

УДК.622.232

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ФАКТИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЛИНИИ ЗАБОЯ СТРУГОВОЙ ЛАВЫ

Груба В.И. докт. тех. наук, проф.; Староверов К.С. аспирант,
Донецкий государственный технический университет

Рассмотрены вопросы математического моделирования фактического состояния линии забоя струговой лавы.

The problems of mathematical modelling of actual condition of the plough face line are considered.

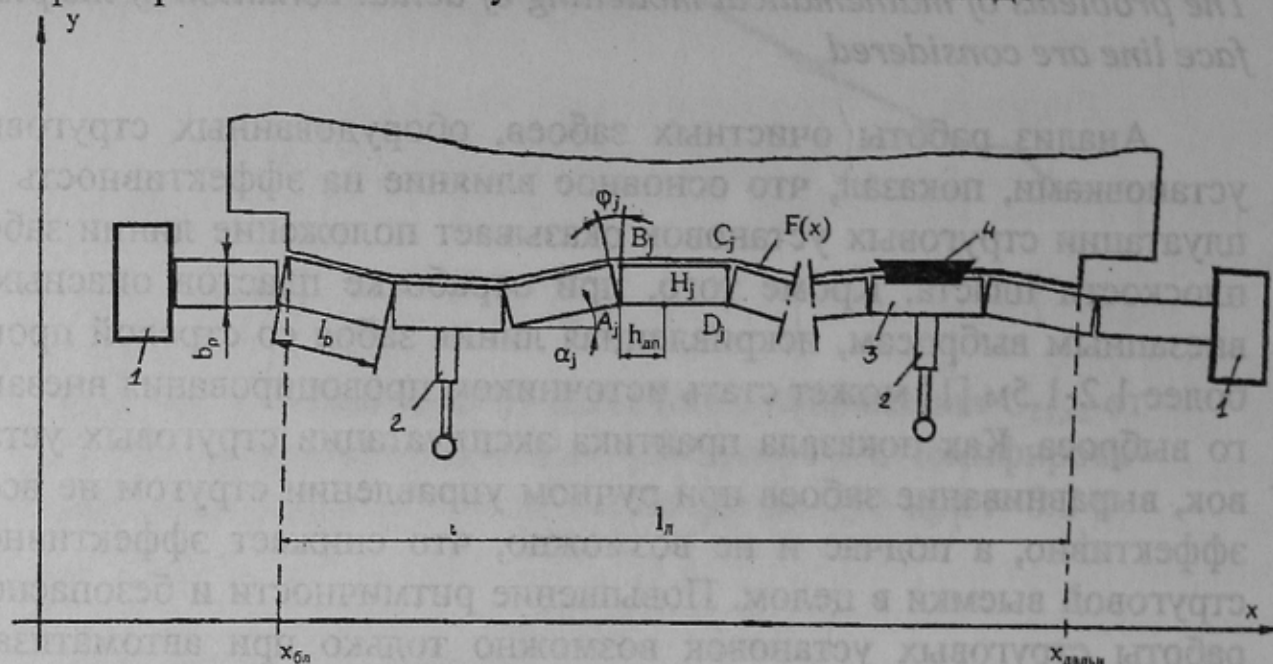
Анализ работы очистных забоев, оборудованных струговыми установками, показал, что основное влияние на эффективность эксплуатации струговых установок оказывает положение линии забоя в плоскости пласта. Кроме того, при отработке пластов опасных по внезапным выбросам, искривленная линия забоя со стрелой прогиба более 1.2-1.5м [1] может стать источником провоцирования внезапного выброса. Как показала практика эксплуатации струговых установок, выравнивание забоев при ручном управлении стругом не всегда эффективно, а подчас и не возможно, что снижает эффективность струговой выемки в целом. Повышение ритмичности и безопасности работы струговых установок возможно только при автоматизации процесса выравнивания линии забоя на основе достаточно простых и надежных средств контроля и управления, отвечающих условиям эксплуатации установок. Исследования показывают, что достаточно эффективной системой автоматизированного выравнивания линии забоя может служить система, построенная на текущем определении фактической линии забоя по положению рештаков, сравнении ее с идеальной линией и на основе рассогласования выработки управляющих воздействий в системе, реализованных по специальной программе в автоматическом режиме. Для этого необходимо математическое описание состояния фактической линии забоя, разработка специального алгоритма, программы и средств создания системы управления.

Анализ технологического процесса струговой выемки угля показал, что достаточно корректное математическое описание положения линии забоя по координатам рештачного става (рис.1) можно получить при следующих основных допущениях:

1. Перемещение конвейера струговой установки рассматривается как перемещение системы отрезков в первом квадранте декартовой системе координат.

2. Положение линии забоя описывается дискретной функцией $F(x_j)$ с последующим восстановлением в непрерывную $F(x)$ методом одномерной сплайн-интерполяции [2].

3. Положение линии забоя определяется и учитывается по конечным положениям конвейера после каждого прохода струга так как, они определяют величину и интенсивность искривления. Силловые факторы в связи с этим учитываются в неявном виде.



1. Приводная станция струговой установки.
2. Гидродомкрат передвижки конвейера.
3. Рештак скребкового конвейера.
4. Исполнительный орган струговой установки.

Рис.1 - Расчетная схема к составлению математической модели

Исходными данными для составления математической модели являются:

1. n_p - количество рештаков в скребковом конвейере;
2. l_p - длина рештака;
3. b_p - ширина рештака(для струговых установок скользящего типа с учетом ширины направляющей балки);
4. φ_{\max} - предельный угол взаимного раскрытия двух рядом расположенных рештаков.

5. $h_{дп}$ – расстояние от вершины А рештака до места установки датчика положения линии очистного забоя.

6. $x_{бл}$ ($x_{дальн}$) – абсцисса ближней (дальней) границы лавы.

7. $F_i(x_j)$ – положение забоя после $i^{го}$ прохода струга

$$x_j = \frac{x_{дальн} - x_{бл}}{n_d} \cdot (j - 1) + x_{бл}, \quad j = 1 \dots n_d,$$

где n_d - количество интервалов дискретизации.

8. D - матрица-строка расстановки датчиков контроля положения линии забоя;

$$D = [D_1, D_2, \dots, D_{n_p}] \text{ или } D = [D_j],$$

$$\text{где } D_j = \begin{cases} 0, & \text{если на } j\text{ом рештаке не установлен датчик;} \\ 1, & \text{если на } j\text{ом рештаке установлен датчик.} \end{cases}$$

9. HD -матрица-строка мест установки датчиков положения линии забоя;

$$HD = [HD_1, HD_2, \dots, HD_{n_p}] \text{ или } HD = [HD_j],$$

$$\text{где } HD_j = \begin{cases} 0, & D_j = 0; \\ h_d, & D_j = 1. \end{cases}$$

10. $F_H(x_j)$ - первоначальное положение линии очистного забоя по данным маркшейдерских съемок.

11. h_{max} -максимально допустимая стрела прогиба линии очистного забоя относительно прямой соединяющей точки границ лавы.

Искривление линии очистного забоя происходит в результате разной толщины снимаемой стружки угля. Поэтому, положение линии очистного забоя после $i^{го}$ прохода струга описывается функцией:

$$F_i(x_j) = F_H(x_j) + \sum_{i=1}^{N_j} h_{c_i}(x_j), \quad j = 1 \dots n_p$$

где $h_{c_i}(x_j)$ - изменение толщины снимаемой стружки вдоль очистного забоя после $i^{го}$ прохода струга;

N_j - количество перемещений струга по $j^{му}$ рештаку конвейера.

После того как положение линии забоя принимает вид $F_i(x_j)$ происходит передвижка $j^{го}$ рештака конвейера на величину $h_{c_i}(x_j)$. Определяем положение координат точек А, В, С, D рештаков

конвейера. Для этого предварительно определим фактическую длину лавы l_n , угол $\alpha_{i,j}$ положения $j^{\text{го}}$ рештака относительно оси x и угол $\varphi_{i,j}$ взаимного раскрытия двух рештаков ($j^{\text{го}}$ и $(j+1)^{\text{го}}$).

Фактическую длину лавы находим как длину дуги плоской линии:

$$l_n = \int_{x_{\text{бл}}}^{x_{\text{дальн}}} \sqrt{1 + (F_i(x)')^2} \cdot dx;$$

Тогда

$$\alpha_{i,j} = \arctg\left(\frac{F_i\left(x_{\text{бл}} + \frac{l_n \cdot j}{n_p}\right) - F_i\left(x_{\text{бл}} + \frac{l_n \cdot (j-1)}{n_p}\right)}{l_n} \cdot n_p\right);$$

$$\varphi_{i,k} = \alpha_{i,k+1} - \alpha_{i,k}, \quad k = 1 \dots n_p - 1.$$

Определяем координаты точек А, В, С, D.

т.А:

$$\begin{cases} x_{A_{i,j+1}} = x_{C_{i,j}} + l_p \cdot \sin \alpha_{i,j+1}, \varphi \geq 0; \\ x_{A_{i,j+1}} = x_{D_{i,j}}, \varphi < 0; \\ y_{A_{i,j+1}} = y_{C_{i,j}} - l_p \cdot \cos \alpha_{i,j+1}, \varphi \geq 0; \\ y_{A_{i,j+1}} = y_{D_{i,j}}, \varphi < 0; \end{cases}$$

т.В:

$$\begin{cases} x_{B_{i,j+1}} = x_{C_{i,j}}, \varphi \geq 0; \\ x_{B_{i,j+1}} = x_{D_{i,j}} + l_p \cdot \sin \alpha_{i,j+1}, \varphi < 0; \\ y_{B_{i,j+1}} = y_{C_{i,j}}, \varphi \geq 0; \\ y_{B_{i,j+1}} = y_{D_{i,j}} + l_p \cdot \cos \alpha_{i,j+1}, \varphi < 0; \end{cases}$$

т.С:

$$\begin{cases} x_{C_{i,j+1}} = x_{B_{i,j}} + b_p \cdot \cos \alpha_{i,j+1}; \\ y_{C_{i,j+1}} = y_{B_{i,j}} + b_p \cdot \sin \alpha_{i,j+1}, \varphi \geq 0; \\ y_{C_{i,j+1}} = y_{B_{i,j}} - b_p \cdot \sin \alpha_{i,j+1}, \varphi < 0; \end{cases}$$

т.Д:

$$\begin{cases} x_{D_{i,j+1}} = x_{A_{i,j+1}} + b_p \cdot \cos \alpha_{i,j+1}; \\ y_{D_{i,j+1}} = y_{A_{i,j+1}} + b_p \cdot \sin \alpha_{i,j+1}, \varphi \geq 0; \\ y_{D_{i,j+1}} = y_{A_{i,j+1}} - b_p \cdot \sin \alpha_{i,j+1}, \varphi < 0. \end{cases}$$

Определяем координаты положения точек мест установки датчиков положения линии забоя

$$x_{H_{i,j}} = (x_{A_{i,j}} + h_d \cdot \cos \alpha_{i,j}) \cdot D_j;$$

$$y_{H_{i,j}} = (y_{A_{i,j}} + h_d \cdot \sin \alpha_{i,j}) \cdot D_j.$$

и показания этих датчиков:

$$S_{i,j} = \text{int}\left(\frac{y_{H_{i,j}}}{\varepsilon}\right),$$

где ε -точность контроля.

Для определения стрелы прогиба линии, забоя воспользуемся контрольной линейкой- прямой, соединяющей точки границ лавы:

$$y_{k_i}(x) = \left(\frac{F(x_{\text{дальн}}) - F(x_{\text{бл}})}{x_{\text{дальн}} - x_{\text{бл}}} \right) \cdot (x - x_{\text{бл}}) + F(x_{\text{бл}}).$$

Находим контрольное рассогласование:

$$\varepsilon_{k_i}(x) = \frac{(F_i(x) - y_{k_i}(x)) \cdot (x_{\text{дальн}} - x_{\text{бл}})}{\sqrt{(F(x_{\text{дальн}}) - F(x_{\text{бл}}))^2 + (x_{\text{дальн}} - x_{\text{бл}})^2}};$$

и формулируем условие качества функционирования системы управления

$$|\varepsilon_{k_i}(x)| \leq h_{\text{max}}.$$

Требуемое положение линии очистного забоя описывается задающей линейкой- прямой, лежащей под заданным углом $\alpha_{\text{зад}}$ по отношению к оси x :

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

Тогда, определяем рассогласование текущего положения линии забоя и заданного:

$$\varepsilon_{z_i}(x) = F_i(x) - y_z(x).$$

Данное рассогласование показывает, что для выравнивания линии очистного забоя необходимо вести строгание угля на тех участках, где $\varepsilon_{z_i}(x) < 0$.

На рис.2 приведен пример использования математической модели для расчета фактической линии забоя, ее сравнения с контрольной линией и определения опасных для эксплуатации мест искривления требующих вмешательства системы автоматизированного выравнивания.

Пример выполнен по данным реального забоя, оборудованного струговой установкой УСТ-2М, на шахте «Заперевальная №2» ГХК «Донуголь».

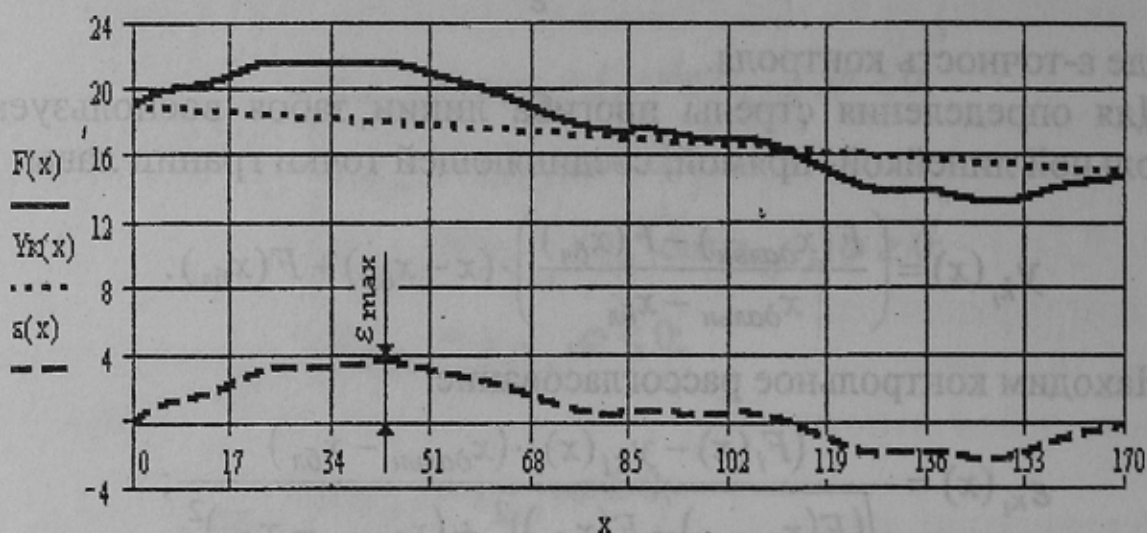


Рис. 2 Определение опасных мест искривления линии забоя

Вывод: в результате исследований разработана математическая модель фактического состояния забоя струговой лавы и показан пример ее использования для получения исходных данных для создания системы автоматизированного управления процессом выравнивания линии забоя.

Список источников.

1. Фабричный Н.Н. Струговым лавам - надежная маркшейдерская съемка//Безопасность труда в промышленности.-1984.-N11.-С.57.
2. Дьяконов В.П. Справочник по MathCAD PLUS 7.0 PRO- М.:СК Пресс, 1998. 352с., ил