

РАСЧЕТ И КОНСТРУИРОВАНИЕ МАШИН

620.10

ИССЛЕДОВАНИЕ КИНЕМАТИКИ И КИНЕТОСТАТИКИ ПЛОСКОЙ ШАРНИРНОЙ ШЕСТИЗВЕННОЙ ГРУППЫ АССУРА С ЧЕТЫРЕХУГОЛЬНЫМ ЗАМКНУТЫМ ИЗМЕНЯЕМЫМ КОНТУРОМ

Д-р техн. наук, проф. Л.Т. Дворников, бакалавр С.П. Стариков

Рассматривается задача кинематического и кинетостатического решения плоской шестизвонной шарнирной группы Ассур с четырехугольным замкнутым изменяемым контуром. Задача решается графо - аналитическим методом, через построение плана скоростей и планов сил. Отметим, что до настоящего времени задача кинематического и кинетостатического исследования такой группы не была решена.

In the given work it is considered kinematics and kinetostatics the decision flat six-section group of Assur of the fourth class with quadrangular closed changeable contour. The problem is solved by means of grapho-analytical method, through construction of the plan of speeds and forces. It should be noticed that the problem of kinematics and kinetostatics investigation of such group has not been solved up to the present days.

В последние годы повышается интерес к использованию в реальных механических системах сложных групп Ассур, в т.ч. шестизвонных. Возможности таких механизмов - уникальны. Можно привести примеры, подтверждающие сказанное. Естественно, важными становятся задачи кинематического и кинетостатического исследования вышеупомянутых групп. Нами изложен метод кинематического и силового исследования одной из шестизвонных групп (рис. 1). Это- группа с четырехугольным замкнутым изменяемым контуром 6ГА6 (по классификации предложенной Э.Е. Пейсахом в своей статье [1, стр. 16]).

Кинематического исследования её до настоящего времени не публиковалось, хотя хорошо известно, что любые группы Ассур – системы, разрешимые кинематически и кинетостатически. Авто-

рам, по их мнению, удалось решить до конца поставленную задачу.

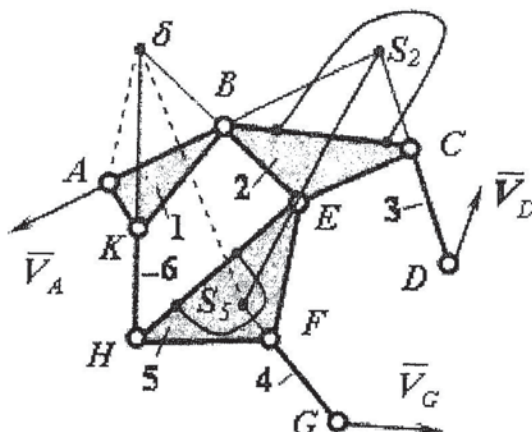


Рис. 1. Шестизвенная группа с четырехугольным замкнутым изменяемым контуром (6ГА6)

В основу исследования положен известный метод, основанный на нахождении так называемых точек Ассур.

Обратимся к кинематическому разрешению группы. Известными скоростями являются скорости трех выходов группы, а именно точек A , D и G . Прежде всего, найдем скорость точки, принадлежащей ко второму звену - точки Ассур S_2 , лежащей на пересечении линий, продолжающих сторону AB звена 1 и поводка CD . Скорость точки S_2 определится из зависимостей

$$\begin{cases} \overline{V}_{S_2} = \overline{V}_A + \overline{V_{BA}} + \overline{V_{S_2B}}, \\ \overline{V}_{S_2} = \overline{V}_D + \overline{V_{CD}} + \overline{V_{S_2C}}, \end{cases}$$

$$\overline{V_{BA}} + \overline{V_{S_2B}} \perp BA, \quad \overline{V_{CD}} + \overline{V_{S_2C}} \perp CD.$$

Зная скорость точки S_2 , можно найти скорость точки Ассур S_5 , принадлежащей к звену 5 и лежащей на пересечении продолжений линий ES_2 и FG

$$\begin{cases} \overline{V}_{S_5} = \overline{V}_G + \overline{V_{FG}} + \overline{V_{S_5F}}, \\ \overline{V}_{S_5} = \overline{V}_{S_2} + \overline{V_{ES_2}} + \overline{V_{S_5E}}, \end{cases}$$

$$\overline{V_{FG}} + \overline{V_{S_5F}} \perp FG, \quad \overline{V_{ES_2}} + \overline{V_{S_5E}} \perp ES_2.$$

Дальнейшее решение требует рассмотрения фрагмента исследуемой группы, показанного на рис. 2 в виде четырехзвенника с замкнутым изменяемым контуром $KBEH$.

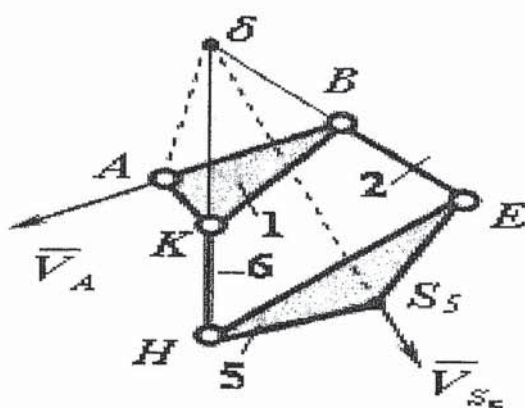


Рис. 2. Фрагмент шестизвенной группы 6ГА6 в виде четырехзвенной группы с четырехугольным замкнутым изменяемым контуром КВЕН

Воспользуемся известным из [2] решением подобной группы. Для этого, на продолжениях линий звеньев *BE* и *KH* найдем точку их пересечения δ - это особая точка, она является одновременно точкой Ассура и для звена 1, и для звена 5. Скорость точки δ может быть найдена по скоростям точек *A* и *S₅* из уравнений

$$\begin{cases} \vec{V}_\delta = \vec{V}_{S_5} + \vec{V}_{\delta S_5}, \\ \vec{V}_\delta = \vec{V}_A + \vec{V}_{\delta A}, \end{cases}$$

$$\vec{V}_{\delta S_5} \perp \delta S_5, \quad \vec{V}_{\delta A} \perp \delta A.$$

После нахождения скорости точки δ , скорости всех остальных точек четырехзвенника *K, B, E* и *H* определим по зависимостям:

$$\begin{cases} \vec{V}_K = \vec{V}_A + \vec{V}_{KA}, \\ \vec{V}_K = \vec{V}_\delta + \vec{V}_{K\delta}, \\ \vec{V}_{KA} \perp KA, \\ \vec{V}_{K\delta} \perp K\delta, \end{cases} \quad \begin{cases} \vec{V}_B = \vec{V}_A + \vec{V}_{BA}, \\ \vec{V}_B = \vec{V}_K + \vec{V}_{BK}, \\ \vec{V}_{BA} \perp BA, \\ \vec{V}_{BK} \perp BK, \end{cases} \quad \begin{cases} \vec{V}_E = \vec{V}_B + \vec{V}_{EB}, \\ \vec{V}_E = \vec{V}_{S_5} + \vec{V}_{ES_5}, \\ \vec{V}_{EB} \perp EB, \\ \vec{V}_{ES_5} \perp ES_5, \end{cases} \quad \begin{cases} \vec{V}_H = \vec{V}_K + \vec{V}_{HK}, \\ \vec{V}_H = \vec{V}_E + \vec{V}_{HE}, \\ \vec{V}_{HK} \perp HK, \\ \vec{V}_{HE} \perp HE. \end{cases}$$

Далее обратимся к исследуемой шестизвенной группе в целом (рис. 1), где неизвестными остаются скорости точек *C* и *F*. Они будут вычислены по зависимостям:

$$\begin{cases} \vec{V}_C = \vec{V}_B + \vec{V}_{CB}, \\ \vec{V}_C = \vec{V}_D + \vec{V}_{CD}, \\ \vec{V}_{CB} \perp CB \\ \vec{V}_{CD} \perp CD \end{cases}, \quad \begin{cases} \vec{V}_F = \vec{V}_E + \vec{V}_{FE}, \\ \vec{V}_F = \vec{V}_G + \vec{V}_{FG}, \\ \vec{V}_{FE} \perp FE \\ \vec{V}_{FG} \perp FG. \end{cases}$$

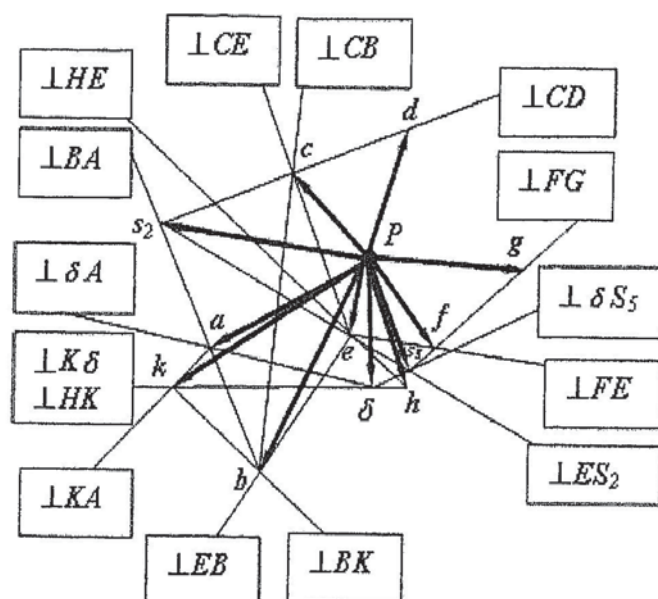


Рис. 3. План скоростей шестизвенной группы 6ГА6

После составления вышеприведенных кинематических уравнений, определяющих скорости всех точек группы, по ним можно построить план скоростей (рис. 3). На нем показаны векторы скоростей для всех точек группы и направления всех проведенных линий плана. Построенный план позволяет также найти все относительные скорости точек группы, что дает возможность определить угловые скорости всех звеньев.

Прежде чем перейти к исследованию кинетостатики рассматриваемой группы, сформулируем и докажем следующую теорему:

Если в трехшарнирном звене известны тангенциальные составляющие сил реакций во всех трех кинематических парах и если перпендикулярные к ним направления не пересекаются в одной точке, то известными являются и полные реакции во всех кинематических парах.

Рассмотрим трехшарнирное звено (рис. 4), в котором известны все тангенциальные составляющие реакций в кинематических парах: \bar{R}_Q^τ , \bar{R}_L^τ и \bar{R}_N^τ .

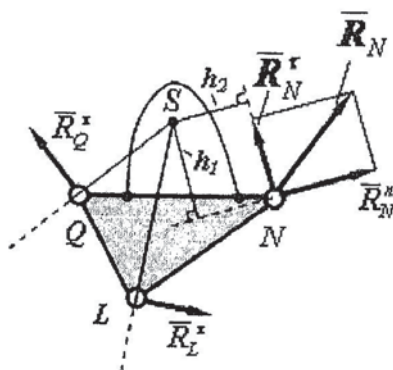


Рис. 4. Силовой анализ трехшарнирного звена

При известных составляющих реакций в кинематических парах, оказываются известными и направления нормальных составляющих этих реакций. Фиксируем точку S на пересечении продолжений направлений нормальных составляющих реакций в парах Q и L . Она принадлежит рассматриваемому звену и, следовательно, относительно нее можно найти сумму моментов сил, действующих на звено,

$$\sum_{\text{звена}} M(S) = 0, \quad (1)$$

и из этого уравнения найти неизвестную реакцию \bar{R}_N'' , т.к. \bar{R}_N^r определена, и нам известно ее направление, т.е. плечи h_1 и h_2

Все внешние силы и силы инерции считаются известными.

После определения составляющей реакции R_N'' , может быть найдена полная реакция \bar{R}_N из условия $\bar{R}_N = \bar{R}_N^r + \bar{R}_N''$.

Далее, из уравнения суммы сил действующих на трехшарнирное звено, можно легко установить нормальные составляющие реакций в шарнирах Q и L

$$\sum_{\text{звена}} \bar{F} = 0 \Rightarrow \bar{R}_Q'' \text{ и } \bar{R}_L''.$$

Складывая геометрически составляющие реакций в парах Q и L $\bar{R}_Q^r + \bar{R}_Q'' = \bar{R}_Q$ и $\bar{R}_L^r + \bar{R}_L'' = \bar{R}_L$, определим полные реакции в шарнирах Q и L (\bar{R}_Q и \bar{R}_L), т.е. сформулированная теорема доказана

Силовое решение всей группы 6ГА6 (рис. 5) представляет следующий алгоритм:

- Отыскание двухпарных звеньев группы (поводков) и определение тангенциальных составляющих реакций в шарнирах поводков;
- Отыскание трехпарных звеньев с двумя поводками и через точку Ассур определения тангенциальных составляющих реакций в свободном от поводка шарнире;
- Применение к треугольному звену, в котором известны все тангенциальные составляющие реакций, теоремы о реакциях в трехшарнирном звене;

Дальнейшее решение - вполне очевидно.

Обратимся непосредственно к кинетостатическому исследованию плоской шестизвенной группы Ассур с четырехугольным замкнутым изменяемым контуром (рис. 5).

Прежде всего, рассмотрим равновесие всех двух свободных поводков, входящих в группы DC и GF . Составим уравнения сумм моментов, относительно кинематических пар C и F

$$\sum_{\text{звено 3}} M(C) = 0,$$

$$\sum_{\text{звено 4}} M(F) = 0,$$

определим соответственно тангенциальные составляющие реакций в кинематических парах D и G (\bar{R}_{D3}^x и \bar{R}_{G4}^x).

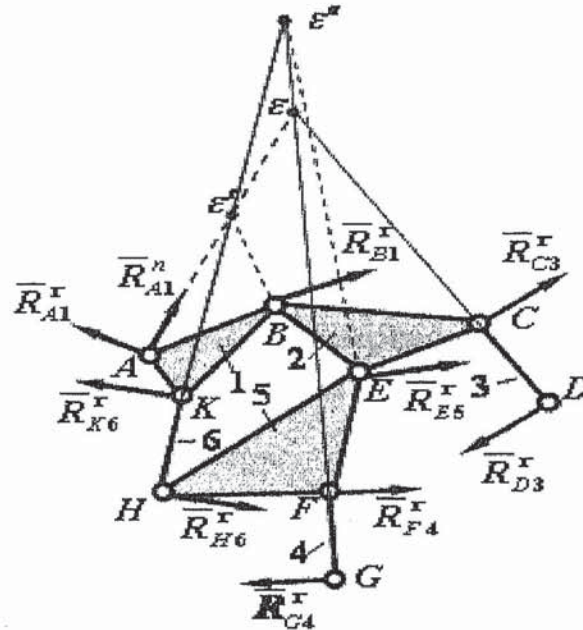


Рис. 5. Кинестатический анализ шестизвенной группы 6ГА6

Далее на продолжении поводков FG и CD зафиксируем точку их пересечения – ϵ . Составляя уравнение суммы моментов сил относительно точки ϵ для всей группы, определим тангенциальную составляющую реакции в шарнире A (направив составляющую перпендикулярно линии соединения точек ϵ и A , а нормальную составляющую реакции - вдоль этой линии)

$$\sum_{\text{группа}} M(\epsilon) = 0 \Rightarrow \bar{R}_{A1}^x.$$

Выделяя поводок 6 и составляя для него уравнение суммы моментов сил, относительно кинематической пары H

$$\sum_{\text{звено 6}} M(H) = 0,$$

определим тангенциальную составляющую реакции в кинематической паре K (\bar{R}_{K6}^x).

На продолжении поводка KH и линии $A\epsilon$, фиксируем точку их пересечения – ϵ' . Составляя уравнение суммы моментов сил относительно точки ϵ' для звена 1, определим тангенциальную составляющую реакции в шарнире B , направив тангенциальную составляющую перпендикулярно линии

соединяющей точки ε' и B

$$\sum_{\text{звено 1}} M(\varepsilon') = 0 \Rightarrow \bar{R}_{B1}^r.$$

Рассмотрим равновесие двух свободных поводков, входящих в группу DC и GF . Составим уравнения сумм моментов, относительно кинематических пар D и G

$$\begin{aligned} \sum_{\text{звено 3}} M(D) &= 0, \\ \sum_{\text{звено 4}} M(G) &= 0, \end{aligned}$$

определим соответственно тангенциальные составляющие реакций в кинематических парах C и F (\bar{R}_{C3}^r и \bar{R}_{F4}^r).

После этого, на продолжении поводков FG и KH зафиксируем точку их пересечения $-\varepsilon''$. Составление уравнения суммы моментов сил относительно точки ε'' для звена 5 , позволит определить тангенциальную составляющую реакции в шарнире E , направление ее перпендикулярно линии, соединяющей точки ε'' и E

$$\sum_{\text{звено 5}} M(\varepsilon'') = 0 \Rightarrow \bar{R}_{E5}^r.$$

Выделив звено 2 , и применив к нему теорему о реакциях в трехшарнирном звене, определим все полные реакции в шарнирах E , B и C (\bar{R}_E , \bar{R}_B и \bar{R}_C).

Рассматривая далее равновесие поводка CD ,

$$\sum_{\text{звено 3}} \bar{F} = 0,$$

найдем полную реакцию в точке D (\bar{R}_D).

Из уравнения суммы сил, действующих на звено 1

$$\sum_{\text{звено 1}} \bar{F} = 0,$$

Найдем полные реакции в точках A и K (\bar{R}_A и \bar{R}_K).

Далее выделяя поводок KH , составив для него уравнение суммы сил и приравняв его к нулю

$$\sum_{\text{звено 6}} \bar{F} = 0,$$

найдем полную реакцию в точке H (\bar{R}_H).

Аналогично поступим с поводком GF . Векторное уравнение суммы сил действующих на поводок

$$\sum_{\text{звено 4}} \bar{F} = 0,$$

позволит определить полную реакцию в точке G (\bar{R}_G).

После этого можно рассмотреть трехпарное звено 5 . Из векторной суммы сил для этого звена определим полную реакцию в шарнире F (\bar{R}_F). $\sum_{\text{звено 5}} \bar{F} = 0$,

Таким образом, сложная шестизвенная группа Ассур с четырехугольным замкнутым изменяемым контуром (6ГА6) кинематически и кинетостатически оказывается вполне разрешимой.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Э.Е. Пейсах. Атлас структурных схем восьмизвенных плоских шарнирных механизмов // Теория Механизмов и Машин, №1, т. 4, 2006. - с. 3-17.
2. Дворников Л. Т. О кинематической разрешимости плоской четырехзвенной группы Ассур четвертого класса графо - аналитическим методом, Известия ВУЗов, «Машиностроение», №12, 2004. - с 9-15.

534.11 ; 621.923.5

ДИНАМИКА ПРОЦЕССА ХОНИНГОВАНИЯ И ЕЕ ВЛИЯНИЕ НА ПОГРЕШНОСТИ ФОРМЫ ПРИ ОБРАБОТКЕ ОТВЕРСТИЙ

Канд. техн. наук, доц. С.А.ВОРОНОВ, инж. О.А.БОБРЁНКОВ

Разработана модель процесса хонингования отверстий с заданной первоначальной погрешностью формы поверхности. Численно анализируется процесс исправления погрешности формы отверстий в процессе обработки. Вал инструмента схематизируется как вращающийся безмассовый стержень, передающий вращение оправке хона с упруго закрепленными на нем режущими и направляющими брусками. Силы резания моделируются как силы трения, зависящие от нормального давления на контактной поверхности, снятие припуска при прохождении режущих брусков поверхности моделируется согласно гипотезе Престона. При движении брусков вследствие колебаний вала и оправки силы резания меняются, что может привести как к исправлению погрешностей формы, так и к ее ухудшению. Проводится анализ влияния технологических параметров на интегральные критерии качества обработки.

The sample piece of process of a honing of apertures with the set initial error of the molding box of a surface is developed. Process of correction of an error of the molding box of apertures during treatment is numerically analyzed. The shaft of the tool is schematized as rotating безмассовый a core transferring{transmitting} rotation to a mandrel хона with is elastic fixed on it{him} cutting and directing брусками. Forces of cutting are modelled as the friction forces depending on normal pressure on a contact surface. Removal of an allowance at passage cutting bars surfaces is modelled according to a hypothesis of Preston. At bars movement owing to fluctuations of a shaft and a mandrel of force of cutting vary, that