

МЕТОД ПОСТРОЕНИЯ ИИС ОПРЕДЕЛЕНИЯ НАГРУЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ СЕКЦИИ МЕХАНИЗИРОВАННОЙ КРЕПИ

Чичикало Н.И.

Донецкий государственный технический университет

Abstract

Chichikalo N.I. The law of functioning IDS for complex objects of a type blocks mechanized shtreck, based on the mathematical model, correctly determining a steady loaded condition of objects in real conditions of operation is given

С помощью датчиков нагрузки, установленных в месте стыковки консольной части перекрытия (Д1) и в местах стыковки стоек с перекрытиями (Д2, Д3) (см.рис. 1) и измерительной аппаратуры можно определить : характер и нагрузку на консольную часть q_0 , нагрузку над стойками q_2 и q_3 с учетом жестких, геометрических и силовых параметров крепи. Как показали результаты шахтных исследований, проведенные на крепях КМ-87М, КМ-88 и КМ-103, измеренные таким способом нагрузки позволяют судить о состоянии контакта кровли с перекрытием и определять закон распределения нагрузки на крепь в процессе взаимодействия ее с кровлей при выемке полезного ископаемого. На основании шахтных испытаний также установлено, что конвергенция при определенной для контролируемого участка величине равномерного подвигания линии забоя не влияет на работу крепи, а перемещение участка обрушений аналогично обрушениям у завального конца происходят внезапно по истечению времени устойчивого состояния кровли в местах отсутствия контакта кровли с перекрытием. Сигналы от датчиков позволяют установить характер распределения нагрузки на перекрытие, определять место аварийных ситуаций, наличие перегрузов или сводов. Поэтому, важнейшим при управлении кровлей в процессе выемки является обеспечение контакта перекрытий с кровлей или равномерной нагрузки на секцию, что может быть получено путем определения текущей координаты X_c места приложения равнодействующей и выдачи рекомендаций на ее

перемещение для обеспечения устойчивой работы секции. Рассмотрим на примере крепей с наличием управления распором в передних и задних гидростойках.

Пусть измерены q_0 , q_2 и q_3 , и известны конструктивные параметры крепи l_1 , l_2 , l_3 и l_4 . Найдем значения q_1 и q_4 при условии, что значения q_0 , q_2 и q_3 получены с учетом деформаций и соответствуют истинным, а характер деформации консоли не показан. Крезь в основном работает в режиме поддержания предварительного распора, предохранительный клапан работает только в процессе посадки секций. Расчеты проведем для 1м ширины секции. (см. рис. 1)

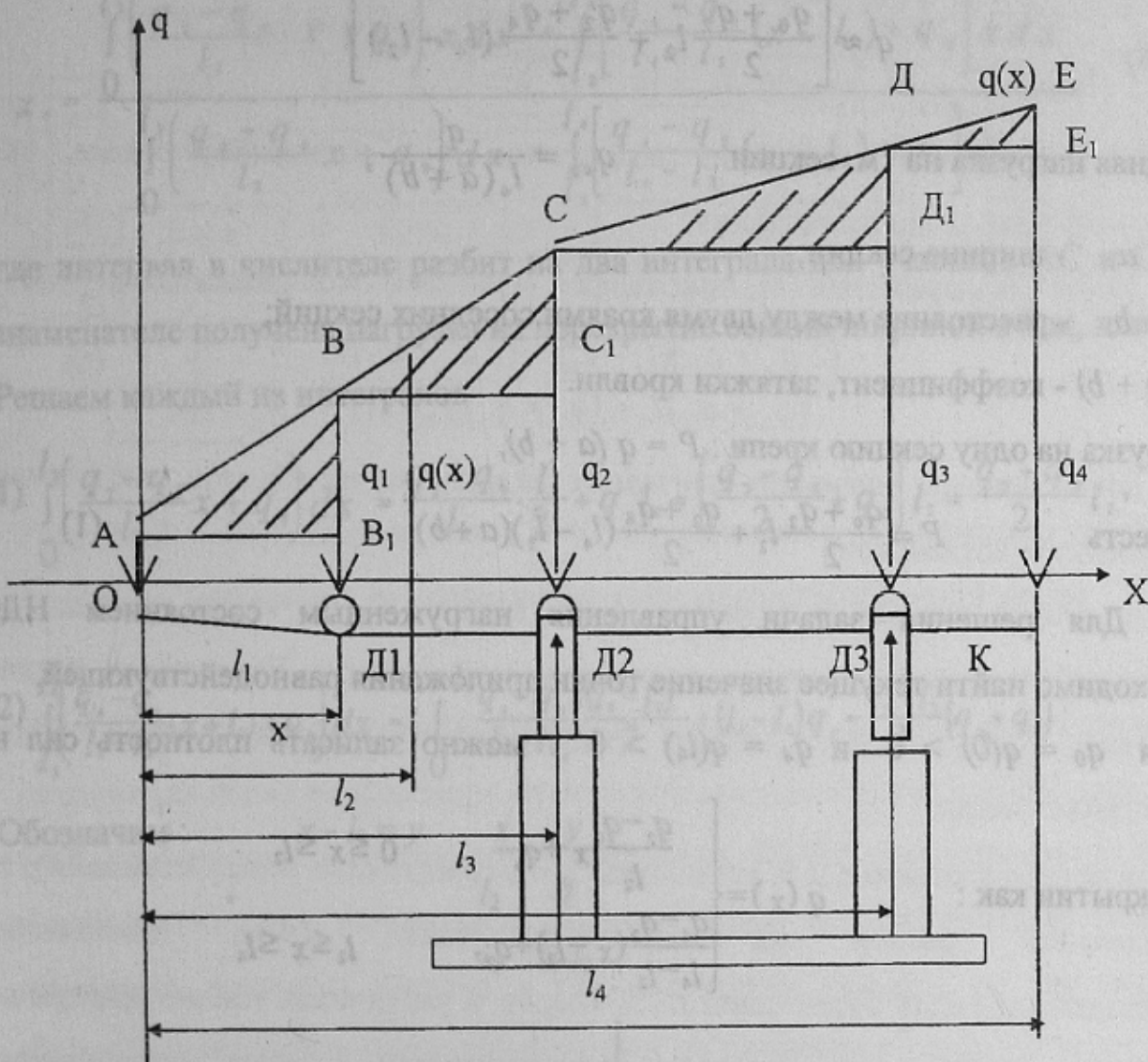


Рисунок 1 — Метод определения местоположения равнодействующей сил

Имея значения q_1, q_2 и q_3 из подобия $\triangle ABB_1$ и $\triangle BCC_1$, получим:

$$\frac{q_2 - q_1}{l_2 - l_1} = \frac{q_1 - q_0}{l_1}, \text{ отсюда } q_0 = q_1 - \frac{q_2 - q_1}{l_2 - l_1} \cdot l_1$$

при допущении, что $q_0 > 0$.

Из подобия $\Delta СДД1$ и $\Delta ДЕЕ1$, имеем :

$$\frac{q_4 - q_3}{l_4 - l_3} = \frac{q_3 - q_2}{l_3 - l_2}, \text{ откуда } q_4 = q_3 + \frac{q_3 - q_2}{l_3 - l_2} \cdot (l_4 - l_2),$$

при $q_4 > 0$.

Если $q_0 < 0$ и $q_4 < 0$, считаем их равными нулю, так как область отрицательных нагрузок нас не интересует.

Тогда, нагрузка на 1м ширины секции определится следующим образом :

$$q \approx \left[\frac{q_0 + q_2}{2} l_2 + \frac{q_2 + q_4}{2} (l_4 - l_2) \right]$$

Средняя нагрузка на 1м секции : $q_{cp} = \frac{q}{l_4(a+b)}$,

где a - ширина секции;

b - расстояние между двумя краями соседних секций;

$(a + b)$ - коэффициент, затяжки кровли.

Нагрузка на одну секцию крепи : $P = q(a + b)$,

то есть
$$P = \frac{q_0 + q_2}{2} l_2 + \frac{q_2 + q_4}{2} (l_4 - l_2)(a + b) \tag{1}$$

Для решения задачи управления нагруженным состоянием НДО необходимо найти текущее значение точки приложения равнодействующей.

Имея $q_0 = q(0) > 0$ и $q_4 = q(l_4) > 0$, можно записать плотность сил на

перекрытии как :

$$q(x) = \begin{cases} \frac{q_2 - q_0}{l_2} x + q_0 & 0 \leq x \leq l_2 \\ \frac{q_4 - q_2}{l_4 - l_2} (x - l_2) + q_2, & l_2 \leq x \leq l_4 \end{cases}$$

(2)

где $\frac{q_2 - q_0}{l_2}$ и $\frac{q_4 - q_2}{l_4 - l_2}$ - угловые коэффициенты, а значение

$\frac{q_2 - q_0}{l_2} x + q_0$ - уравнение прямой AC, $\frac{q_4 - q_2}{l_4 - l_2} (x - l_2) + q_2$, - уравнение прямой CE.

Известно, что для прямолинейного участка ОК абсцисса точки приложения равнодействующей x_c или распределение сил в точках x :

$$x_c = \frac{\int_0^{l_1} x q(x) dx}{\int_0^{l_1} q(x) dx}, \quad (3)$$

где $\int_0^{l_1} q(x) dx$ - равнодействующая сил.

Подставляем формулу (3.2) в (3.3), получим следующее выражение для x_c :

$$x_c = \frac{\int_0^{l_2} \left(\frac{q_2 - q_0}{l_2} x + q_0 \right) x dx + \int_{l_2}^{l_4} \left[\frac{q_4 - q_2}{l_4 - l_2} (x - l_2) + q_2 \right] x dx}{\int_0^{l_2} \left(\frac{q_2 - q_0}{l_2} x + q_0 \right) dx + \int_{l_2}^{l_4} \left[\frac{q_4 - q_2}{l_4 - l_2} (x - l_2) + q_2 \right] dx}, \quad (4)$$

где интервал в числителе разбит на два интеграла для участков AC и CE, а в знаменателе получена нагрузка на перекрытие секции шириной в 1 м, длиной l_4 .

Решаем каждый из интегралов

$$1) \int_0^{l_2} \left(\frac{q_2 - q_0}{l_2} x + q_0 \right) dx = \frac{q_2 - q_0}{l_2} \cdot \frac{l_2^2}{2} + q_0 l_2 = \left(\frac{q_2 - q_0}{2} + q_0 \right) l_2 = \frac{q_2 + q_0}{2} l_2,$$

$$2) \int_{l_2}^{l_4} \left(\frac{q_4 - q_2}{l_4 - l_2} (x - l_2) + q_2 \right) dx = \int_0^{l_4 - l_2} \frac{q_4 - q_2}{l_4 - l_2} \cdot \frac{(l_4 - l_2)^2}{2} + (l_4 - l_2) q_2 = \frac{l_4 - l_2}{2} (q_2 + q_4).$$

Обозначим : $x - l_2 = y$

x	y
l_2	0
l_4	$l_4 - l_2$

$$3) \int_0^{l_2} \left(\frac{q_2 - q_0}{l_2} x^2 + q_0 x \right) dx = \frac{q_2 - q_0}{l_2} \cdot \frac{l_2^3}{3} + q_0 \frac{l_2^2}{2} = l_2^2 \left(\frac{q_2 - q_0}{3} + \frac{q_0}{2} \right) = \frac{2q_2 + q_0}{6} l_2^2,$$

$$4) \int_{l_2}^{l_4} \left(\frac{q_4 - q_2}{l_4 - l_2} (x + l_2) + q_2 \right) x dx = \int_0^{l_4 - l_2} \left(\frac{q_4 - q_2}{l_4 - l_2} \cdot y + q_2 \right) y dy + l_2 \int_0^{l_4 - l_2} \left(\frac{q_4 - q_2}{l_4 - l_2} y + q_2 \right) dy =$$

$$= \frac{2q_4 + q_2}{6} (l_4 - l_2)^2 + l_2 \frac{l_4 - l_2}{2} (q_2 + q_4).$$

Обозначим : $x - l_2 = y$, получим :

$$x_c = \frac{\frac{2q_2 + q_0}{6} l_2^2 + \frac{2q_4 + q_2}{6} (l_4 - l_2)^2 + l_2 \frac{l_4 - l_2}{2} (q_2 + q_4)}{\frac{q_2 + q_0}{2} l_2 + \frac{q_2 + q_4}{2} (l_4 - l_2)} = \quad (5)$$

$$= \frac{\frac{2q_2 - q_0}{3} l_2^2 + \frac{2q_4 + q_2}{3} (l_4 - l_2)^2 + l_2 (l_4 - l_2) (q_2 + q_4)}{(q_2 + q_0) l_2 + (q_2 + q_4) (l_4 - l_2)};$$

В знаменателе выражение аналогично q - равнодействующая, что доказывает правильность решения.

Упростив выражение (4), прибавляя и вычитая l_2 окончательно получим :

$$x_c = l_2 + \frac{1}{3} \frac{(2q_4 + q_2)(l_4 - l_2)^2 - (2q_0 + q_2)l_2^2}{(q_2 + q_0)l_2 + (q_2 + q_4)(l_4 - l_2)}. \quad (6)$$

Вычисленные значения слагаемых позволяют выработать следующие управляющие воздействия :

- 1) Если второе слагаемое в формуле (5) меньше 0, то точка приложения равнодействующей находится перед передней стойкой. Увеличивая усилие распора любой стойки точка приложения равнодействующей будет смещаться назад.
- 2) Если второе слагаемое ≥ 0 , но меньше $l_3 - l_2$ (расстояние между стойками), то увеличивая распор на передней стойке, точка приложения равнодействующей будет сдвигаться вперед, а увеличивая усилие распора на задней стойке (в пределах допустимого), точка приложения равнодействующей будет сдвигаться назад (но находится между стойками) к завальной части.

3) Если второе слагаемое больше значения $l_3 - l_2$, то увеличивая усилие распора на любой стойке (в пределах допустимого) точка приложения равнодействующей будет сдвигаться вперед к забойной части.

Используя приведенное математическое описание с помощью средств вычислительной техники можно определять: нагрузку на одну секцию в соответствии с (1), плотность сил на перекрытие (2), величину равнодействующей сил (4) и абсциссу точки ее приложения (5). Получение таких данных дает все сведения, необходимые для определения нагруженного состояния НДО и управления этим состоянием. С учетом структурной схемы ИИС на рис. 2 представлена структурная схема для реализации ИИС.

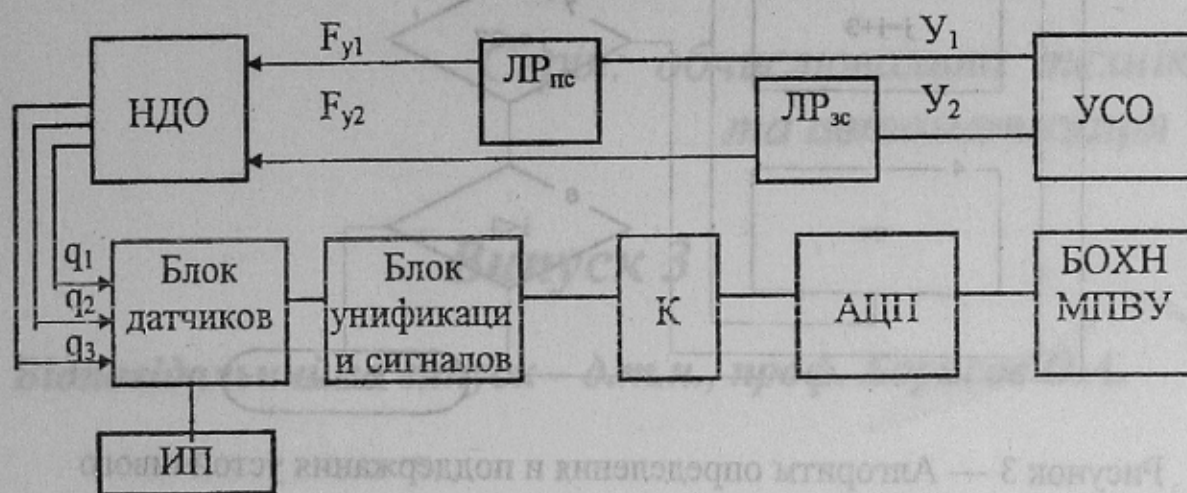


Рисунок 2 — Структурная схема ИИС определения и поддержания устойчивого нагруженного состояния секции механизированной крепи

Измеренные датчиками нагрузки значения q_1, q_2, q_3 в виде переменного напряжения после унификации сигналов через коммутатор и АЦП поступают в блок определения характеристик настройки БОХН, представляющий собой микропроцессорное вычислительное устройство, вырабатывающее уставки на изменение величины распора в гидравлических секциях до тех пор, пока абсцисса приложения равнодействующей не окажется в зоне соответствующей устойчивому нагруженному состоянию секции. При этом изменившиеся силы реакции F_{y1} , заданные локальным регулятором передних стоек $ЛР_{пс}$ и F_{y2} задних стоек через НДО: крепь - кровля изменят показания q_1, q_2, q_3 датчиков.

Алгоритм определения состояния секций по данному способу представлен на рис. 3.

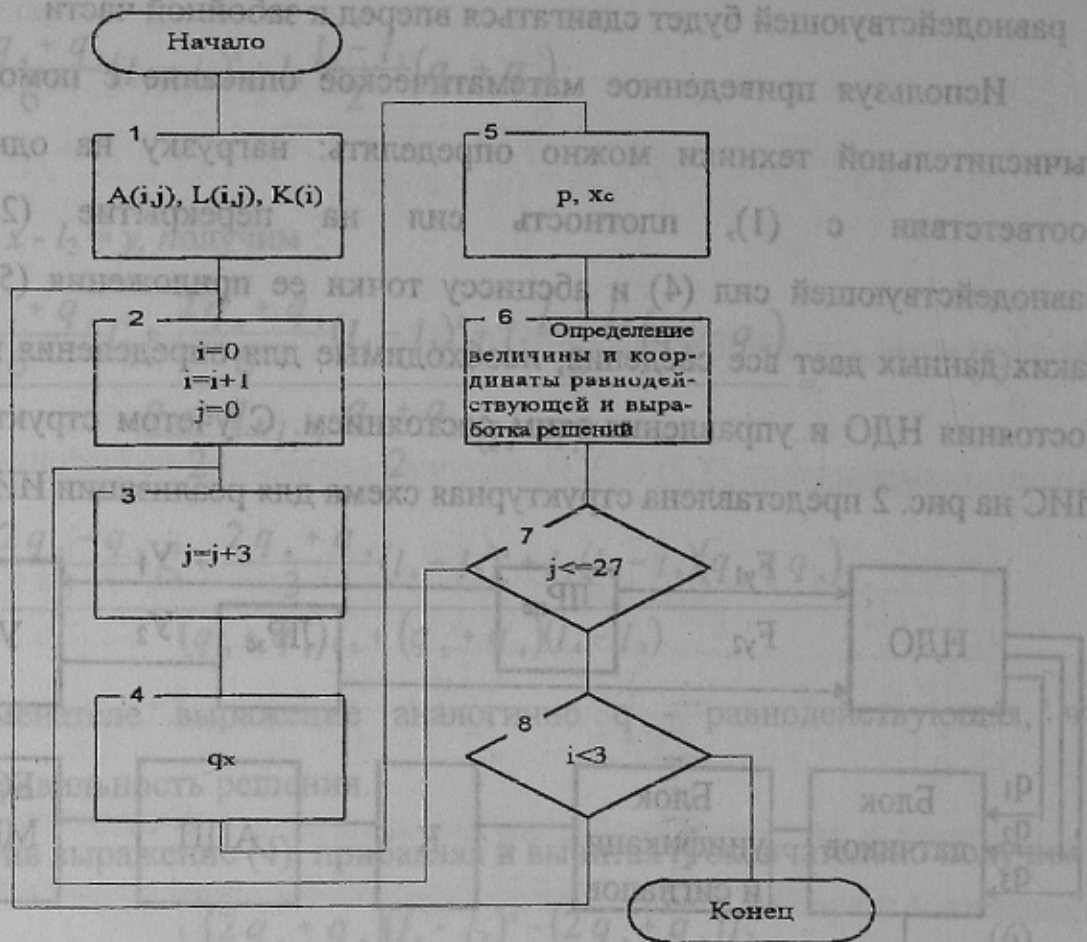


Рисунок 3 — Алгоритм определения и поддержания устойчивого состояния НДО консольного типа

Таким образом обеспечивается взаимная адаптация ИИС и объекта.

Математическое описание процесса нагружения секций механизированной крепи позволяет определять величину и местоположение равнодействующей сил и выдавать своевременные сообщения в смежную систему управления для поддержания устойчивой работы объекта без простоев.