

## ТЕХНОЛОГИЯ МАШИНОСТРОЕНИЯ

**УДК 622.28**

**А.С. Князев, Л.Т. Дворников**

### **К ВОПРОСУ О КИНЕТОСТАТИЧЕСКОМ ИССЛЕДОВАНИИ МЕХАНИЗМОВ С ПОДВИЖНЫМИ ПРИВОДАМИ НА ПРИМЕРЕ СЕКЦИЙ МЕХАНИЗИРОВАННЫХ КРЕПЕЙ**

В настоящее время при угледобыче широкое применение имеют высокопроизводительные шнековые очистные комбайны, оснащенные специальными механизированными крепями, способными защищать рабочее пространство забоя от обрушения кровли выработки и обеспечивать продвижение всего очистного комплекса во фронт угольного пласта. Механизированный комплекс создается из отдельных секций, в состав которых входит минимальный комплект элементов крепи: гидродомкрат, поддерживающее звено и звено ограждения [1].

Секции механизированных крепей относят к высоконагруженным и ответственным элементам комплекса, от работоспособности и прочности которых зависит безопасность рабочего персонала и оборудования, находящегося в забое.

Ниже на примере трехпорной конструкции секции механизированной крепи (рис. 1a) показан метод её кинематического и силового анализа. Секция состоит из 5 подвижных звеньев: приводного гидроцилиндра 1, поршня со штоком 2, звена поддержки 3, первого коромысла 4 и второго коромысла 5 ограждения. Сверху на крепь действует нагрузка от разрушенной горной породы  $q$ .

При включении в работу гидроцилиндра 1, в поршневую полость подается под давлением жид-

кость – техническое масло, что обеспечивает движение поршня со штоком 2 относительно гидроцилиндра, при этом, вся механическая система крепи приходит в движение и удерживает кровлю и разрушенную породу. Гидроцилиндр с поршнем получают при этом два движения, некоторый поворот собственно гидроцилиндра 1 относительно неподвижной опоры и поступательное смещение поршня 2 со штоком относительно гидроцилиндра 1. В связи с наличием этого сложного движения, «прямым» методом – от звена 1 и далее решить вопрос кинематики невозможно. Воспользуемся «обратным» (ложным) методом [2], задавая движение выходному звену, а именно второму коромыслу 5. Ложное смещение шарнира  $E - S_E$ , перпендикулярно линии ЕН, соединяющей шарнир  $E$  с опорой  $H$ . Отложим это смещение на плане смещений (рис. 1b) в произвольном масштабе. Имея в виду, что структура  $GDEH$  представляет собой шарнирный четырехзвенник, определим смещение шарнира  $D$  через систему уравнений

$$\begin{cases} \overline{S_D} = \overline{S_E} + \overline{S_{DE}}, \\ \overline{S_D} = \overline{S_G} + \overline{S_{DG}}, \end{cases}$$

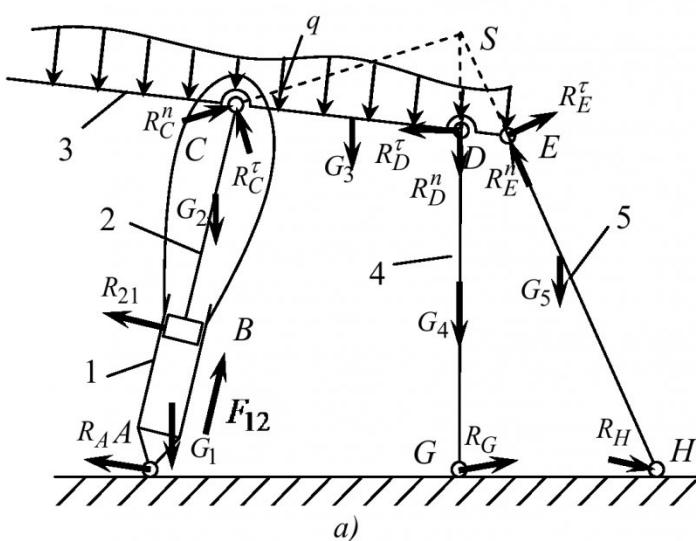
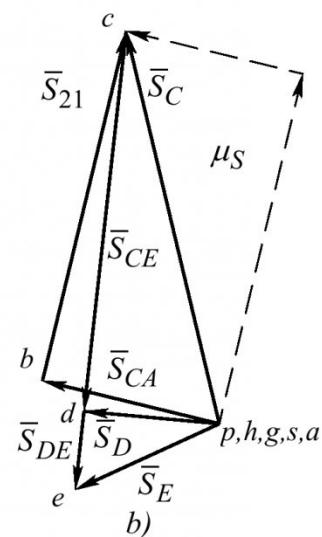


Рис. 1. План смещений и схема механизма с приложенными силами и определяемыми реакциями



где  $\overline{S_{DE}} \perp DE$ ;  $\overline{S_G} = 0$  и  $\overline{S_{DG}} \perp DG$ . Решая эту систему графически, находим смещение  $\overline{S_D}$ . Далее, по смещениям шарниров  $E$  и  $D$  звена 3 можно найти смещение шарнира  $C$  из пропорции

$$\frac{S_{CE}}{S_{DE}} = \frac{l_{CE}}{l_{DE}}; \Rightarrow S_{CE} = \frac{l_{CE}}{l_{DE}} \cdot S_{DE},$$

где  $l_{CE}$  и  $l_{DE}$  длины звеньев  $CE$  и  $DE$  соответственно.

Найденное смещение шарнира  $C$  может быть разложено на две составляющие –  $\overline{S_{CA}} \perp CA$  (это смещение шарнира  $C$  в перпендикулярном к нему направлении относительно неподвижной опоры  $A$ ) и  $\overline{S_{21}} \parallel CA$  (это фактическое заданное движение в гидроцилиндре, которое возникает при подаче рабочей жидкости и принуждает к движению всю конструкцию в целом). такого построения становится возможным определить масштаб смещений  $\mu_S = \frac{S_{21}}{l_{bc}}$  построенного плана.

После нахождения смещений всех звеньев появляется возможность силового исследования секции. Необходимо учесть, что смещения в единицу времени малы, а, следовательно, и ускорения и силы инерции пренебрежимо малы, и ими можно пренебречь.

В случае, если исследуемая система получит движения, которые целесообразно оценивать со значительными изменениями скоростей, задача будет иметь решение и с учетом сил инерций.

Силовое исследование секции механизированной крепи начнем с выделения в составе механизма групп звеньев, обладающих нулевой подвижностью, т.е. статически определимых групп. Таковой статически определимой группой является группа звеньев 2, 3, 4 и 5. Эти 4 звена соединены между собой и с неподвижной опорой в 6 кинематических пар, в которых неизвестными являются величины сил и направлений реакций. Для каждого из звеньев цепи составим по 3 уравнения равновесия, что обеспечит возможность определения всех неизвестных реакций.

Для решения конкретной задачи: - из уравнений сумм моментов сил относительно точек  $G$  и  $H$  звеньев 4 и 5 определяются тангенциальные составляющие реакций в шарнирах  $D$  и  $E$  ( $R_D^\tau, R_E^\tau$ )

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ремизов, А.В. Горношахтное оборудование для добычи угля подземным способом / А.В. Ремизов, П.В. Егоров, А.И. Жаров и др. – Кемерово: Кузбассвязиздат, 2004. – 292 с.
2. Левитский, Н.И. Теория механизмов и машин. – М.: Наука, 1979. – 576 с.

Авторы статьи

Князев  
Антон Сергеевич  
ст. преп. каф/теории и основ конструирования машин СибГИУ.  
Email: knyazev\_a.s@mail.ru

Дворников  
Леонид Трофимович  
доктор техн/ наук, проф/, зав. каф.теории и  
основ конструирования машин СибГИУ.  
Email: knyazev\_a.s@mail.ru

$$\sum_{364} M(G) = 0 \Rightarrow R_D^\tau, \sum_{365} M(H) = 0 \Rightarrow R_E^\tau.$$

На продолжении линий звеньев 4 и 5 фиксируется точка  $S$ , которая для звена 3 является мгновенным центром поворота. Относительно точки  $S$  нормальные составляющие реакций в шарнирах  $D$  и  $E$  не дают моментов, что позволяет найти тангенциальную составляющую реакции в шарнире  $C$

$$\sum_{363} M(S) = 0 \Rightarrow R_C^\tau.$$

Из уравнения векторной суммы сил, действующих на звено 2, могут быть найдены реакции  $\overline{R}_C^n$  и  $\overline{R}_{21}$

$$\sum_{362} \overline{F} = 0 \Rightarrow \overline{R}_C^n \text{ и } \overline{R}_{21}.$$

Далее составляя уравнения векторных сумм сил, действующих на звенья 3, 4 и 5, найдем неизвестные реакции  $\overline{R}_D^n, \overline{R}_E^n, \overline{R}_G$  и  $\overline{R}_H$

$$\sum_{363} \overline{F} = 0 \Rightarrow \overline{R}_D^n \text{ и } \overline{R}_E^n,$$

$$\sum_{364} \overline{F} = 0 \Rightarrow \overline{R}_G, \sum_{362} \overline{F} = 0 \Rightarrow \overline{R}_H.$$

Уравнение моментов сил относительно шарнира  $C$  для звена 2 позволяет определить плечо  $h$  реакции  $\overline{R}_{21}$  в поступательной паре  $B$

$$\sum_{362} M(C) = 0 \Rightarrow h.$$

Для поиска уравновешивающей силы  $F_{12}$ , действующей на звено 2, достаточно составить уравнение равновесия относительно оси штока  $AC$

$$\sum_{362 \text{ на } AC} \overline{F} = 0 \Rightarrow \overline{F}_{12}.$$

Что касается реакции в опоре  $A$  цилиндра 1, то она находится из условия равновесия звена 1

$$\sum_{361} \overline{F} = 0 \Rightarrow \overline{F}_A.$$

Таким образом, известные методы теории механизмов и машин позволяют проводить полное кинематическое и силовое исследование секций механизированных крепей вне зависимости от их структурной сложности.