

**А.И. ВАЖИНСКИЙ**, канд. техн. наук, начальник участка ПАО "МК "Азовсталь", Мариуполь

**А.А. ГУСЕВ**, начальник участка ПАО "МК "Азовсталь", Мариуполь

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДИАГНОСТИЧЕСКИХ ДАННЫХ  
ГЛАВНЫХ ПРИВодОВ ПРОКАТНЫХ СТАНОВ  
В АВТОМАТИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ ИЗМЕРЕНИЯ  
ДЛИНЫ ПРОКАТА**

Проведено исследование системы измерения длины проката в сортопрокатном цехе. Предложен комплекс, основанный на математической модели процесса прокатки и диагностических данных привода стана 650. В статье приводится описание математического моделирования системы управления комплексом. Полученные теоретические результаты послужили основой при реализации подсистемы измерения.

**Ключевые слова:** математическая модель, измерение длины, главный привод, масштабирование, система визуализации.

**Вступление.** Задача оптимального раскрытия материалов является одной из самых важных в ресурсосберегающих технологиях, т.к. ведет к экономии материалов и снижению отходов [1, 2]. Одним из вариантов такой задачи является оптимальная порезка на мерные длины.

**Цель.** Достижение требуемой точности в измерении длины прокатной заготовки достигается созданием соответствующей системы. Как основу автоматической системы измерения предлагается использовать диагностические данные привода прокатной клетки и математическую модель прокатки.

**Постановка проблемы.** Рассматриваемая задача состоит в разработке автоматизированной системы оптимизации реза на мерные длины металлопроката. Задача усложняется тем, что порезка ведется в режиме реальной прокатки, т.е. на момент прибытия металла к линии пил горячей резки точная его длина еще не известна.

**Материалы исследований.** Так как движение не равнопеременное, то график скорости  $\omega = f(t) \neq \text{const}$ . График представляет собой некоторую кривую. Измеренная длина будет равна площади, ограниченной кривой скорости и координатными осями

© А.И. Важинский, А.А. Гусев, 2015

скорости и времени. По положительному фронту сигнала датчика, установленного после клетки, устанавливается признак начала процесса прокатки. Оценка спада величины тока нагрузки двигателя ниже служит для идентификации момента окончания процесса прокатки.

На рис. 1 представлен график изменения скорости прокатки во времени (рис. 1). Площадь фигуры, ограниченной графиком скорости прокатки (рис. 1), определяется при помощи численных методов интегрирования. Математическое описание представлено формулами (1)-(2):

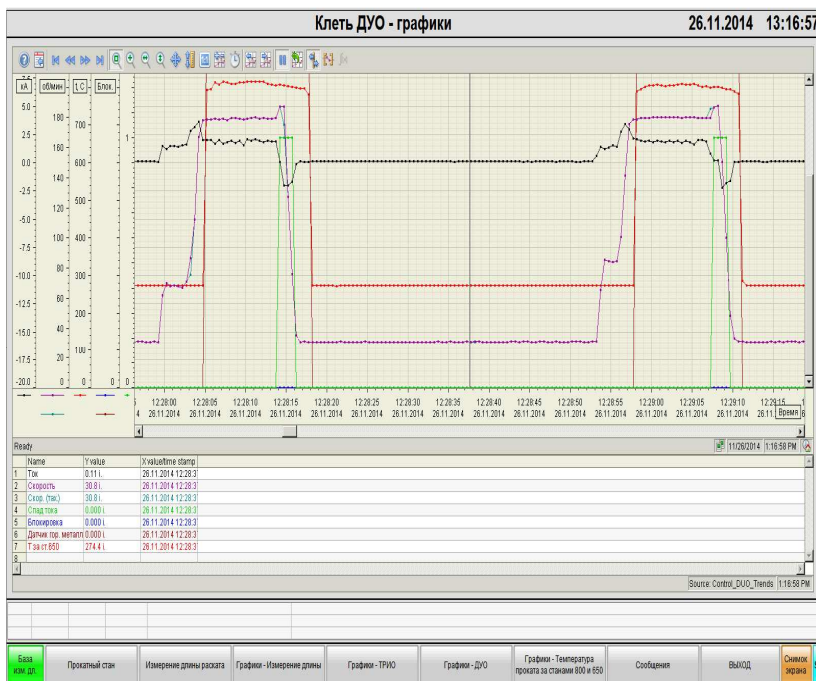


Рис. 1 – График изменения скорости прокатки

Величина определенного интеграла численно равна площади фигуры, образованной графиком функции скорости прокатки и осью времени. Следовательно, найти длину проката – это значит оценить площадь фигуры, ограниченной перпендикулярами, восстановленными к графику подынтегральной функции  $f(\omega)$  из точек  $a$  и  $b$ , расположенных на оси  $t$ .

Если заменить полученные криволинейные фрагменты графика функции отрезками прямых, то тогда приближенно площадь фигуры, а, следовательно, и величина определенного интеграла оценивается как площадь всех полученных трапеций. Обозначим последовательно значения подынтегральных функций на концах отрезков  $f_0, f_1, f_2, \dots, f_n$  и подсчитаем площадь трапеций (1):

$$\int_a^b f(x) dx = h \left( \frac{f_0 + f_n}{2} + \sum_{i=2}^{n-1} f_i \right) = \frac{b-a}{n} \left( \frac{f_0 + f_n}{2} + \sum_{i=2}^{n-1} f_i \right), \quad (1)$$

где  $f_i$  – значение подынтегральной функции в точках разбиения интервала  $[a, b]$  на равные участки с шагом  $h$ .

При необходимости, можно вычислить величину остаточного члена. Остаточный член – это разность между заданной функцией и функцией ее аппроксимирующей. Тем самым оценка остаточного члена является оценкой точности рассматриваемой аппроксимации.

В нашем случае, остаточный член пропорционален длине интервала  $[a, b]$  и квадрату шага  $h$  (2):

$$R = -\frac{(b-a)h^2}{12} \cdot f''(\xi), \xi \in [a, b] \quad (2)$$

Текущая длина определяется выражением (3):

$$L_c = L_c + \Delta L, \quad (3)$$

где  $\Delta L$  – длина проката на последнем цикле измерения. Определяется величина путем применения численных методов интегрирования (1) – (2). Длина проката  $\Delta L$  может быть выражена как:

$$\Delta L = \frac{\omega_i + \omega_{i-1}}{60000} \cdot \frac{t_i}{1000} \cdot \pi \cdot D_{\text{расч}}, \quad (4)$$

где  $\omega_i, \omega_{i-1}$  – угловые скорости на текущем и предыдущем цикле измерения;  $t_i$  – длительность цикла измерения;  $D_{\text{расч}}$  – расчетный диаметр прокатного вала.

В процессе прокатки заготовка проходит ряд контрольных точек, расположенных на определенных расстояниях от оси клетки. Таких точек четыре: 18,02; 32,04; 48,7; 62,47 метра. Событие пересечения заготовкой контрольной (реперной) точки фиксируется лазерным датчиком положения и передается в программируемый логический контроллер (ПЛК). Расстояние от прокатной клетки до определенной реперной точки записывается в переменную  $L_r$ . Время окончания прокатки определяется посредством анализа диагностических данных САУ приводом клетки (спад тока двигателя ниже 0,5 кА). Текущая длина записывается в соответствующую переменную  $L_m = L_c$ .

Тогда общая длина проката будет определена в соответствие с (5):

$$L = L_r + \frac{L_m}{k_r} + \frac{L_\Delta}{k_r}, \quad (5)$$

где  $k_r$  – коэффициент автоподстройки, позволяющий учесть в автоматическом режиме фактическое отклонение текущей длины проката от контрольной,  $L_\Delta$  – поправочная длина.

**Результаты исследований.** Основной экран системы визуализации имеет вид (рис. 2). Настройка актуального профиля для прокатки в клети ДУО стана 650 и просмотр данных об измеренных длинах проката осуществляется на экране "Измерение длины раската".

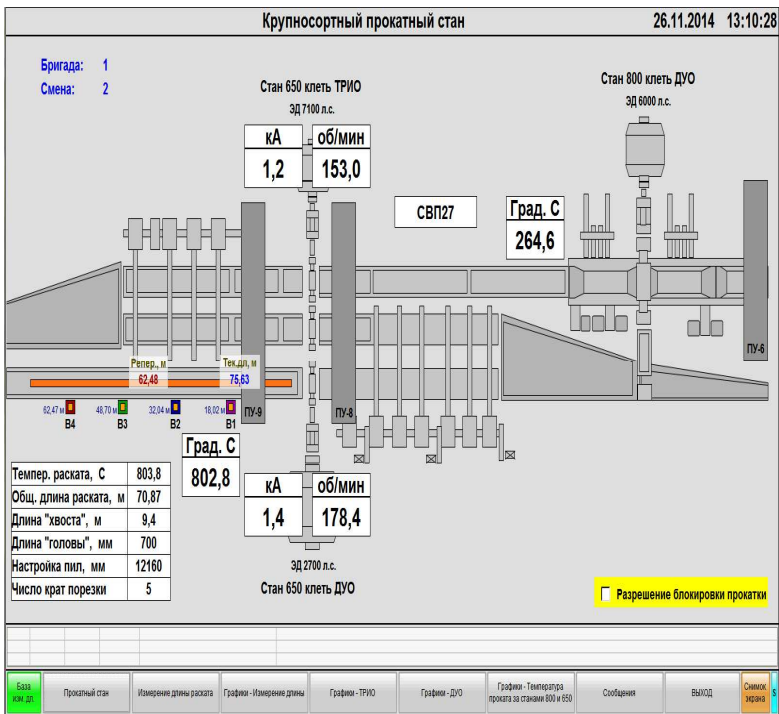


Рис. 2 – Основное окно системы поддержки принятия решений

Для расчета длины проката необходимо выбрать из выпадающего списка нужный профиль, который планируется прокатывать в клети ДУО стана 650. В поле "Предв." появятся данные по профилю:

диаметры верхнего и нижнего валов клетки в мм, толщина стенки в мм. В поле "Актуальн." при этом остаются данные по профилю, который находится в работе на данный момент.

Экран разделен на несколько областей:

- верхний информационный элемент содержит: имя активного пользователя, название открытого в рабочей области экрана процесса, текущие дату и время;

- рабочая область содержит открытый экран технологического процесса, графиков, сообщений и др.;

- область активных сообщений содержит три последних активных сообщения с упорядочиванием по убыванию приоритета;

- область кнопок оператора содержит основные кнопки для переключения между экранами визуализации, выхода из системы.

Предложенная система осуществляет автоматическое измерение необходимых геометрических параметров профиля проката. Измерения осуществляются бесконтактно, в ходе прокатки, без вмешательства в технологию производства. Система обеспечивает визуализацию процесса измерения и его результатов на АРМ оператора, с возможностью архивации и удаленного доступа к просмотру. Предусмотрена интеграция результатов измерений в автоматизированную систему управления производством (АСУП).

Входящие в систему измерения датчики не имеют механического контакта с контролируемым объектом и, соответственно, погрешностей, связанных с проскальзыванием, износом, минимально требуют калибровок и проведения ППП (планово-предупредительных ремонтов).

Задачи, которые позволяет решать система:

- расчет геометрических параметров проката (длина);
- организация просмотра процесса в режиме он-лайн;
- оповещение оператора о достижении заданных размеров;
- обмен данными с АСУП;
- возможность ручного ввода технологических параметров;
- формирование отчетов по результатам измерений;
- архивация результатов измерений.

**Выводы:**

- алгоритм пореза проката на мерные длины должен основываться на математическом описании прокатки, что позволит добиться оптимального раскрытия материала, уменьшения себестоимости производимой продукции и экономии энергоресурсов;

– повышению точности измерения длины проката способствует повышение точности измерения такого диагностического параметра электропривода как ток двигателя;

– система поддержки принятия решений участка пил прокатного стана должна разрабатываться на основе математической модели оптимального раскроя прокатной заготовки.

**Список литературы:** 1. Жуков С.Ф., Важинский А.И. Автоматизация процессов управления и диагностирования электротехнических комплексов металлургического производства // Технічна електродинаміка. Тем. випуск "Проблеми сучасної електротехніки". – 2010. – Ч. 1. – С. 181-184. 2. Бабаев Ф.В. Оптимальный раскрой материалов с помощью ЭВМ. – М: Машиностроение, 1982. – 168 с. 3. Бесекиерский В.А., Попов Е.П. Теория систем автоматического управления. – Изд. 4-е, перераб. и доп. – СПб, Изд-во "Профессия", 2003. – 752 с .

**Bibliography (transliterated):** 1. Zhukov S.F., Vazhinskii A.I "Automation of management and diagnosis of electrical steel production complexes". *Tekhnicheskaiia elektrodinamika: tematicheskii vypusk "Problemy sovremennoi elektrotehniki"*. 1 (2010): 181-184. Print. 2. Babayev F.V. *Optimal'nyu raskroy materialov s pomoshch'yu EVM*. Moscow: Mashinostroyeniye, 1982. Print. 3. Besekerskiy V.A., Popov Ye.P. *Teoriya sistem avtomaticheskogo upravleniya*. Saint Petersburg: Izd-vo "Professiya", 2003. Print.

*Поступила (received) 26.01.2015*



**Важинский Антон Иванович**, 1978 г.р., Украина, закончил Приазовский государственный технический университет, аспирант ДонНТУ, начальник участка управления автоматизации ПАО «МК Азовсталь». Основное научное направление – математическое моделирование технологических объектов в металлургии и разработка систем управления ими.



**Гусев Александр Анатольевич**, 1981 г.р., Украина, закончил Приазовский государственный технический университет, начальник участка управления автоматизации ПАО «МК Азовсталь». Основное научное направление – промышленная автоматизация.