретного профиля в условиях выбранного стана.

После этого появляется окно подготовки к расчету (рис. 3), в котором имеется возможность уточнить начальные данные для расчета.

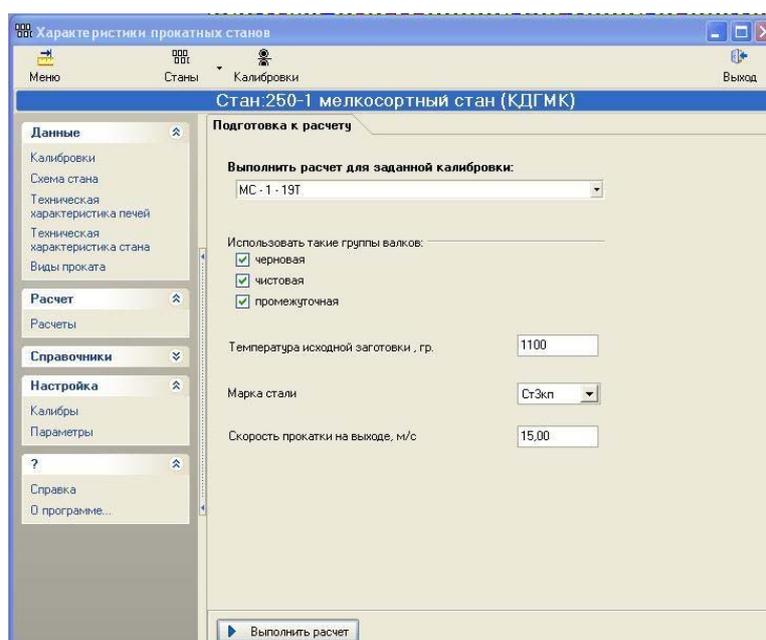


Рис. 3. Окно подготовки к расчету

По окончании расчета на экране отображаются диаграммы изменения основных технологических параметров процесса непрерывной сортовой прокатки по длине стана.

Вывод результатов расчета основных технологических параметров прокатки осуществляется в графическом виде.

В качестве примера на рис. 4 приведены результаты расчета момента прокатки при производстве арматурного профиля № 12 в условиях мелкосортного стана 250-1 металлургического комбината «АрселорМиттал Кривой Рог».

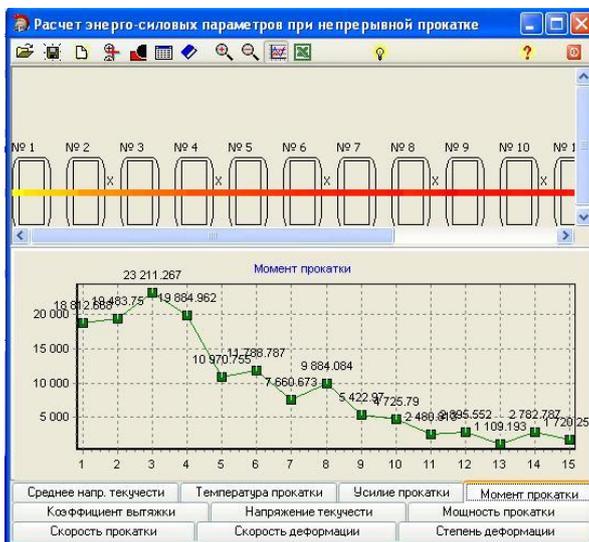


Рис. 4. Результаты расчета момента прокатки

Имеется возможность сохранить в файл или распечатать полученные данные расчета в виде диаграмм. Для этого необходимо нажать на графике правую кнопку мыши и выбрать требуемое действие в выпадающем меню (рис. 5).

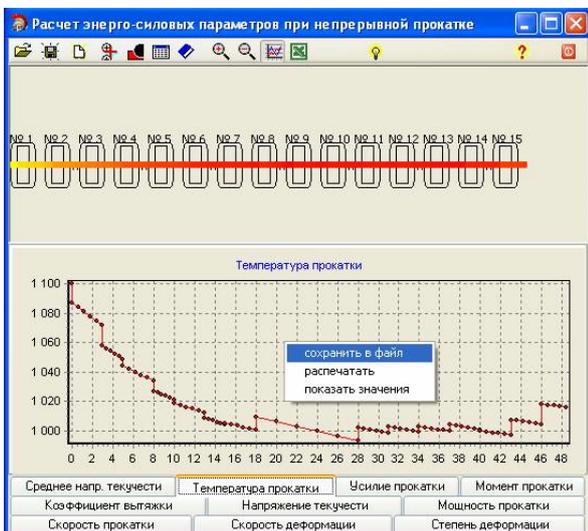


Рис. 5. Выбор действия в выпадающем меню

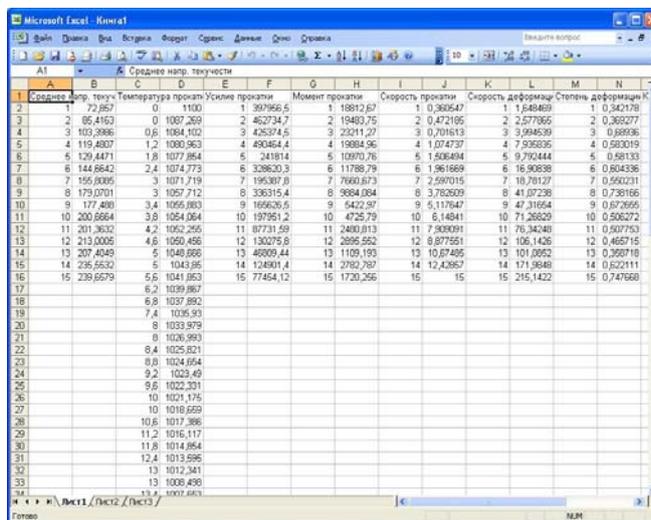


Рис. 6. Передача данных, отображенных на графиках, в программу MS Excel

Кроме того, данные, отображенные на графиках, можно передать в программу MS Excel для проведения их дальнейшего анализа (рис. 6).

Аналитический блок служит для выполнения аналитических исследований процесса прокатки. Благодаря этому блоку, появляется возможность оптимизации основных технологических параметров процесса прокатки, например, с целью обеспечения экономии энерго-ресурсов при производстве сортопрокатной продукции.

Этот блок состоит из следующих частей: параметры прокатки, параметры расчета, параметры оптимизации.

Данные о параметрах прокатки поступают из информационного блока системы. Цель оптимизации и область поиска решения задаются вручную (рис. 7).

Начальные данные

Параметры прокатки | Параметры расчёта | Параметры оптимизации

Выполнять поиск решения

Вывести 10 из множества решений

Цель

Требуемая температура на выходе, град.: 950

Заданная точность, град.: 10

Область поиска

Температура заготовки, Т: 1000 1300

Скорость прокатки на выходе, м/с: 10 15

OK Cancel

Рис. 7. Окно «Начальные данные»

После этого начинается автоматический поиск решения, выполнение которого отображается в окне «Ход решения» (рис. 8).

После окончания расчета в верхней таблице окна «Ход решения» выводятся найденные варианты решений.

Нажатием правой кнопки мыши на таблице с найденными решениями вызывается меню копирования данных «буфер обмена» для дальнейшей их вставки в другие программы (MS Excel, Word).

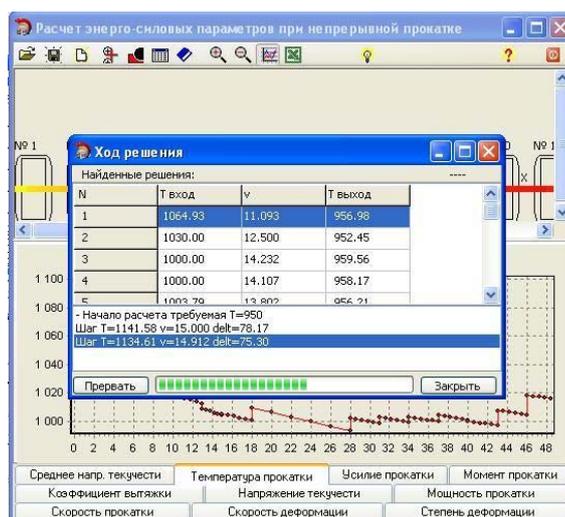


Рис. 8. Окно «Ход решения»

Проверка адекватности разработанной информационно-аналитической системы показала, что математические модели, входящие в состав информационно-аналитической системы непрерывной сортовой прокатки достаточно точно и качественно верно описывают параметры процесса прокатки сортовых профилей в условиях непрерывных мелкосортных станков.

С помощью разработанной информационно-аналитической системы непрерывной сортовой прокатки могут быть успешно решены актуальные задачи производства проката на мелкосортных станах.

### ВЫВОДЫ

1. Разработана информационно-аналитическая система непрерывной сортовой прокатки. Эта система содержит основные сведения о технологических схемах производства проката в условиях непрерывных мелкосортных станов и позволяет определить основные технологические параметры процесса прокатки на этих станах.

2. Математические модели, входящие в расчетный блок информационно-аналитической системы, достаточно точно и качественно верно описывают параметры процесса прокатки сортовых профилей в условиях типовых непрерывных мелкосортных станов.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Особенности математической модели и программы расчета параметров непрерывной сортовой прокатки / С. М. Жучков, Л. В. Кулаков, К. Ю. Ключников, А. П. Иванов // *Литье и металлургия*. – 2003. – № 3. – С. 157–164.
2. Информационная база данных о непрерывных мелкосортных станах / С. М. Жучков, Д. Г. Паламарь, А. П. Иванов, А. И. Леценко // *Металлургическая и горнорудная промышленность*. – 2006. – № 4. – С. 72–75.
5. Макаров К. Г. Разработка математической модели процесса непрерывной сортовой прокатки / К. Г. Макаров, А. В. Ноговицын, С. М. Жучков, Л. В. Кулаков // *Теория и практика металлургии*. – 1999. – № 6. – С. 7–10.
6. Математическая модель процесса непрерывной прокатки арматурного профиля / А. В. Ноговицын, С. М. Жучков, Л. В. Кулаков, К. Г. Макаров // *Труды V Международной научно-технической конференции «Теоретические проблемы прокатного производства» 16–18 мая 2000 г.* – *Металлургическая и горнорудная промышленность*. – 2000. – № 8–9. – С. 77–79.
7. Адаптация математической модели процесса непрерывной сортовой прокатки для анализа условий прокатки арматурного проката на непрерывном мелкосортном стане / А. В. Ноговицын, С. М. Жучков, Л. В. Кулаков, К. Г. Макаров // *Теория и практика металлургии*. – 2000. – № 1. – С. 33–36.
8. Макаров К. Г. Моделирование температурного режима прокатки арматурного профиля № 10 на мелкосортном стане 250–1 меткомбината «Криворожсталь» / К. Г. Макаров, С. М. Жучков, Л. В. Кулаков // *Теория и практика металлургии*. – 2000. – № 5. – С. 16–18.
9. Выдрин В. Н. Динамика прокатных станов / В. Н. Выдрин. – Свердловск. : Металлургиздат. – 1960. – 255 с.
10. Выдрин В. Н. Процесс непрерывной прокатки / В. Н. Выдрин, А. С. Федосиенко, В. И. Крайнов. – М. : Металлургия, 1970. – 456 с.
11. Целиков А. И. Теория прокатки / А. И. Целиков, А. И. Гришков. – М. : Металлургия, 1970. – 358 с.
12. Тепловые процессы при обработке металлов и сплавов давлением / Н. И. Яловой, М. А. Тылкин, П. И. Полухин и др. – М. : Высшая школа, 1973. – 631 с.
13. Seredynski F. *Journal of the Iron and Steel Institute* / F. Seredynski. – 1973. – № 3. – P. 197–203.

Жучков С. М. – д-р техн. наук, проф. ИЧМ НАН Украины;

Паламарь Д. Г. – сотрудник ИЧМ НАН Украины;

Раздобреев В. Г. – канд. техн. наук, ИЧМ НАН Украины;

Иванов А. П. – сотрудник ИЧМ НАН Украины.

ИЧМ НАН Украины – Институт черной металлургии им. З. И. Некрасова НАН Украины, г. Днепропетровск.

E-mail: isi-nasu@a-teleport.com