

# МЕТОДЫ КОМПЬЮТЕРНОГО АНАЛИЗА СИТУАЦИЙ НАГРУЖЕННОГО СОСТОЯНИЯ СЕКЦИЙ МЕХАНИЗИРОВАННОЙ КРЕПИ

Чичикапо Н.И.

Донецкий государственный технический университет

## Abstract

*Chickikolo N.I. Methods of the computer analysis of situations of the loaded condition parts mechanized of timber. In clause the method of definition of the loaded condition of section mechanized timber, based on computer processing of the information received in the digital form from objects of the control is offered on the basis of which the site of the mine is defined and the decisions for maintenance of a steady condition parts are developed during a collection hoks.*

Нагруженное состояние шахтной механизированной крепи как объекта контроля обусловлено изменяющимся характером распределения действующих на перекрытие СИЛ В Процессе взаимодействия её с кровлей. В свою очередь, действие ЭПК сил зависит от характера контакта кровли с перекрытием и динамикн процесса угледобычи. Только с помощью компьютерного анализа можно определить это состояние с учётом множества факторов, таких, как наличие вывалов над перекрытием и их размер, предыстория, напряжённо - деформированное состояние пород кровли и угольного массива, влияние скорости подачи угледобывающей машины и другие.

С точки зрения теории упругости работа, затраченная на деформацию за счет действш внешних сил, рассматривается как энергия, накопленная телом и называется потенциальной энергией деформации. Потенциальная энергия  $U$  зависит только от окончательного напряженного состояния  $O'$  и не зависит от порядка приложения усилий в координатах  $x, y, z$  [1]:

$$dU = 1/2 (\sigma_x \xi_x + \sigma_y \xi_y + \sigma_z \xi_z) dx dy dz.$$

Для решения информационной задачи требуется нахождение способов измерения сил потенциальной энергии и поддержания параметров, обеспечиваюпдк устойчивое нагруженное состояние объекта.

Поскольку в любом объекте можно путем измерений находить местоположение равнодействующей сил, действующих на объект, то можно решать с достаточной для практики точностью задачу выдачи рекомендаций, обеспечивающих оптимальное нагруженное состояние упругого объекта.

Таким образом, для определения нагруженного состояния необходим контроль параметров силы: опорных реакций конструкций, равнодействующей сил, а также местоположение сил в моменты времени, характеризующие координаты объектов технологического процесса. Последнее может быть учтено параметрами положения и скорости перемещения механизмов.

используемые в дальнейшем. Напряженно - деформированным будем называть объект (НДО), находящийся во взаимодействии с контролируемой средой и являющийся составной частью оборудования типовых технологий, состояние которого можно охарактеризовать параметрами приложенных со стороны среды сил и их производных в заданных координатах и времени функционирования. При этом, под оптимальным будем понимать устойчивое нагруженное состояние объекта, при котором не происходит нарушение процесса его функционирования, а выполнение технологического цикла обеспечивается по заданному закону.

Для поддержания устойчивого состояния необходимо познать и идентифицировать механизм взаимодействия объекта со средой и информационно - измерительной системой. Механизмом оптимального взаимодействия назовем техническое решение, обеспечивающее конструктивно - функционально - технологическое единство объекта на основе встроенных в объект датчиков нагрузки (ДН) и информационно - измерительной системы, определяющей параметры объекта в соответствии с целевой математической моделью. Выявление механизма взаимодействия возможно только при всестороннем исследовании и глубоком анализе характеристик НДО.

На основании стендовых и шахтных испытаний, когда одновременно с записью нагрузок на секциях крепи в забое визуальное фиксировалось местоположение комбайна в процессе выемочного цикла, получены циклограммы, в результате обработки которых очевидно, что переходные процессы, происходящие в призабойном пространстве сказываются на нагруженном состоянии консоли. Оэс. 1).

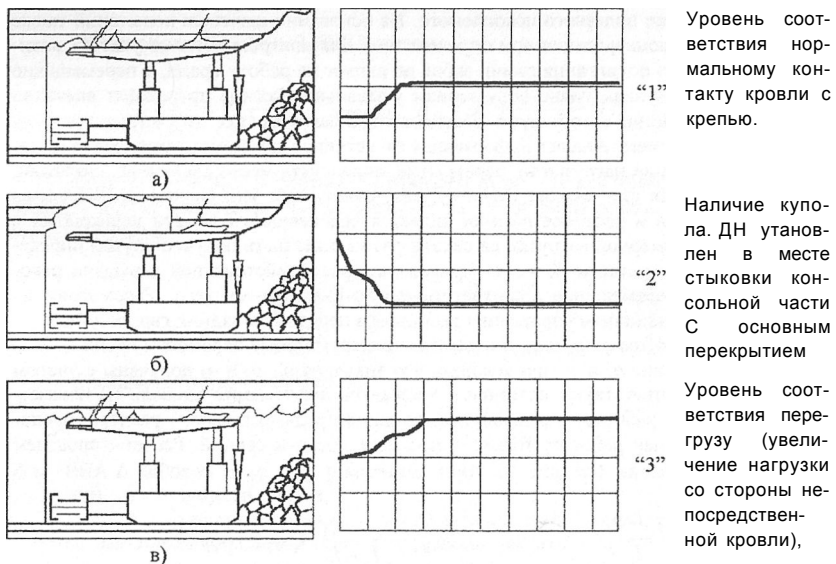


Рис. 1 Идентифицированные ситуации нагруженного состояния консоли

Нагруженное состояние консоли можно идентифицировать следующим образом: консоль находится в нормальном контакте с породами кровли (рис. 1, а), что соответ-

вует цифре "1" в состоянии отсутствия контакта (рис.1,б)- "0" и перегруза (рис.1, в) - "2". Эти состояния нагрузок на консоль, с учетом масштаба снимаемых прибором показаний имеют ощутимый разброс, позволяющий легко их фиксировать, при этом "0" соответствует значениям напряжения: (0,4 - 1,2 )В; "1" - (1,2 - 2,5) В и "2" - (2,5 - 3) В.

По показаниям датчиков можно судить о характере нагрузок на консоль.

Проведенные шахтные испытания показали необходимость более точного, по сравнению с существующим, способа контроля местоположения комбайна относительно секций крепи и возможность идентификации нагруженного состояния цифровыми значениями, что значительно упростит построение информационно измерительной системы (ИИС). Установка датчиков на консольной части решает поставленную задачу, но для обеспечения контроля нагруженного состояния всей секции недостаточна. Рассмотрим эту возможность с использованием трех датчиков нагрузки.

С помощью датчиков нагрузки, установленных в месте стыковки консольной части перекрытия (Д1) и в местах стыковки стоек с перекрытиями (Д2, Д3), подключаемых к блоку питания БП с элементами искрозащиты Е (см. рис. 2) и соответствующей аппаратуры, выполненной в виде микропроцессорного преобразователя МП, связанного с микроЭВМ, расположенной на распределительном пункте РП, можно определить: 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 нагрузок 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 месте отсутствия контакта кровли с перекрытием. Анализ информации от датчиков позволяет устанавливать характер распределения нагрузки на перекрытие, определять место аварийных ситуаций, наличие перегрузов или сводов. Поэтому, важнейшим при управлении нагруженным состоянием кровли 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 в соответствующую смежную систему. 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  $U$ . Найдем значения  $q_1$  и  $q^*$  при условии, что значений  $q_0$ ,  $q_2$  и  $q_3$  получены с учетом деформаций и соответствуют истинным, а характер деформации консоли не показан. Крепь в основном работает в режиме поддержания предварительного распора, предохранительный клапан работает только в процессе посадки секций. Расчеты проведем для 1м ширины секции, (см. рис. 2). Имея значения  $q_1, q_2$  и  $q_3$  из подобия А АВВ1 и А ВСС1, получим:

$$\frac{q_2 - q_1}{l_2 - l_1} = \frac{q_1 - q_0}{l_1}, \quad \text{откуда} \quad q_0 = q_1 - \frac{q_2 - q_1}{l_2 - l_1} \cdot l_1 \quad \text{при допущении, что} \quad q_0 > 0.$$

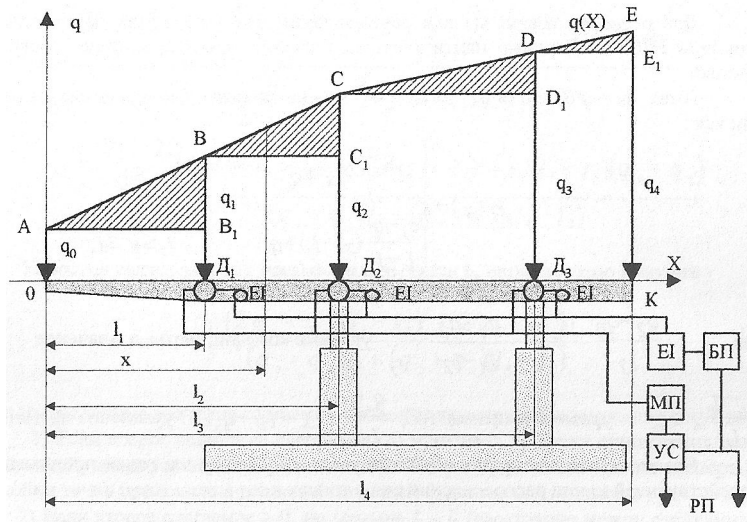


Рис. 2 - Метод определения местоположения равнодействующей сил

Из подобия  $\Delta C D_1 C_1$  и  $\Delta D E E_1$ , имеем :

$$\frac{q_4 - q_3}{l_4 - l_3} = \frac{q_3 - q_2}{l_3 - l_2}, \quad \text{откуда} \quad q_4 = q_3 + \frac{q_3 - q_2}{l_3 - l_2} \cdot (l_4 - l_2), \quad \text{при } q_4 > 0.$$

Если  $q_0 < 0$  и  $\alpha < 0$ , 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 
$$P = \frac{q_0 + q_2}{2} l_2 + \frac{q_2 + q_4}{2} (l_3 - l_2)(a+b)$$

Для решения задачи выдачи рекомендаций для 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 :

$$q(x) = \begin{cases} \frac{q_2 - q_0}{l_2} x + q_0, & 0 \leq x \leq l_2 \\ \frac{q_4 - q_2}{l_4 - l_2} (x - l_2) + q_2, & l_2 \leq x \leq l_4 \end{cases}, \quad (2)$$

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  $x$  :

$$x_c = \frac{\int_0^{l_4} x q(x) dx}{\int_0^{l_4} q(x) dx}, \quad (3)$$

где  $\int_0^{l_4} q(x) dx$  - равнодействующая сил.

Подставляем формулу (2) в (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 U.

Решив каждый из интегралов, получим :

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

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

Упростив выражение (5), 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 распознать следующие ситуации:

1) Если второе слагаемое в формуле (6) меньше 0, то тспса приложения равнодействующей находится перед передней стойкой. При увеличении усилия распора любой стойки точка приложения равнодействующей будет смещаться назад.

2) Если второе слагаемое  $> 0$ , но меньше  $h - h$  расстояние между стойками), то при увеличении распора на передней стойке, точка приложения равнодействующей будет сдвигаться вперед, а при увеличении усилия распора на задней стойке (в пределах допустимого), точка приложения равнодействующей будет сдвигаться назад к завальной части (но находится между стойками).

3) Если второе слагаемое больше значения  $l_3 - l_2$ , то при увеличении усилия 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).

**Выводы.** На основании приведенного метода определения равнодействующей сил с помощью реализации ИИС на базе микропроцессорной техники обеспечивается анализ ситуаций нагруженного состояния секций механизированной крепи с реальным временем. Имея массивы показаний датчиков  $A(i,j), m$ , конструктивных параметров  $L(i,i), m$ , шага установки секций  $K(<), m$ , можно с помощью приведенных математических моделей решать задачу определения и управления нагруженным состоянием крепей любых видов в процессе взаимодействия их с вмещающими породами.

#### Литература

1. Мухшвили Н.И. Некоторые основные задачи математической теории упругости. - : Наука, 1966. 707 с.
2. А.с. jNai273593 СССР, E 21 D 23/12. Способ контроля состояния секции механизированной крепи / Чичикало Н.И., Винниченко Н.Г., Бюл.№44. 4с. опубл.30 11.82