

## ТЕХНІЧНІ НАУКИ

УДК 621.982: 669.295

Макшанцев В. Г., Шурупов Д. А.

**ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ РЕГУЛИРОВКИ БОКОВОГО ЗАЗОРА НОЖНИЦ ПОПЕРЕЧНОЙ РЕЗКИ МЕТАЛЛА С КАТЯЩИМСЯ РЕЗОМ**

Ножницы поперечной резки однокривошипные с катящимся резом предназначены для порезки полосы на мерные длины, обрезки переднего и заднего концов её и вырезки планок для проб. Современные комплексы поперечной резки толстолистового проката должны обеспечивать порезку листов на мерные длины с высоким качеством реза, с заданными допусками на длину листа и минимальными отклонениями от перпендикулярности кромок. В ножницах с катящимся резом верхний нож дугообразной формы и большого радиуса режущей кромки обкатывается по прямому нижнему ножу, при этом за счёт меньшего смещения ножа относительно проката в местах их контакта обеспечивается более высокое качество резки, чем у ножниц других конструкций.

В зависимости от параметров проката между ножами устанавливается боковой (горизонтальный) зазор определённой величины. Отклонение величины зазора от оптимальной приводит к некачественному резу и увеличению усилия резки. В настоящее время установка зазора производится по таблицам, составленным на основе эмпирических данных. При этом не учитываются температура проката и связанные с ней отклонения механических характеристик, а также ряд параметров ножниц (затупление ножей, деформации в станине ножниц во время реза, постепенный износ механизма резания), в связи с чем, величина реального зазора, как правило, отличается от оптимальной. Поэтому, актуальна задача разработки принципов построения системы управления, обеспечивающих автоматическую подстройку зазора под конкретные условия резки.

На сегодняшний день, боковой зазор устанавливается оператором по таблицам, составленным на основе опытных данных. В них учитывается только материал разрезаемого листа и его толщина. Из-за больших распорных усилий во время резки, могут возникать деформации в станине ножниц, приводящие к увеличению бокового зазора. Кроме того, при износе механизма резания, в частности клиньев механизма регулировки зазора, боковой зазор может увеличиваться [1]. Таким образом, при резке в реальных условиях оптимальная величина выставляемого зазора  $\delta_{\text{опт}}$  может несколько отличаться от табличного значения. В связи с этим встаёт задача автоматической подстройки выставляемого зазора под конкретные условия резки.

Автоматическая оптимизация может производиться по усилию реза  $F_{\text{рез}}$ . При использовании однокривошипных ножниц или двухкривошипных с механической синхронизацией вместо  $F_{\text{рез}}$  можно минимизировать момент реза.

Момент реза равен развиваемому двигателем моменту за вычетом момента холостого хода. Момент холостого хода включает момент потерь механизма и момент от неуравновешенных масс. Поскольку момент от неуравновешенных масс не зависит от усилия реза, а момент потерь, обусловленный трением, с ростом усилия возрастает, то минимизация момента двигателя обеспечит и минимизацию усилия реза [2]. Момент двигателя может быть косвенно определён по активной составляющей тока двигателя, для чего при использовании современных ПЧ не требуется дополнительного оборудования, так как в них встроена возможность её расчёта.

Целью работы является установление зависимости между изменениями основных параметров величиной бокового зазора, и разработать алгоритм системы управления боковым зазором.

Следует отметить, что из-за малой точности и большой дискретности (по времени) измерения активного тока этот метод может оказаться неточным, что особенно будет заметно при резке тонких листов, когда значение  $F_{рез}$  невелико. Лучшим способом является непосредственное измерение усилия реза с помощью месдоз, которые можно разместить в расточке суппорта над верхней гранью кассеты верхнего ножа. Это позволит избавиться от большей части механических помех.

Так как усилие реза зависит от положения точки врезания А ножа в лист, и конкретный вид этой зависимости определяется механическими свойствами и размерами листа, то измерять  $F_{рез}$  нужно тогда, когда начинается установившийся процесс резки. Его начало происходит, когда нож врежется на величину  $0,8h \operatorname{ctg} \alpha$ , и закончится, когда точка А будет находиться на расстоянии  $0,7h \operatorname{ctg} \alpha$ . При угле реза  $\alpha = 3^\circ$  и толщине листа  $h = 50$  мм измерение усилия должно выполняться, когда точка врезания находится на расстоянии 800 мм от края листа, с которого начался рез, и на расстоянии 700 мм от противоположного [3]. Из этого следует, что измерения  $F_{рез}$ , полученные при резке листов шириной, не превышающей 1500 мм, не должны учитываться алгоритмом оптимизации. При резке более тонких листов установившийся процесс резки начинается раньше, и минимальная ширина, при которой допустимо использовать измерения  $F_{рез}$ , будет меньше. Из-за неточной реализации траектории качения,  $F_{рез}$  при установившемся процессе резки будет несколько изменяться. Поэтому, его измерения должны выполняться, когда нож занимает одно и то же положение. Для резов, которые не будут использоваться в оптимизации должен устанавливаться зазор, найденный как оптимальный (с наименьшим значением  $F_{рез}$ ).

При разработке алгоритма оптимизации бокового зазора были учтены следующие положения [4]:

- Ориентировочное значение бокового зазора, соответствующее минимуму известно заранее (из существующих опытных таблиц), и шаг изменения бокового зазора при поиске оптимального значения не должен быть слишком большим, чтобы не ухудшить качество реза.
- Поиск зазора происходит в постепенно меняющихся от реза к резу условиях, что обусловлено остыванием металла, затуплением ножей, износом механизма резания.

Алгоритм управления ножницами с автоматической оптимизацией бокового зазора приведён на рисунке 1, 2, 5, структура аппаратной реализации системы приведена на рис. 3, а алгоритм установки бокового зазора приведен на рис. 4.

В алгоритме используются следующие переменные:  $p$  – указатель на элемент БД для текущего бокового зазора;  $p_{\max}$  – максимальное учитываемое число опытов;  $s_0$  – минимальное число опытов, после которых  $k$  должен возрасти;  $\delta_{\min}$  и  $\delta_{\max}$  – минимальный и максимальный боковой зазор, в метрах;  $F$  – усилие, замеренное в процессе реза;  $F_{sr}$  – приведённое усилие реза с установленным боковым зазором;  $F_{sr0}$  – приведённое усилие реза с боковым зазором, установленным в предыдущем резе;  $\delta$  – установленный боковой зазор в долях толщины;  $D\delta$  – шаг приращения бокового зазора в долях толщины;  $D\delta_{i1}$  – начальный шаг изменения бокового зазора в долях толщины.  $F_{skopt}$  – не использовать алгоритм оптимизации.

С ПУ оператора воспринимаются следующие сигналы:  $F_{unewmark}$  – ввести новую марку стали;  $F_{unewdelt}$  – ввод нового бокового зазора;  $F_{ures}$  – команда на рез;  $F_{unewproc}$  – сигнал о задаче нового проката;  $F_{uskopt}$  – не использовать алгоритм оптимизации по запрету оператора;  $u\delta$  – заданный боковой зазор.

От других алгоритмов поступают следующие переменные:  $F_{hskopt}$  – не использовать алгоритм оптимизации, т. к. толщина разрезаемого проката слишком мала;  $F_{fskopt}$  – не использовать алгоритм оптимизации при зачистке переднего конца или порезке остатка проката в обрызг;  $F_{exit}$  – выход из алгоритма резки.

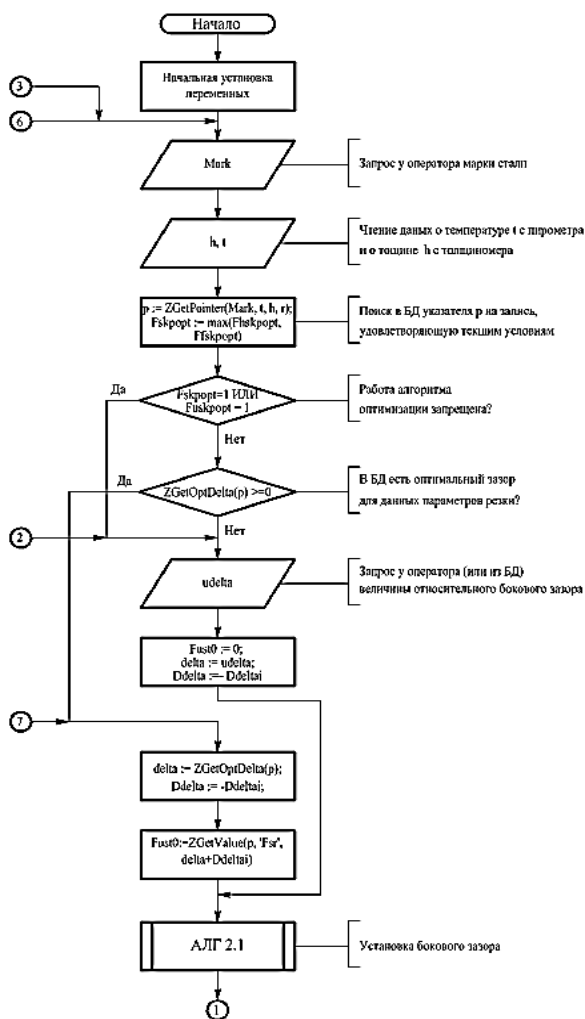


Рис. 1. Алгоритм управления механизмом резания ножниц с автоматической оптимизацией бокового зазора

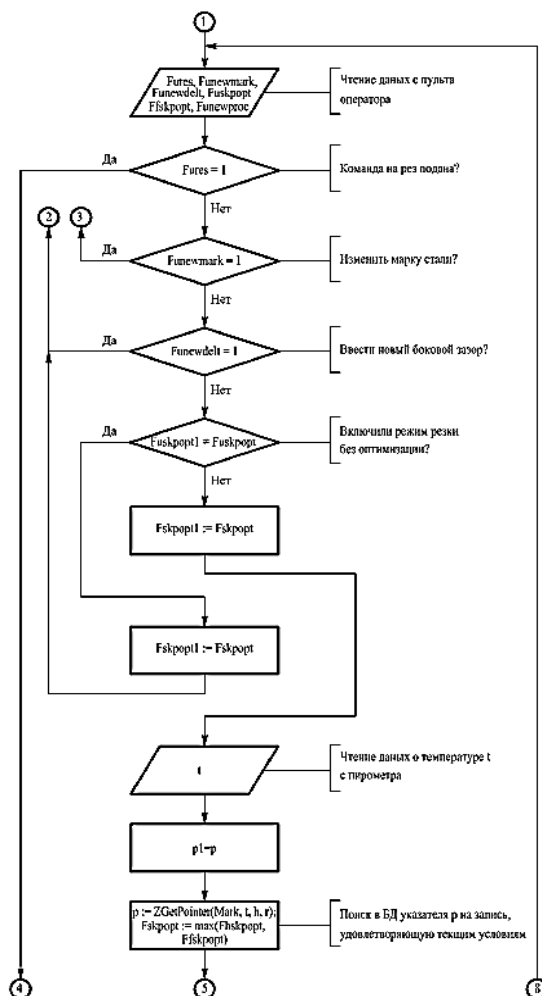


Рис. 2. Алгоритм управления механизмом резания ножниц с автоматической оптимизацией бокового зазора (продолжение)

С датчика положения клиньев устройства регулировки бокового зазора вводится сигнал об выставленном боковом зазоре  $\delta_{tar}$  в метрах. Сброс оценки притупления ножей  $\tau$  производится внешним по отношению к АЛГ 2 алгоритмом, также как и выдача сигнала о прекращении работы алгоритма резки  $F_{exit}$ .

Схема работы системы управления следующая. Оператор вносит в контроллер марку разрезаемого металла. Толщина проката и его температура определяются автоматически толщиномером и пирометром. После чего контроллер ищет оптимальные параметры в БД. Если для данной марки металла и его толщины нет параметров, то оператору выдаётся запрос на ввод ориентировочного бокового зазора.

Боковой зазор можно изменять, когда механизм резания неподвижен. Подача мерной длины листа составляет как минимум 4,5 с (задаётся минимальная мерная длина раската 4,5 м со скоростью 1 м/с, без учёта затрат времени на разгон и торможение). Регулировка бокового зазора может осуществляться во время задачи проката, не снижая производительность участка резки.

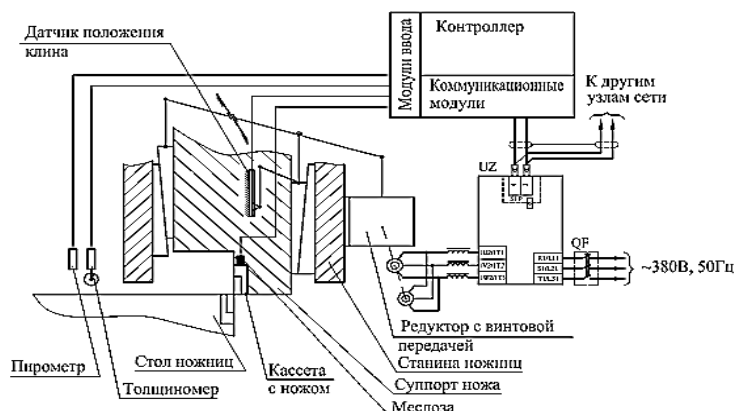


Рис. 3. Структура аппаратной реализации системы автоматической оптимизации бокового зазора

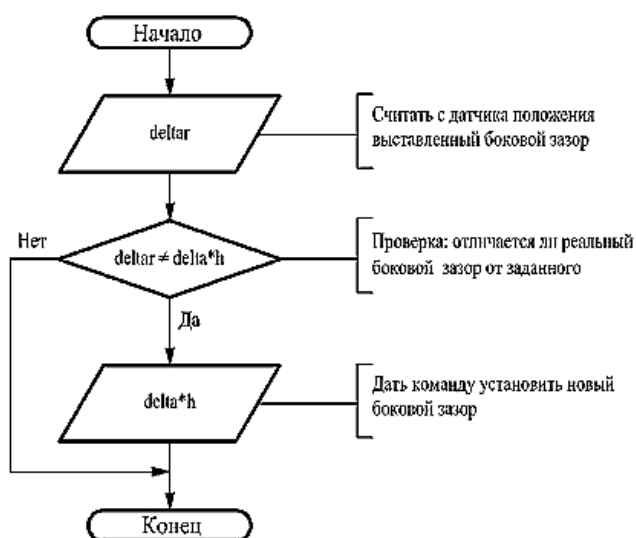


Рис. 4. Алгоритм установки бокового зазора (АЛГ 2.1)

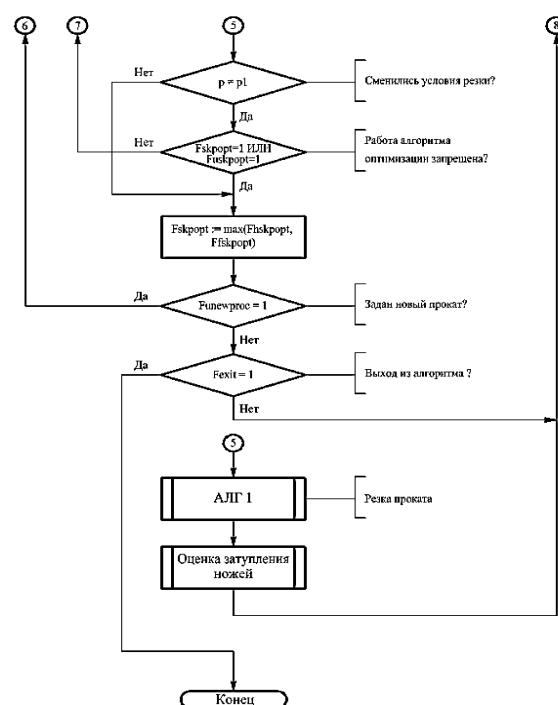


Рис. 5. Алгоритм управления механизмом резания ножниц с автоматической оптимизацией бокового зазора (продолжение)

## ВЫВОДЫ

Анализ факторов влияющих на процесс резки металла, на ножницах поперечной резки позволил установить, зависимости, между изменениями этих параметров и величиной бокового зазора и учесть эти зависимости при разработке алгоритма системы управления боковым зазором.

Для аппаратной реализации данной системы рекомендуется следовать структуре системы управления, приведенной в статье.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Целиков А. И. Машины и агрегаты металлургических заводов / А. И. Целиков. – М.: Металлургия, 1981. – 576 с.
2. Ловягин Ю. И. Производство толстолистового проката на стане «2850» / Ю. И. Ловягин, Х. Шакиров. – Аша: Ашинская типография «Челяблуприздата», 2000. – 120 с.
3. Жуков И. Б. Исследование и оптимизация электромеханических систем управления комплексом резки листового проката: дис. ... канд. техн. наук / И. Б. Жуков. – Санкт-Петербург, 2005. – 277 с.
4. Дукмасов В. Г. Состояние и развитие технологии оборудования в мировой металлургии: справочник / В. Г. Дукмасов, Л. М. Агеев. – Челябинск, ЮУрГУ, 2002. – 198 с.

Статья поступила в редакцию 10.09.2014 г.