УДК 621.01

Л.Т. Дворников, В.В. Гаряшин

КИНЕТОСТАТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПЛОСКОГО ВОСЬМИЗВЕННОГО МЕХАНИЗМА ШЕСТОГО КЛАССА С ПОСТУПАТЕЛЬНОЙ ПАРОЙ

На рис. 1 показана кинематическая схема трехщековой дробильной машины, включающей неподвижную щеку *9*, основную *6* и промежуточную *5* подвижные щеки, соединённые в шарнир, приводной кривошип *1*, трехпарное опорное звено *4*, выполненное в виде третьей подвижной щеки. При этом, основная *6* и промежуточная *5* подвижные щеки дробильной машины, трехпарное опорное звено *4*, поводки *7* и *3*, а также трехшарнирный шатун *2* образуют между собой шестизвенный замкнутый изменяемый контур.

Задачей кинетостатического исследования является определение реакций во всех кинематических парах механизма, возникающих при движении механизма. Скорости и ускорения в дробильных машинах весьма малы, поэтому силами инерции, по крайней мере на первом этапе инженерных расчетов, можно пренебречь. В рамках данной статьи покажем, как определить реакции во всех кинематических парах механизма, возникающих под действием усилий дробления F_i и сил веса звеньев G_i.

Решить эту задачу можно в соответствии с [1], рассмотрев отдельно шестизвенную плоскую группу Ассура, образованную соединением звеньев *2*, *3*, *4*, *5*, *6* и *7* в замкнутый изменяемый контур.

Прежде всего, рассмотрим силы, действующие на звено *6* в его соединениях со звеньями *5* (шарнир *E*) и *7* (шарнир *F*). Составим для этих звеньев уравнения моментов относительно шарниров *D* и *H* и из них найдем тангенциальные составляющие реакций R_E^τ и R_F^τ в шарнирах *E* и *F*

$$\sum_{звено5} M(D) = 0, \Rightarrow R_E^\tau;$$

$$\sum_{звено7} M(H) = 0, \Rightarrow R_F^\tau.$$

Найдем на звене *6* точку пересечения перпендикуляров к тангенциальным составляющим реакций R_E^τ и R_F^τ, называемую точкой точкой Ассура звена *6.*, и обозначим её как S_6. Она замечательна тем, что через эту точку проходят направления нормальных составляющих реакций R_E^n и R_F^n, и они не дают относительно неё моментов. На этом основании из уравнения моментов сил относительно точки S_6 $\sum_{звено6} M(S_6) = 0$ при всех известных силах, приложенных к звену *6*, может быть найдена тангенциальная составляющая реакции $R_{O_3}^\tau$ в шарнире O_3. На этом этапе исследования найти полные реакции в шарнирах *F*, *E* и O_3 не представляется возможным.

Рассмотрим далее равновесие звена *2*. Как и ранее, найдем тангенциальные составляющие реакции в шарнирах *B* и *H* из уравнений

$$\sum_{звено3} M(C) = 0, \Rightarrow R_B^\tau; \quad \sum_{звено7} M(F) = 0, \Rightarrow R_H^\tau.$$

У звена *2* точка Ассура S_2 находится на пере-

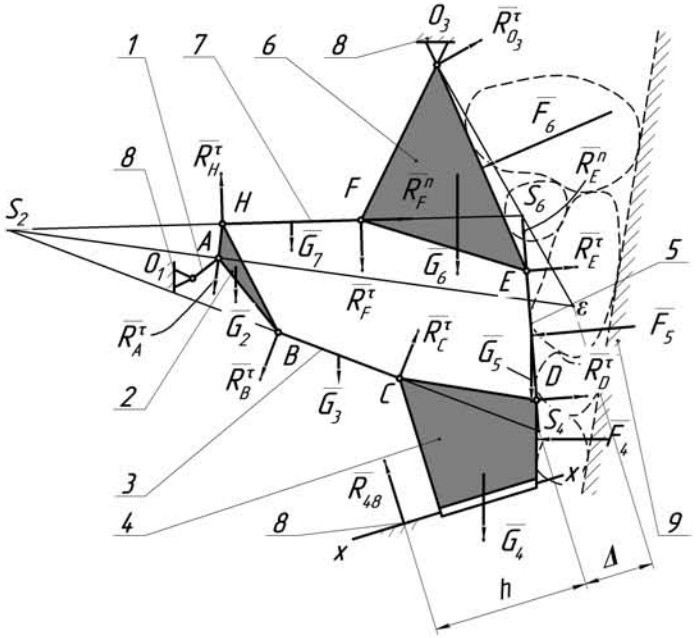

Рис. 1. Схема трехщековой дробильной машины

сечении перпендикуляров к реакциям R_B^τ и R_H^τ, т.е. на продолжении направлений звеньев *3* (*BC*) и *7* (*HF*). Из суммы моментов относительно точки S_2 для звена *2*

$$\sum_{звено2} M(S_2) = 0, \Rightarrow R_A^\tau$$

становится возможным найти тангенциальную составляющую реакции R_A^τ в шарнире *A*.

Оставляя ненайденными нормальные составляющие реакций R_B^n, R_H^n и R_A^n, перейдем к рассмотрению трехпарного звена *4*, одна из кинематических пар которого является поступательной. Из уравнений моментов сил, действующих на звенья *3* и *5* найдем тангенциальные составляющие реакций в шарнирах *C* и *D*

$$\sum_{звено3} M(B) = 0, \Rightarrow R_C^\tau; \quad \sum_{звено5} M(E) = 0, \Rightarrow R_D^\tau.$$

Так как третья пара звена *4* (соединяющая это звено со стойкой) является поступательной, воспользоваться приемом, использованным для звеньев *6* и *2*, нельзя. В поступательной паре *4-8* известным является направление реакции R_{48}. Эта реакция перпендикулярна линии перемещения ползуна *4* относительно стойки, то есть линии *xx*. Величина этой реакции и точка её приложения требуют определения каким-то иным способом. Сориентируем реакцию R_{48} относительно особых точек группы, в качестве таких выберем точку Ассура звена *4* – S_4 и ещё одну точку, которая находится на пересечении перпендикуляров к тангенциальным составляющим реакций в шарнирах O_3 и *A*. Эти перпендикуляры пройдут через точки Ассура S_6 и S_2 и пересекутся в точке ε.

Если рассмотреть всю шестизвенную группу $ABCDEO_3FH$, то эта система статически определима, как любая группа Ассура. Реакции в шарнирах *B*, *C*, *D*, *E*, *F* и *H* для группы являются внутренними силами и они в этих шарнирах взаимоуравновешиваются. На этом основании относительно точки ε можно составить уравнение моментов для группы звеньев *2-7* в виде $\sum_{2-7} M(\varepsilon) = 0$, в которое войдут все внешние силы весов звеньев, усилия дробления а также реакции в парах O_3, *4-8* и *A*, т.е. $R_{O_3}^\tau$, R_{48} и R_A^τ.

Плечи реакций $R_{O_3}^\tau$ и R_A^τ известны – это отрезки εO_3 и εA, построенные в масштабе μ_l. Что касается реакции R_{48}, её плечо относительно ε складывается из двух участков – Δ и h, причем Δ также определяется из построения, а h – искомая величина.

Запишем последнее уравнение в виде

$$\sum F_i + \sum G_i + R_{O_3}^\tau \cdot l_{\varepsilon O_3} + \\ + R_A^\tau \cdot l_{\varepsilon A} + R_{48} \cdot (\Delta + h) = 0 \qquad (1)$$

В этом уравнении две неизвестные – R_{48} и h, т.е. решить его нельзя. Воспользуемся ещё уравнением равновесия звена *4* относительно точки Ассура S_4 этого звена

$$\sum_{звено4} M(S_4) = 0.$$

В него войдут известные M_{G4} и M_{F4}, а также $M_{F48} \cdot h$, то есть.

$$M_{G4} + M_{F4} + M_{F48} \cdot h = 0. \qquad (2)$$

Совместное решение уравнений (1) и (2) позволит найти как величину реакции R_{48}, так и расстояние h до точки ее приложения. После определения реакции R_{48}, методом планов сил по векторному уравнению

$$\sum_{звено4} \vec{F} = \vec{R}_C^\tau + \vec{R}_C^n + \vec{R}_{48} + \vec{G}_4 + \vec{F}_4 + \vec{R}_D^\tau + \vec{R}_D^n = 0$$

находятся полные реакции в шарнирах *C* и *D*

$$\vec{R}_C = \vec{R}_C^\tau + \vec{R}_C^n \text{ и } \vec{R}_D = \vec{R}_D^\tau + \vec{R}_D^n.$$

С учетом этих полных реакций из векторных уравнений сумм сил, действующих на звенья *3* и *5*, находим полные реакции в шарнирах *B* и *E*, используя которые, можно из аналогичных уравнений для звеньев *6*, *7* и *2* найти полные реакции в шарнирах O_3, *F*, *H* и *A*. По известной реакции R_A из условия равновесия звена *1* становится можно найти реакцию в шарнире O_1, а также уравновешивающий момент M_y, приложенный к звену *1*, чтобы привести в движение весь механизм.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Дворников, Л.Т.* Структура, кинематическое и силовое исследование плоских шарнирных групп Ассура: Монография / Л.Т. Дворников, С.П. Стариков. – СибГИУ. – Новокузнецк, 2010. – 198с.

□Авторы статьи:

Дворников
Леонид Трофимович,
докт.техн. наук, проф., зав. каф. теории механизмов и машин и основ конструирования.(СибГИУ, г. Новокузнецк).Email: tmmiok@yandex.ru

Гаряшин
Владимир Владимирович,
аспирант .(Сибирский гос. индустриальный университет, г. Новокузнецк).
Email: grsh@pochta.ru