

Г.У.УАЛИЕВ, С.У.ДЖОЛДАСБЕКОВ,
Б.ЖУРСЕНБАЕВ, А.САРБАСОВ

МНОГОКРИТЕРИАЛЬНЫЙ СИНТЕЗ ПОДЪЕМНЫХ МЕХАНИЗМОВ

Создание новых конструкций подъемных машин связано с многокритериальным синтезом. В результате многокритериального синтеза спроектированный по заданным законам движения подъемный механизм должен удовлетворять дополнительным габаритным ограничениям и комплексу динамических условий.

Поиски ученых и конструкторов в области универсализации машин до сих пор не дали результатов, что позволяет к основным тенденциям в развитии подъемно-транспортного машиностроения отнести:

- улучшение конструкций существующих видов грузоподъемных устройств за счет применения новых сортов легированных сталей;
- улучшение технологии изготовления звеньев, выбора форм сечения звеньев.

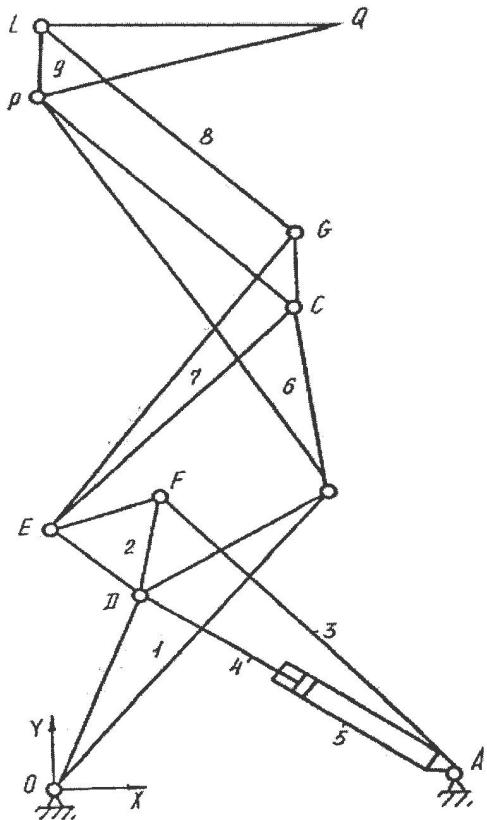


Рис. 1 Кинематическая схема подъемника

Если коснуться проблем исследования называемых машин, то следует сказать, что конструкторы проектировали и проектируют такие механизмы на основе экспериментальных данных при помощи моделей и опытных образцов, используя методы конечных элементов, применения ЭВМ и САПР [1] и на основе мегасистемного метода [2]. Созданные на основе структурно-кинематического синтеза принципиально новые конструкции подъемных машин и манипуляционных устройств, должны удовлетворять габаритным ограничениям и динамическим условиям.

В данной работе в результате многокритериального синтеза [3] определяем структурную схему и метрические параметры нового подъемника (рис 1), удовлетворяющего габаритным ограничениям и комплексу динамических условий, снижающих их энерго- и материалоемкость.

Синтезированный исполнительный механизм (ИМ) подъемника, кроме обеспечения заданного закона движения рабочей площадки, должен удовлетворить габаритным ограничением и комплексу динамических условий, снижающих их энерго- и материалоемкость.

Многокритериальный синтез ИМ подъемника по кинематическим, силовым и габаритным критериям основан на минимизации функционала

$$Q = F + \alpha_1 G + \alpha_2 K, \quad (1)$$

где F , G , и K – силовой, габаритный и кинематический критерий; α_1 и α_2 – весовые коэффициенты.

Силовой и габаритный критерий имеет вид

$$F = \max \sum_{i=1}^N \|R_{ii}\|^2, \quad (2)$$

$$G = \max_t \sum_{i=1}^N \left[(O, X_u - X_H)^2 + (O, Y_u - Y_H)^2 + (O, X_B - X_u)^2 + (O, Y_B - Y_u)^2 \right], \quad (3)$$

где R_t – силы реакции в t -ой кинематической паре; X_H, Y_H и X_B, Y_B – координаты нижней и верхней точек звеньев ИМ подъемника, ограничивающих его габаритные размеры.

Функционал (1) минимизируется методом штрафных функций.

Получены значения параметров синтеза ИМ подъемника.

На синтезированный ИМ подъемника подана заявка на инновационный патент.

Итак, получим контур ОДА и запишем его в виде уравнения замкнутости

$$l_{\text{op}} e_{\text{op}} = l_{\text{id}} e_{\text{id}} = l$$

представим в виде

$$l_{AD} e_{AD} = l_{OD} e_{OD} - l_{OA} e_{OA}. \quad (5)$$

$$\varphi_{OD} = \varphi_{OA} + \arccos \frac{l_{OD}^2 + l_{OA}^2 - l_{AD}^2}{2l_{OD}l_{OA}}, \quad (6)$$

Зная угол φ_{OD} , находим координаты шарниров Д и В

$$\begin{bmatrix} X_D \\ Y_D \end{bmatrix} = l_{OD} \begin{bmatrix} \cos \varphi_{OD} \\ \sin \varphi_{OD} \end{bmatrix},$$

$$\begin{bmatrix} X_B \\ Y_B \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \varphi_{OD} & -\sin \varphi_{OD} \\ \sin \varphi_{OD} & \cos \varphi_{OD} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} x_B \\ y_B \end{bmatrix} \quad (7)$$

$$\text{Тогда } \varphi_{AD} = \arctg \frac{Y_D - Y_A}{X_D - X_A} \quad (8)$$

из векторного уравнения замкнутости контура АДЕ

$$l_{AF} \bar{e}_{AF} + l_{FD} \bar{e}_{FD} - l_{AD} \bar{e}_{AD} = 0 \quad (9)$$

имеем

$$\varphi_{AF} = \varphi_{AD} + \arccos \frac{l_{AF}^2 + l_{AD}^2 - l_{FD}^2}{2l_{AF}l_{AD}}; \quad (10)$$

Тогда

$$\begin{bmatrix} X_F \\ Y_F \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_A \\ Y_A \end{bmatrix} + l_{AF} \begin{bmatrix} \cos \varphi_{AF} \\ \sin \varphi_{AF} \end{bmatrix},$$

$$\varphi_{FD} = \arctg \frac{Y_D - Y_F}{X_D - X_F} \quad (11)$$

$$\begin{bmatrix} X_E \\ Y_E \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_F \\ Y_F \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \cos \varphi_{FD} & -\sin \varphi_{FD} \\ \sin \varphi_{FD} & \cos \varphi_{FD} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} X_E \\ Y_E \end{bmatrix}; \quad (12)$$

Рассматривая векторные уравнения замкнутости контура ЕВС

$$l_{EB} \bar{e}_{EB} + l_{BS} \bar{e}_{BC} - l_{EC} \bar{e}_{EC} = 0,$$

получим

$$\varphi_{EC} = \varphi_{EB} + \arccos \frac{l_{EB}^2 + l_{EC}^2 - l_{BC}^2}{2l_{EB}l_{EC}}, \quad (13)$$

где

$$l_{EB} = \sqrt{(X_B - X_E)^2 + (Y_B - Y_E)^2},$$

$$\varphi_{EB} = \arctg \frac{Y_B - Y_E}{X_B - X_E}.$$

Тогда

$$\begin{bmatrix} X_C \\ Y_C \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_E \\ Y_E \end{bmatrix} + l_{EC} \begin{bmatrix} \cos \varphi_{GL} \\ \sin \varphi_{GL} \end{bmatrix}, \quad (14)$$

$$\varphi_{BC} = \arctg \frac{Y_C - Y_B}{X_C - X_B};$$

Запишем векторное уравнение замкнутости контура GPL

$$l_{GP} \bar{e}_{GP} + l_{PL} \bar{e}_{PL} - l_{GL} \bar{e}_{GL} = 0 \quad (15)$$

Откуда получим

$$\varphi_{GL} = \varphi_{GP} + \arccos \frac{l_{GP}^2 + l_{GL}^2 - l_{PL}^2}{2l_{GP}l_{GL}},$$

где

$$l_{GP} = \sqrt{(X_P - X_G)^2 + (Y_P - Y_G)^2}$$

$$\varphi_{GP} = \arctg \frac{Y_P - Y_G}{X_P - X_G}.$$

Тогда

$$\begin{bmatrix} X_L \\ Y_L \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_G \\ Y_G \end{bmatrix} + l_{GL} \begin{bmatrix} \cos \varphi_{GL} \\ \sin \varphi_{GL} \end{bmatrix}, \quad (16)$$

$$\varphi_{PL} = \arctg \frac{Y_L - Y_P}{X_L - X_P};$$

Зная координаты шарниров исследуемого ИМ подъемника в абсолютной системе ОХҮ и координаты x_{Si}, y_{Si} центров масс S_i ($i=1,9$) звеньев в системах координат соответствующих звеньев, определим координаты центров масс звеньев в абсолютной системе ОХҮ:

$$\begin{bmatrix} X_{S1} \\ Y_{S1} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \varphi_{OD} & -\sin \varphi_{OD} \\ \sin \varphi_{OD} & \cos \varphi_{OD} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} x_{S1} \\ y_{S1} \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} X_{S2} \\ Y_{S2} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_F \\ Y_F \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \cos \varphi_{FD} & -\sin \varphi_{FD} \\ \sin \varphi_{FD} & \cos \varphi_{FD} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} x_{S2} \\ y_{S2} \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} X_{S3} \\ Y_{S3} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_A \\ Y_A \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \cos \varphi_{AF} & -\sin \varphi_{AF} \\ \sin \varphi_{AF} & \cos \varphi_{AF} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} x_{S3} \\ y_{S3} \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} X_{S4,5} \\ Y_{S4,5} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_A \\ Y_A \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \cos \varphi_{AD} & -\sin \varphi_{AD} \\ \sin \varphi_{AD} & \cos \varphi_{AD} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} x_{S4,5} \\ y_{S4,5} \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} X_{S6} \\ Y_{S6} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_B \\ Y_B \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \cos \varphi_{BC} & -\sin \varphi_{BC} \\ \sin \varphi_{BC} & \cos \varphi_{BC} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} x_{S6} \\ y_{S6} \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} X_{S7} \\ Y_{S7} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_E \\ Y_E \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \cos \varphi_{EC} & -\sin \varphi_{EC} \\ \sin \varphi_{EL} & \cos \varphi_{EL} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} x_{S7} \\ y_{S7} \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} X_{S8} \\ Y_{S8} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_G \\ Y_G \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \cos \varphi_{GL} & -\sin \varphi_{GL} \\ \sin \varphi_{GL} & \cos \varphi_{GL} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} x_{S8} \\ y_{S8} \end{bmatrix}$$

$$\begin{bmatrix} X_{S9} \\ Y_{S9} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_P \\ Y_P \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \cos \varphi_{PL} & -\sin \varphi_{PL} \\ \sin \varphi_{PL} & \cos \varphi_{PL} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} x_{S9} \\ y_{S9} \end{bmatrix}$$

ЛИТЕРАТУРА

- Кудрявцев Е.М. Основы автоматизации проектирования машин. М.: Машиностроение, 1993. 334 с.
- Клашанов Ф.К. Проектирование строительной техники на основе мегасистемного метода. Мат. междунар. научн. техн. конф. Интерстроймех, 2008, Владимир, 2008. стр. 132–137.
- Джолдасбеков У.А. Теория механизмов высоких классов. Алматы: Фылым, 2001. 427 с.

Резюме

Көтергіш машиналардың жана құрылғыларын жо-
балау көпмақсатты синтезben байланысты. Көтергіш
машиналардың құрылымдық схемалары мен параметр-
лері жетекші және шығыс буындарының, яғни жұмыс-
шы органдары қозғалысының берілген зандары бойын-
ша жасалған көпмақсатты синтез нәтижесінде табыла-
ды. Қозғалыстың берілген зандары бойынша көпмақсат-
ты синтез нәтижесінде жасалған көтергіш механизм
қосымша габариттік шектеулерді және динамикалық
шарттарды қанағаттандыруы тиіс.

Summary

The methods for multi-criterial synthesis of devices mechanism are developed. According to these methods the structural and metric parameters are simultaneously defined by the given input and output motions. The methods for multi-criterial synthesis of devices mechanism by the kinematic, power and gabarit criterion are developed.

*Институт механики и машиноведения
им. академика У.А.Джолдасбекова, г. Алматы,
Атырауский инженерно-гуманитарный
институт, г. Атырау* *Поступила 27.04.2010 г.*