

С.М.Жучков, Д.Г.Паламарь, В.Г.Раздобрев, А.П.Иванов,
А.И.Лещенко

ИНФОРМАЦИОННО–АНАЛИТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА НЕПРЕРЫВНОЙ СОРТОВОЙ ПРОКАТКИ

Целью работы является создание информационного обеспечения решения проблемы экономного использования энергоресурсов в металлургическом производстве. Приведена характеристика созданной информационно–аналитической системы непрерывной сортовой прокатки, позволяющей выполнять аналитические исследования процесса непрерывной сортовой прокатки на станах с различными технологическими схемами производства. Показано, что использование математических моделей, входящих в расчетный блок информационно–аналитической системы на стане 250–1 предприятия «АрселорМиттал Кривой Рог», обеспечивает экономию энергоресурсов до 5%.

непрерывная сортовая прокатка, технологические схемы производства, математические модели, аналитические исследования, экономия энергоресурсов

Современное состояние вопроса. 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.

Другой путь повышения эффективности использования энергии заключается в корректировке существующих технологических режимов прокатки, основанной на детальном анализе и изучении теплового баланса системы «прокатываемый металл – прокатный стан» на всех основных производственных участках прокатного стана и поиске путей снижения энергозатрат на каждом конкретном участке. Следствием этого может быть разработка новых технологических режимов прокатки на действующих прокатных станах, не требующих кардинальной реконструкции основного технологического оборудования их производственных участков. Учитывая сложившиеся тенденции развития отечественной металлургии, характеризующиеся весьма скромными инвестициями в реконструкцию прокатного производства, второй путь повышения эффективности использования энергии представляется наиболее актуальным и реальным с точки зрения промышленной реализации. В то же время глубокий научно–обоснованный анализ теплового баланса системы «прокатываемый металл – прокатный стан» позволяет сформулировать предложения по реализации, как первого, так и второго путей: предложить рациональные режимы прокатки в новых технологических схемах производства с соответствующим конструктивно–структурным составом станов новых поколений, а также усовершенствовать существующие режимы прокатки на действующих станах.

Целью данного исследования является создание информационного обеспечения решения проблемы экономного использования энергоресурсов в металлургическом производстве.

Постановка задачи. 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.

Изложение основных материалов исследования. 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].

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.

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 «Калибровка» (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.



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

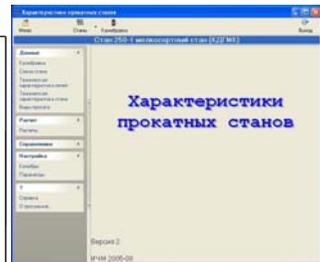


Рис.2. Главное окно информационно–аналитической системы непрерывной сортовой прокатки

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

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.

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».

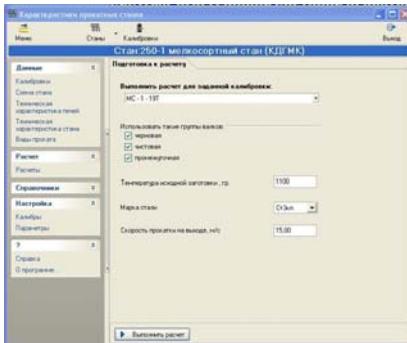


Рис.3. Окно подготовки к расчету

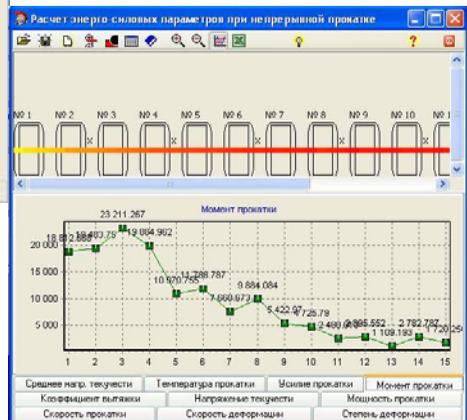


Рис.4. Результаты расчета момента прокатки

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). Кроме того, данные, отображенные на графиках, можно передать в программу MS Excel для проведения дальнейшего их 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 энергоресурсов 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.

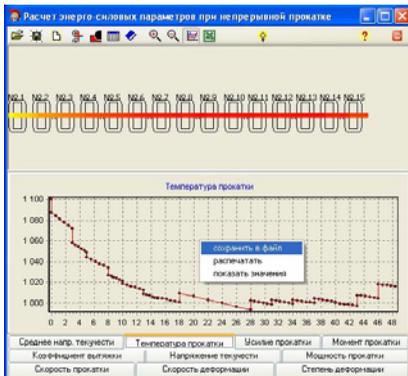


Рис.5. Выбор действия в выпадающем меню

Цель оптимизации и область поиска решения задаются вручную (рис.7). 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).

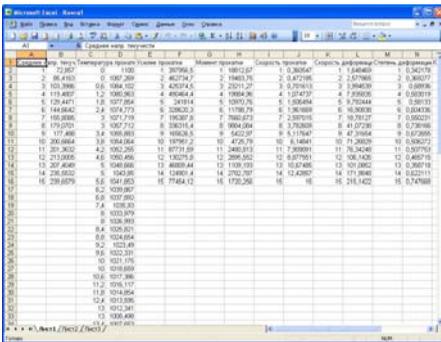


Рис.6. Передача данных, отображенных на графиках, в программу MS Excel

Рис.7. Окно «Начальные данные»

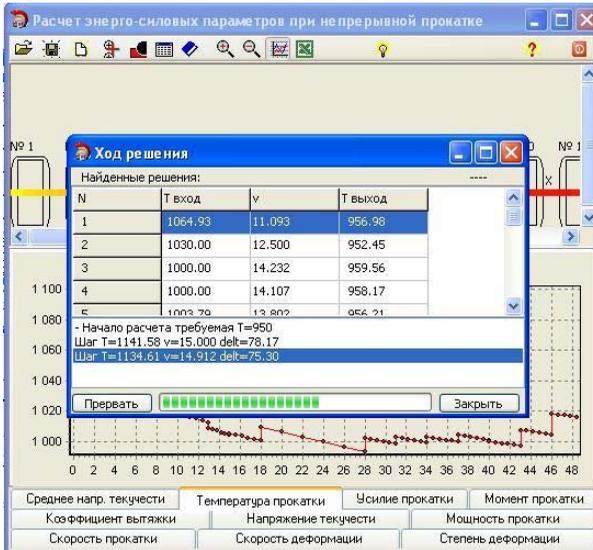


Рис.8. Окно «Ход решения»

Программное обеспечение предъявляет следующие требования к программному и аппаратному обеспечению:

- – процессор Pentium и выше;
- – объем оперативной памяти 256 Мбайт;
- – объем дисковой памяти 100 Мбайт;
- – дисплей VGA (режим 1024x768x256);
- – стандартная клавиатура (101/102 клавиши);
- – манипулятор «мышь»;

установленный пакет программ Microsoft Office 2000 и выше.

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 станов с технологической схемой производства, подобной схеме производства на стане 250–1 комбината «Арселор Миттал Кривой Рог». С помощью разработанной системы были выполнены аналитические исследования процесса производства арматурного профиля №12 на мелкосортном стане 250–1 комбината «АрселорМиттал Кривой Рог» с различными температурно–скоростными режимами прокатки. На основании результатов выполненных исследований установлен диапазон температурно–скоростных параметров прокатки арматурного профиля №12 на мелкосортном стане 250–1 комбината «АрселорМиттал Кривой Рог», в котором нагрузка на основное технологическое оборудование стана не превышает допустимых значений и, по сравнению с существующей на стане технологией, обеспечивает экономию энергоресурсов примерно на 5%, а также требуемую температуру конца прокатки.

Результаты проведенных исследований дают основание утверждать, что с помощью разработанной информационно–аналитической системы непрерывной сортовой прокатки, могут быть успешно решены актуальные задачи производства проката на мелкосортных станах. В первую очередь, это задачи, направленные на снижение потребления энергоресурсов в процессе непрерывной сортовой прокатки, решаемые посредством оптимизации существующих или разработкой новых технологических схем производства сортового проката.

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. Показано, что 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 с технологической схемой производства, подобной схеме производства на стане 250–1 предприятия «АрселорМиттал Кривой Рог».

3. На основании результатов выполненных исследований установлен диапазон температурно–скоростных параметров прокатки арматурного профиля №12 на стане 250–1 комбината «АрселорМиттал Кривой Рог», в котором нагрузка на основное технологическое оборудование стана не превышает допустимых значений, однако, по сравнению с существующей на стане технологией, обеспечивает экономию энергоресурсов примерно на 5%.

1. *Особенности математической модели и программы расчета параметров непрерывной сортовой прокатки.* / Жучков С.М., Кулаков Л.В., Ключников К.Ю., Иванов А.П. // «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. Лещенко // «Металлургическая и горнорудная промышленность». – 2006 г. – №4. – С. 72–75.

3. *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.

4. *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 2000г. // «Металлургическая и горнорудная промышленность». – 2000. – №8–9. – С.77–79.

5. *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.

6. *К.Г.Макаров, С.М.Жучков, Л.В.Кулаков* Моделирование температурного режима прокатки арматурного профиля №10 на мелкосортном стане 250–1 мет-

комбината «Криворожсталь» // «Теория и практика металлургии». – 2000.– № 5. – С.16–18.

7. *Выдрин В.Н.* Динамика прокатных станов. – Свердловск.: Металлургиздат. – 1960. – 255 с.

8. *Выдрин В.Н., Федосиенко А.С., Крайнов В.И.* Процесс непрерывной прокатки. – М.: Металлургия, 1970.– 456 с.

9. *Целиков А.И., Гришков А.И.* Теория прокатки. – М.: Металлургия, 1970. – 358 с.

10. *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.

11. *Seredynski F.* «Journal of the Iron and Steel Institute» 1973, №3, P. 197–203.

*Статья рекомендована к печати:
заместитель ответственного редактора
раздела «Прокатное производство»
канд.техн.наук, И.Ю.Приходько
рецензент докт.техн.наук, проф. Д.Н.Тогобицкая*

**С.М.Жучков, Д.Г.Паламарь, В.Г.Раздобреєв, О.П.Иванов,
О.І.Лещенко**

Інформаційно-аналітична система безперервного сортового плющення

Метою роботи є створення інформаційного забезпечення щодо вирішення проблеми економічного використання енергоресурсів у металургійному виробництві. Наведено характеристики створеної інформаційно-аналітичної системи безперервного сортового плющення, що дає змогу виконувати аналітичні дослідження процесу безперервного сортового плющення на станах з різними технологічними схемами виробництва. Використання математичних моделей, що входять до розрахункового блоку інформаційно-аналітичної системи на стані 250–1 підприємства «АрселорМіттал Кривий Ріг», забезпечує економію енергоресурсів до 5%.