

ки E_3 . Ускорение ползуна 5 может быть найдено через систему векторных уравнений

$$\begin{cases} \overline{\overline{a_{E_3}}} = \overline{\overline{a_{E_3}}} + \overline{\overline{a'_{E_3E_3}}}, & \overline{\overline{a'_{E_3E_3}}} \parallel yy, \\ \overline{\overline{a_{E_3}}} = \overline{\overline{a_{E_3P}}}, & \overline{\overline{a_{E_3P}}} \parallel pp. \end{cases}$$

Вектор $\overline{\overline{a'_{E_3E_3}}}$ откладывается от точки e_3 параллельно yy до пересечения в точке e_5 с линией, проведенной из полюса параллельно pp .

По тангенциальным ускорениям $\overline{\overline{a'_{CB}}}$, $\overline{\overline{a'_{CF}}}$,

$\overline{\overline{a'_{FG}}}$ (отрезки $\overline{\overline{nn'}}$, $\overline{\overline{zz'}}$, $\overline{\overline{kk'}}$ на плане) определяются угловые ускорения звеньев 2, 3 и 4 (рис.1)

$$\varepsilon_2 = \frac{\overline{\overline{nn'}} \cdot \mu_a}{l_{BC}}, \quad \varepsilon_3 = \frac{\overline{\overline{zz'}} \cdot \mu_a}{l_{CF}}, \quad \varepsilon_4 = \frac{\overline{\overline{kk'}} \cdot \mu_a}{l_{GF}}.$$

Таким образом, механизм с перекатывающимся рычагом, выполненным с двумя высшими парами, имеет полную кинематическую разрешимость.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Артоболевский И.И. Механизмы в современной технике т. II. М.: Наука, 1971. 1007 с.
2. 2514322, С1 RU, МПК F16H 21/16. Механизм с перекатывающимся рычагом/ Дворников Л. Т., Максимова Е.Н. – № 2012155035; заяв. 18.12.2012. – Опубл. 27.04.2014, Бюл. № 12 – 4 с.; 1 ил.

Авторы статьи

<p>Дворников Леонид Трофимович, д.т.н., профессор, зав.каф.теории и основ конструирования машин СибГИУ, e-mail: maksimovaen06@mail.ru</p>	<p>Максимова Екатерина Николаевна, аспирант каф. теории и основ кон- струирования машин СибГИУ , e-mail: maksimovaen06@mail.ru</p>
--	---

УДК 62-121

О.М. Яскевич

ОПИСАНИЕ И ВОЗМОЖНОЕ ПРИМЕНЕНИЕ ПРОСТРАНСТВЕННОГО НЕАССУРОВА МЕХАНИЗМА

При проектировании механических систем, классическим способом синтеза кинематических цепей является принцип построения механизмов по Ассуру [1], заключающийся в том, что к ведущему звену, называемому «простым кривошипом», обладающему единичной подвижностью ($W=1$), присоединяется группа звеньев, подвижность которой равна нулю ($W_e=0$), эти механизмы называются ассуровыми. Синтез кинематических цепей по Ассуру не рассматривает многообразие механических систем, приводимых в движение неодноподвижным входным звеном. Такие механизмы называются *неассуровыми* механизмами [2], так как они не распадаются на группу Ассура и ведущее звено.

Присоединяемые к ведущему звену цепи неассуровых механизмов оказываются цепями отрицательной подвижности, а именно $W_e=-1$ – если на входе принимается двухподвижная пара, $W_e=-2$ при использовании трехподвижной пары, $W_e=-3$ при четырехподвижной входной паре и $W_e=-4$ при пятиподвижной входной паре.

Неассуровы механизмы уникальны тем, что входным звеньям задается единственное определенное движение, а остальные подвижности они приобретают в процессе взаимодействия с другими звеньями цепи. На рис. 1 изображена кинематическая схема одного из таких механизмов, за-

щищенного патентом [3]. Его сущность заключается в том, что задавая входному звену 2 единственное поступательное движение S , выходное звено 4 совершает колебательные движения в трех различных плоскостях классического декартового пространства.

Механизм состоит из четырех звеньев – стойки-гидроцилиндра 1, поршня со штоком 2, шатуна 3, и пространственного коромысла 4, три из которых являются подвижными ($n=3$).

Структурная особенность неассурова механизма выражается в том, что входное звено – поршень со штоком 2 входит со стойкой в двухподвижную кинематическую пару (p_4), которая позволяет поршню со штоком совершать поступательное перемещение S , и поворачиваться на угол ϕ_1 (рис.1.а).

Поступательное перемещение задается поршню со штоком 2 рабочим агентом (жидкостью), подаваемым в поршневую, а затем и штоковую область гидроцилиндра. Шатун 3 связан со стороны штока 2 и со стороны пространственного коромысла 4 во вращательные кинематические пары пятого класса p_5 (шарниры). Пространственное коромысло 4 соединено со стойкой 1 в сферическую кинематическую пару третьего класса p_3 .

Подвижность пространственных механических систем определяется по формуле Малышева

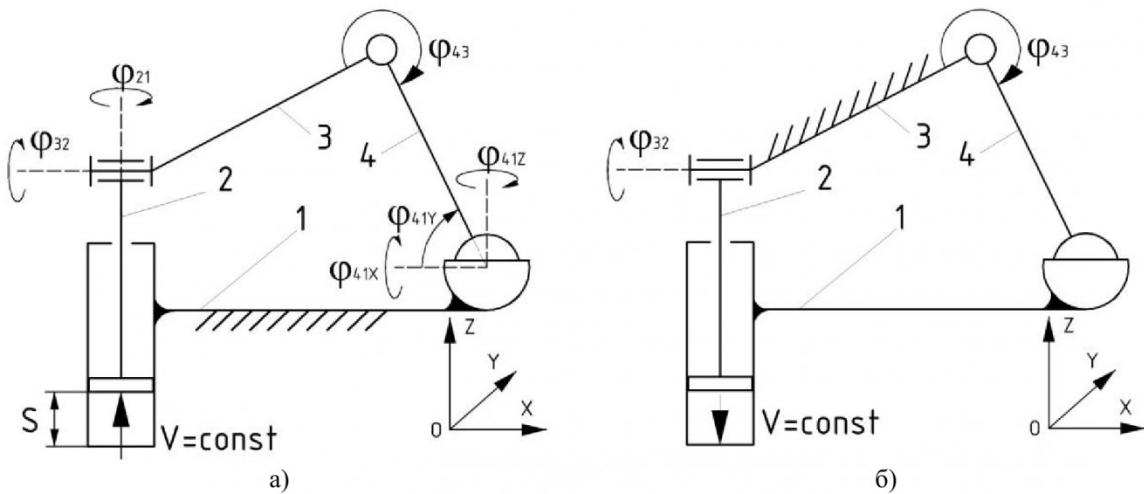


Рис. 1. Кинематическая схема механизма и неизвестные переменные (а), кинематическая схема для определения переменных φ_{32} , и φ_{43} (б)

А.П. [4] и записывается в виде

$$W = 6n - 5p_5 - 4p_4 - 3p_3 - 2p_2 - p_1, \quad (1)$$

где n – число подвижных звеньев;

p_5, p_4, p_3, p_2, p_1 – числа кинематических пар V, IV, III, II и I класса соответственно.

Подставив значения $n=3$, $p_5=2$, $p_4=1$ и $p_3=1$ формула (1) принимает вид

$$W = 6 \cdot 3 - 5 \cdot 2 - 4 \cdot 1 - 3 \cdot 1 = 1.$$

Положение звеньев механизма определяется семью независимыми параметрами, схематично изображенными на рисунке 1.а, а именно:

- поступательным смещением S и поворотом поршня 2 относительно стойки 1 на угол φ_{21} ;
- поворотом шатуна 3 относительно поршня 2 на угол φ_{32} ;
- поворотом коромысла 4 относительно шатуна 3 на угол φ_{43} ;
- тремя переменными углами φ_{41X} , φ_{41Y} и φ_{41Z} , характеризующими вращение сферической кинематической пары относительно осей X , Y и Z соот-

ветственно, совместно эти три угла определяют поворот коромысла 4 относительно стойки 1.

Для того, чтобы решить задачу о положениях рассматриваемого неассурова механизма необходимо определить закон изменения всех неизвестных параметров.

Расчет неизвестных параметров можно произвести в системе автоматизированного проектирования T-Flex.

Моделируя механизм в среде T-Flex, проявились существенные трудности при изучении относительного движения звеньев механизма. Дело в том, что среда T-Flex рассматривает движение звеньев механизма только относительно главной системы координат $Oxyz$ (рис.1.а), и нет возможности сразу определить углы поворота звеньев, не связанных со стойкой (φ_{32} , и φ_{43}).

Для решения этой задачи стойка выполняется в виде единого звена и ориентируется по направлению главных осей координат $Oxyz$. С помощью

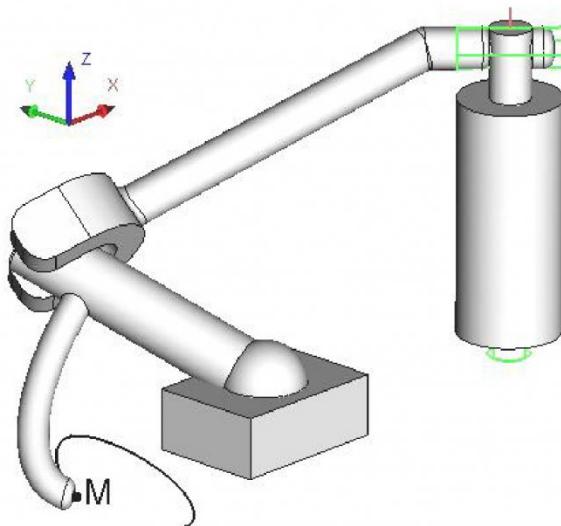


Рис. 2. Траектория выходного звена

схемы, изображенной на рис.1.а мы можем определить углы (ϕ_1 , ϕ_{4X} , ϕ_{4Y} , и ϕ_{4Z}) т.к. вращение происходит в плоскостях, определенных главной системой координат ($Oxyz$).

Угол поворота поршня ϕ_{21} , определяется вращением звена 2 относительно оси Z;

угловые характеристики движения сферической кинематической пары ϕ_{41X} , ϕ_{41Y} и ϕ_{41Z} определяются вращением звена 4 относительно трех осей (X, Y, и Z соответственно).

Для того, чтобы определить углы (ϕ_{32} , и ϕ_{43}) необходимо связать их с неподвижной системой координат, т.е. взять за стойку шатун 3, сохранив при этом циклограмму движения поршня. Кинематическая схема рассматриваемого случая изображена на рис.1.б. В этом случае углы ϕ_{32} , и ϕ_{43} определяются следующим образом.

Угол поворота шатуна 3 относительно поршня 2 (ϕ_{32}), определяется вращением звена 2 относительно оси X;(рис.1.б);

угол поворота шатуна 3 относительно коромысла 4 (ϕ_{43}), определяется вращением звена 4 относительно оси Y (рис.1.б);

Однако, программной средой T-Flex непосредственно углы поворота звеньев, даже относительно главной системы координат, не определяются. Программа сразу выводит графики угловых скоростей рассматриваемых звеньев. Для того чтобы решить задачу о положениях, необходимо произвести операцию графического интегрирования над полученными графиками угловых скоростей.

Данная операция достаточно подробно рассмотрена во многих учебниках курса теории механизмов и машин [5].

Решив задачу о положениях рассматриваемого

механизма можно определить траекторию выходного звена. Точка M принадлежит коромыслу 4, и при поступательном движении поршня со штоком 2 воспроизводит пространственную кривую, по которой движется выходное звено 4. На рис. 2 наглядно представлена трехмерная модель, созданная в среде T-Flex и траектория точки M, которая располагается в трех плоскостях декартовой системы координат.

Пространственная кривая выходного звена может использоваться во многих отраслях промышленности, а именно в механизмах ориентации заготовок, работающих на конвейерном производстве, дозаторах сыпучих или жидких тел, разливочных устройствах, аппаратах точечной сварки на конвейерах машиностроения для позиционирования рабочего органа сварочной машины, а также для других подобных целей.

Конструктивно решается и обратная задача, а именно размеры звеньев могут быть подобраны так, чтобы точка M описывала желаемую траекторию. Например, при определенном соотношении звеньев, траектория точки M выродится в окружность.

Таким образом, рассматриваемый механизм может стать простой и дешевой альтернативой сложным дорогостоящим роботам-манипуляторам, используемым на производстве для позиционирования или воспроизведения пространственных кривых.

Конструктивной особенностью рассмотренного механизма является возможность получения пространственного движения выходного звена при задании единственного поступательного движения входному звену.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ассур, Л.В. Исследование плоских стержневых механизмов с низшими парами с точки зрения их структуры и классификации [Текст] / Л.В. Ассур. – М.: АН СССР, 1952. – 529 с.
2. Дворников, Л.Т. Основы всеобщей (универсальной) классификации механизмов/ Л.Т. Дворников // Теория механизмов и машин. – 2011. – № 2(9).
3. Патент РФ № 248486. Пространственный смесительный механизм / Дворников Л.Т. Яскевич О.М. – 2012104940; заявл. 13.02.2012; опубл. 20.06.2013, Бюл. №17.
4. Малышев, А.П. Анализ и синтез механизмов с точки зрения их структуры [Текст] / А.П. Малышев // Известия Томского технол. ин-та. – 1929. – Вып. 44. – 78 с.
5. Машинев М.М., Красковский Е.Я., Лебедев П.А. Теория механизмов и машин и детали машин. – Л.: Машиностроение 1980. – 512 с.

Автор статьи

Яскевич

Олег Михайлович

аспирант каф. теории и основ конструирования машин (Сибирский государственный индустриальный университет)

E-mail Yaskevich_omm@mail.ru