

## ОБОСНОВАНИЕ КРИТЕРИЕВ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ПРЯМОЛИНЕЙНОСТЬЮ ОЧИСТНОГО ЗАБОЯ

**Боженко А.В., магистрант; Гавриленко Б.В., проф, к.т.н.**

*(ГОУВПО «ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ», г. Донецк, ДНР)*

Каменный уголь является главным топливно-энергетическим ресурсом нашего региона. От стабильной работы горного производства зависит как энергетическая, так и металлургические отрасли. Задачи повышения эффективности, производительности и безопасно работ по добыче угля всегда имеют высокую актуальность.

Обеспечить данные требования возможно только путем научного обоснования методов повышения эффективности работы технологических участников шахт и внедрения этих методов через современные средства механизации и автоматизации.

Очевидно, что одним из наиболее важных и сложных в технологическом плане участков являются добычные. От соблюдения нормативного режима их работы по транспортно-добычной цепочке зависит и нормальное функционирование всей шахты. Однако, средства автоматизации, применяемы в данный момент в забоях имеют ограниченный перечень функций и не обеспечивают ряд важнейших критериев по бесперебойной и безаварийной работе механизированных добычных комплексов.

На данный момент большинство аппаратур автоматизации забойных машин и комплексов рассчитано на регулирование нагрузки на очистной комбайн, осуществление верного алгоритма пуска/останова механизмов очистного забоя, обеспечения необходимых защит и блокировок для безопасности труда рабочих забоя и создание локальной системы автоматизации АСУ ТП «Очистной забой».

Однако, одной из проблем, которые фигурируют на данный момент при эксплуатации очистных комплексов [1] является неравномерная передвижка секций крепи, а вслед за ними и призабойного конвейера, к которому секции пристыкованы, после прохода комбайна, что происходит из-за отсутствия оперативного контроля за подвигания секций крепи и приводит к значительным перекосам става конвейера и порывам цепей. Это приводит к изгибу конвейера, разрыву цепей и его заклиниванию, что негативно сказывается на производительности работы всего забоя в целом, приводит к остановке работы лавы на несколько дней и значительным материальным потерях.

Следовательно, одним из средств достижения цели по безопасности и эффективности работы механизированного комплекса является разработка методов и средств автоматического управления линейностью забоя.

Решения этой задачи очень актуально, и на данный момент почти не имеет аналогов в промышленности. В работе [2] достаточно широко исследуется математическая модель линии очистного забоя и системы автоматического обеспечения ее прямолинейности, следовательно в качестве базовых целесообразно принять именно эти исследования.

Согласно [3] в качестве критерия эффективности функционирования системы управления предложено использовать абсолютное отклонение фактической от заданной линии забоя, что необходимо минимизировать на интервале, заданном ближними и дальними пределами забоя. Математическое выражение критерия записывается в виде<sup>^</sup>

$$\left| F\phi(x) - y_3(x) \right| \rightarrow \min_{x \in [x_{\text{бл}}, x_{\text{дальн}}]} \quad , \quad (1)$$

где  $F_{\phi}(x)$  - функция, описывающая фактическое положение линии очистного забоя;  $y_3(x)$  - функция, описывающая заданное положение линии очистного забоя,  $x_{бл}(x_{дальн})$  - абсцисса ближней (дальней) его границ.

На критерий (1) налагаются ограничения, вызванные требованиями эксплуатации:

$$\begin{cases} h_{\max}^{\phi} \leq h_{\max}^{\text{доп}} \\ n_{\text{ком}} \leq n_{\text{доп}} \\ v_{\text{под}} \leq v_{\text{доп}} \end{cases}, \quad (2)$$

где  $h_{\max}^{\phi}$  - максимальная стрела прогиба фактической линии очистного забоя;  $h_{\max}^{\text{доп}}$  - максимально допустимая стрела прогиба;  $n_{\text{ком}}$  - частота коммутаций электропривода очистной машины;  $n_{\text{доп}}$  - допустимая частота коммутаций;  $v_{\text{под}}$  - скорость передвижения линии очистного забоя;  $v_{\text{доп}}$  - допустимая скорость передвижения.

Математическое описание линии очистного забоя осуществлено путем его подачи в виде интерполяционного сплайна, заданного на сетке ее отдельных значений, полученных по результатам маркшейдерских замеров или по показаниям датчиков величины подвижки конвейера. Необходимость применения сплайн-метода вытекает из требований, предъявляемых к методу интерполяции с учетом реальных условий эксплуатации: переменный шаг задающего сетки устойчивость вычислительного процесса, при значительном количестве узловых точек. При таком описании, линия очистного забоя может быть представлена как непрерывная функция (рис. 1) и математически задается в виде:

$$F_{\phi}(x) = \text{spline}^{\langle N \rangle}(F_{\phi}(x_j), x_j, x), \quad j = 1 \dots n_d, \quad (3)$$

где  $\text{spline}^{\langle N \rangle}$  - сплайн-функция степени N;

$F_{\phi}(x_j)$  - ордината (абсцисса)  $j^{\text{ой}}$  точки забоя;

$n_d$  - количество интервалов дискретизации.

Представление линии очистного забоя как интерполяционного сплайна позволит методами аналитической геометрии: во-первых, оценить ее состояние, на основе этой оценки сформировать управляющее воздействие с целью приближения фактических параметров с заданными и получить новую форму забоя; во-вторых, определить координаты рештчатого става конвейера и мест установки датчиков его подвижки, что важно при введении системы в эксплуатацию для задания исходных данных о профиле забоя.

Желаемое положение линии очистного забоя описывается задающей линейкой - прямой, лежащей под заданным углом по отношению к оси:

$$y_3(x) = \begin{cases} \text{tg} \alpha_{\text{зад}} \cdot (x - x_{бл}) + F_{\phi_i}(x_{бл}), \alpha_{\text{зад}} \geq 0, \\ \text{tg} \alpha_{\text{зад}} \cdot (x - x_{дальн}) + F_{\phi_i}(x_{дальн}), \alpha_{\text{зад}} < 0. \end{cases} \quad (4)$$

Рассогласование заданного и фактического состояний линий забоя:

$$\varepsilon_{z_i}(x) = y_3(x) - F_{\phi_i}(x) \quad (5)$$

позволяет определить границы участков забоя, на которых необходимо производить трогание с целью ее выравнивания, при условии  $\varepsilon_{z_i}(x) > 0$ .

Значение функции вычисляются из условия достижения цели (1) с учетом возможностей системы подачи конвейера на забой^

$$h_{u(x)} = \begin{cases} 0, \varepsilon'_3(x) - \delta \leq 0 \\ \varepsilon'_3(x) - \delta, \varepsilon'_3(x) - \delta > 0 \end{cases} \quad (6)$$

где  $\delta = \max\{\varepsilon'(x)\} - l_{uu}$ ;  $l_{uu}$  - величина шага передвижки, и включают в себя информацию о количестве участков строгания, их границ и необходимом подвижки на каждой из границ.

Моделирование стрелы прогиба осуществляется методом итераций. Как показывают исследования [3], при изменении заданных параметров прямолинейности, возможно накопление стрелы прогиба и ее превышение допустимых пределов, что противоречит ограничению (2). Поэтому, алгоритм моделирования (6) может быть использован для оценки возможности выхода за допустимые пределы стрелы прогиба и в случае определения такой возможности поиска промежуточного угла наклона заданной линии, обеспечивающей безопасные параметры забоя в процессе его выравнивания.

Итак, как следует из результатов исследований, разработанная система контроля за прямолинейностью забоя позволяет обеспечить необходимую кривизну линии очистного забоя, устранить простои забоя из-за превышения допустимой степени кривизны, а, значит, ее рационально внедрить в промышленное использование.

К разрабатываемому устройству автоматического контроля кривизны линии очистного забоя следует выдвинуть такие функциональные и конструктивные требования:

- оперативный контроль передвижки секций крепи и призабойного конвейера с соответствующим шагом на протяжении всей длины лавы;
- контроль степени отклонения линии забоя от установленной нормы;
- возможность ручного изменения уставок срабатывания;
- удобный интерфейс оператора;
- современная элементная база;
- как можно меньшие габариты;
- Уровень и вид взрывозащиты исполнительного устройства РВ ИВ Иа, ДСВ-РО Иа;
- Степень защиты от влаги и пыли исполнительного устройства IP-54, ДСВ-IP-32.

Таким образом, в данной статье была обоснована необходимость оперативного контроля прямолинейности очистного забоя. Была предложена математическая модель процесса подвигания забоя на основе интерполяционного сплайна, которая учитывает его геометрические характеристики и позволяет прогнозировать степень прогиба. На ее основании разработаны критерии автоматического управления подвиганием линии забоя, на основе контроля отклонения фактической линии от заданной. Данные критерии являются основой для синтеза системы автоматического управления прямолинейностью забоя.

#### Перечень ссылок

1. Магрицкий С.В., Бондаренко В.Н., Чавкин А.И. Влияние искривлений линии очистного забоя на работу комплекса КМ103С// Струги и комплексы: Сб. науч. тр. ШахтНИУИ им. А.М. Терпигорева. - М.: Изд.-во ИГД им А.А. Скочинского, 1989. – С.36-41.
2. Груба В.И., Староверов К.С. Принципы построения системы автоматического обеспечения прямолинейности забоя струговой лавы// Уголь Украины.- 1999.-№11.- С.38-40.
3. Груба В.И., Староверов К.С. Математическая модель фактического состояния линии забоя струговой лавы// Труды Донецкого государственного технического университета. Выпуск 7, серия горно-электромеханическая. - Донецк: ДонГТУ, 1999. – С. 69- 74.