

С.М. Жучков, Д.С. Черненко, П.В. Токмаков, А.И. Лещенко

## РАЗРАБОТКА КОМПЬЮТЕРНОЙ ПРОГРАММЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССА НЕПРЕРЫВНОЙ СОРТОВОЙ ПРОКАТКИ

Разработана программа расчёта энергосиловых параметров непрерывной прокатки в черновой группе стана 250/150–6 с использованием неприводных деформирующих устройств, позволяющая рассчитывать основные технологические параметры прокатки с учётом переднего подпора создаваемого неприводной клетью, а также натяжением, создаваемым последующей приводной клетью.

**Постановка задачи.** Проведение масштабных промышленных и лабораторных экспериментальных исследований при разработке новых и совершенствовании существующих технологических процессов сопряжено со значительными материальными затратами. Это обуславливает развитие средств компьютерного моделирования процессов, создаваемых с использованием математического аппарата, адекватно описывающего реальные условия их реализации.

В Институте чёрной металлургии им. З.И.Некрасова НАН Украины предложен нетрадиционный процесс непрерывной сортовой прокатки, в основу которого положена идея более полного использования резерва втягивающих сил трения в очагах деформации приводных рабочих клетей. Для практической реализации этого процесса разработана, исследована и реализована новая технология непрерывной прокатки с применением неприводной рабочей клетки консольного типа вертикального исполнения в черновой группе мелкосортно–проволочного стана 150/250–6 Криворожского комбината. Разработка новой технологии потребовала проведения предварительных аналитических исследований по определению наиболее загруженных клетей черновой группы для последующей их разгрузки с помощью неприводной клетки.

**Изложение основных материалов исследования.** На начальных этапах работы были выполнены аналитические исследования по выбору места установки неприводной клетки, разработаны исходные данные для создания калибровки валков черновых клетей при прокатке с использованием неприводных клетей, разработана калибровка валков приводных и неприводных клетей в черновой группе клетей стана. При выполнении этих исследований специалисты воспользовались разработанными в Институте научными и технологическими основами непрерывной сортовой прокатки с использованием неприводных клетей [1–4].

Последующие этапы по разработке параметров непрерывной прокатки на стане 250/150–6 с использованием неприводных деформирующих устройств потребовали создания усовершенствованного программного обеспечения. Для решения поставленной задачи была разработана программа

расчёта энергосиловых параметров прокатки в черновой группе стана с удобным интерфейсом пользователя. Разработанное компьютерное средство позволяет рассчитывать основные технологические параметры прокатки с учётом переднего подпора, создаваемого неприводной клетью, а также натяжения, создаваемого последующей приводной клетью.

На рис.1–4 представлены главное диалоговое окно программы для ввода исходных данных, а также примеры результатов расчета основных параметров прокатки в черновой группе клетей.

**8-клетевая черновая группа + неприводная клеть**

Температура по клетям,гр. Цельсия | Таблица результатов | Вытяжка по клетям | Скорость прокатки по клетям,мм/с

Исходные данные | Ср.напр.текущей,МПа | Сила прокатки,кН | Момент прокатки,кН\*м | Мощность прокатки,кВт

Размеры исходной заготовки,мм | Площадь поперечного сечения заготовки, мм<sup>2</sup> | Скорость входа в 1 клеть, мм/с | Температурара раската перед 1 клетью,гр. Цельсия | Марка стали

h0,мм | 152 | | | | T0pk1 | 1050 | Ст3кп

b0,мм | 152 | | | | | |

Диаметры валков, мм | Ширина раската на выходе из клетки, мм | Площади поперечного сечения по калибровкам, мм<sup>2</sup> | Скорость прокатки по калибровке, мм/с | Межклетевые расстояния, мм | Метод вычислений | Коэффициент вытяжки по калибровке

Дрк	Диаметр	Ширина	Площадь	Скорость	Расстояние	Метод	Коэффициент
Dpk1	487	b1pk1 163	F1pk1 17170	V1pk1 210	Lpk1pk2 3250	Кл/Н1	1,303
Dpk2	442	b1pk2 125	F1pk2 13190	V1pk2 280	Lpk2pk3 3250	Кл/Н2	1,302
Dpk3	406	b1pk3 124	F1pk3 9680	V1pk3 380	Lpk3pk4 3250	Кл/Н3	1,363
Dpk4	385	b1pk4 96	F1pk4 7540	V1pk4 490	Lpk4pk5 3250	Кл/Н4	1,284
Dpk5	343	b1pk5 97	F1pk5 5790	V1pk5 630	Lpk5pk6 3250	Кл/Н5	1,302
Dpk6	331	b1pk6 75	F1pk6 4365	V1pk6 840	Lpk6pk7 3250	Кл/Н6	1,326
Dpk7	348	b1pk7 77	F1pk7 3225	V1pk7 1140	Lpk7pk8 3250	Кл/Н7	1,353
Dpk8	341	b1pk8 55	F1pk8 2405	V1pk8 1524	Lpk8pk9 3250	Кл/Н8	1,341

Абсолютное обжатие в НК,мм | 0 | Расстояние ПКБ-НК,мм | 2155

Рисунок 1. Внешний вид главного диалогового окна программы

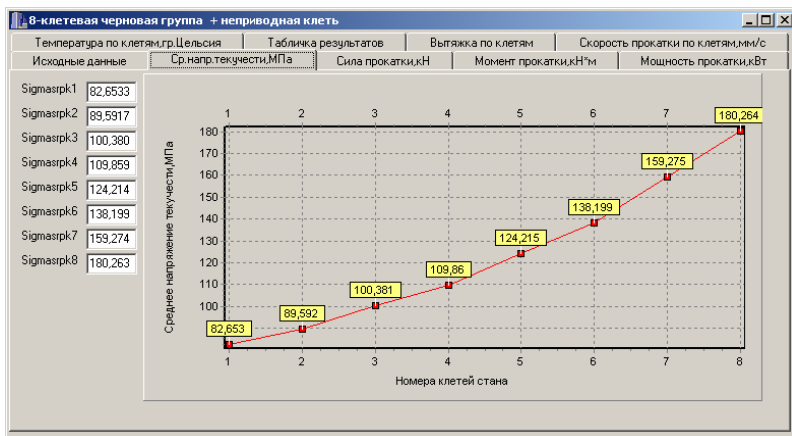


Рисунок 2. Результаты расчета среднего напряжения текущей металла

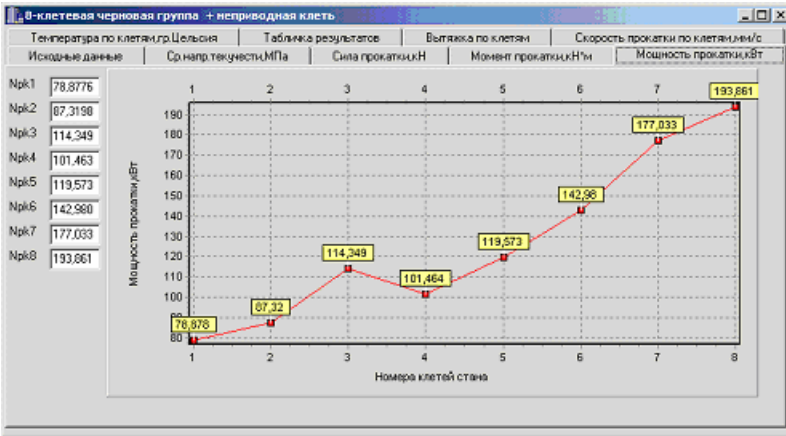


Рисунок 3. Результаты расчета средней мощности прокатки

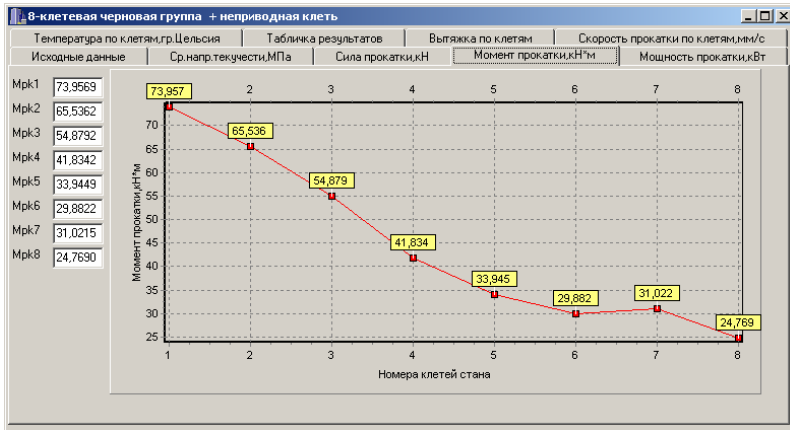


Рисунок 4. Результаты расчета момента прокатки

Для проверки адекватности результатов расчёта с использованием разработанной программы, сравнивались экспериментальные данные, полученные на стане 150/250–6, с результатами моделирования. На рис.5 представлены экспериментальные и расчётные значения мощности прокатки.

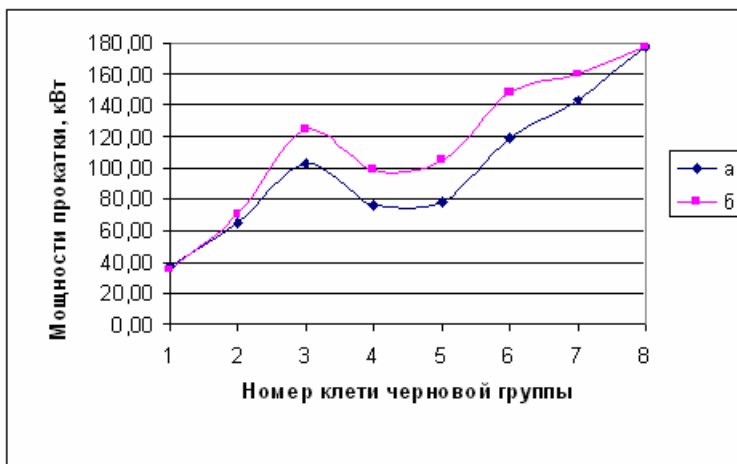


Рис.5. Сопоставление экспериментальных и расчетных данных мощности прокатки по клетям черновой группы стана 250/150–6

а) Рассчитанная с использованием компьютерной программы, разработанной в ИЧМ. Сталь 3пс, температура раската после клетки №1 – 1050<sup>0</sup>С, скорости прокатки и коэффициенты вытяжки соответствуют экспериментальным данным.

б) Средняя мощность, потребляемая двигателями, по клетям черновой группы стана 250/150–6 при прокатке  $\varnothing$  16.4мм (после клетки №20).

Сопоставление результатов расчёта (моделирования) по определению мощности прокатки (рис.5а) с соответствующими мощностями, потребляемыми двигателями (рис.5б), показывает, что они составляют 80–90% последних, т.е. отличаются от них, практически, на величину коэффициента полезного действия линий привода рабочих клеток и КПД самих двигателей.

Это свидетельствует о том, что разработанное компьютерное средство адекватно описывает реальный процесс прокатки в черновой группе непрерывного стана 250/150–6 и может быть использовано для разработки параметров непрерывной прокатки с использованием неприводных деформирующих устройств.

В основу алгоритма программного средства положены методики расчёта, описанные в работе [5], позволяющие учитывать упрочнение и разупрочнение металла в междеформационной паузе, доработка алгоритма программы выполнена с целью учёта межклетевого натяжения раската.

Разработанное программное средство позволяет передавать результаты расчёта в пакет Excel, осуществлять печать результатов непосредственно из программы, а также сохранять графики в стандартные файлы-bmp.

## Выводы

1. Разработана программа расчёта энергосиловых параметров непрерывной прокатки в черновой группе стана, позволяющая рассчитывать основные технологические параметры прокатки с учётом переднего подпора создаваемого неприводной клетью, а также натяжением, создаваемым последующей приводной клетью.

2. Выполнены экспериментальные и аналитические исследования, для подтверждения адекватности математической модели и алгоритма расчета, положенного в основу компьютерного средства.

3. Результаты расчетов, выполненных с помощью разработанного программного средства, использовались при отработке промышленной технологии прокатки с использованием неприводной клетки на непрерывном стане 250/150–6.

1. *Непрерывная* прокатка сортовой стали с использованием неприводных рабочих клеток. / А.П.Лохматов, С.М.Жучков, Л.В.Кулаков и др., – Киев: Наукова думка. – 1998. – 244с.
2. *Разработка* метода анализа силового и энергетического взаимодействия рабочих валков комплекса «приводная – неприводная клетки». С.М.Жучков, А.П.Лохматов, Л.В.Кулаков и др.// Известия вузов. Чёрная металлургия – 1997 – №10. – с.34 – 40.
3. *Жучков С.М.* Область осуществимости процессов непрерывной сортовой прокатки с использованием неприводного рабочего инструмента. Производство проката, – 2002. – №3. – с.27 – 30.
4. *Математическая* модель и программа расчета на ПЭВМ параметров процесса прокатки в комплексе «приводная – неприводная клетки». Л.В.Кулаков, А.П.Лохматов, С.М.Жучков и др. Изв. вузов. Черная металлургия. – 1997. – №4. – С. 34–39.
5. *С.М. Жучков, Д.С. Черненко.* Программа автоматизированного расчёта параметров прокатки, в комплексе «приводная – неприводная клетки». Фундаментальные и прикладные проблемы чёрной металлургии. Сборник научных трудов. Выпуск 10, с.153–160, 2005г.
6. *Расчет* усилий при непрерывной горячей прокатке. В.Н. Жучин, Г.С. Никитин, Я.С. Шварцбарт и др. М.: Металлургия. – 1986. – с. 198.

*Статья рекомендована к печати д.т.н. , проф. Д.Н.Тогобицкой*