

М. О. САТКАЛИЕВА

ЗАДАЧА КИНЕМАТИЧЕСКОГО СИНТЕЗА ПРОСТРАНСТВЕННОГО НАПРАВЛЯЮЩЕГО ДВУХПОДВИЖНОГО МЕХАНИЗМА V КЛАССА В ВИДЕ СИСТЕМЫ АЛГЕБРАИЧЕСКИХ УРАВНЕНИЙ

При исследовании и проектировании пространственных шарнирно-рычажных механизмов высоких классов широко используется многочлены.

Рассмотрим задачу синтеза пространственно-направляющего двухподвижного механизма V класса общего вида в соответствии с рисунком по заданным положениям входных звеньев 1 и 7

$$\varphi_{1i} = \varphi_1(t_i), \quad \varphi_{7i} = \varphi_7(t_i) \quad (1)$$

и выходных точек T_1, T_2 соответственно шатунных звеньев 3, 5

$$X_{T1i} = X_{T1}(t_i), \quad Y_{T1i} = Y_{T1}(t_i), \quad Z_{T1i} = Z_{T1}(t_i),$$

$$i = \overline{1,4}.$$

$$X_{T2i} = X_{T2}(t_i), \quad Y_{T2i} = Y_{T2}(t_i), \quad Z_{T2i} = Z_{T2}(t_i),$$

$$i = \overline{1,4} \quad (2)$$

Для решения задачи синтеза кинематической цепи $DENM$ механизма по заданным положениям выходной точки T_2 звена 5 (EN), в котором приближающая окружность точки N радиусом $l_{NM} = l_{6\phi}$ с центром в точке M звена 6 (NM) опре-

деляется как линия пересечения сферы с координатами X_{M1}, Y_{M1}, Z_{M1} и плоскости, удобно использовать выражения взвешенных разностей [1].

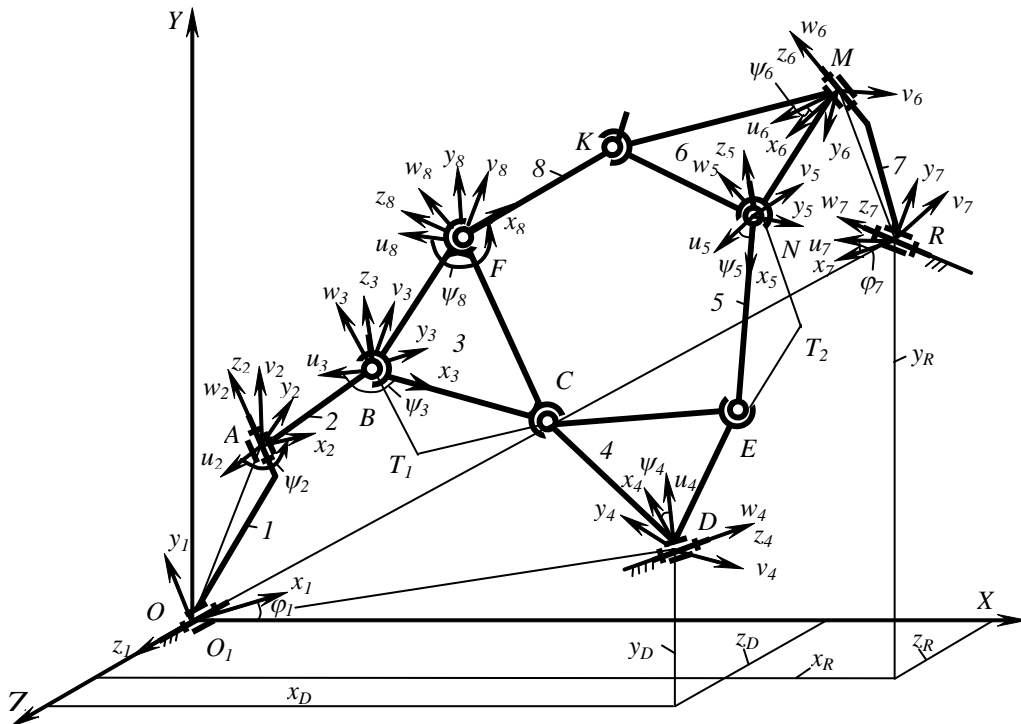
$$\Delta q = l_6^2 - l_{6\phi}^2, \quad (3)$$

$$\Delta q_i = ax_{5Ni} + by_{5Ni} + cz_{5Ni} - 1 = 0, \quad (4)$$

где $l_{6\phi}$ – расстояние между точками N звена 5 и M_1

$l_{6\phi}^2 = (X_{M1} - X_{Ni})^2 + (Y_{M1} - Y_{Ni})^2 + (Z_{M1} - Z_{Ni})^2$,
 a, b, c – коэффициенты уравнения приближающей плоскости.

$X_{M1}, Y_{M1}, Z_{M1}, X_{Ni}, Y_{Ni}, Z_{Ni}$ – соответствующие координаты точек M_1 (центра сферы) и N звена 5 (EN) в абсолютной системе координат $OXYZ$. По условию синтеза координаты точки N звена 5 (EN), которому принадлежат локальные координаты выходной точки T_2 , в абсолютной системе координат $OXYZ$ определяются с использованием обобщенного метода символи-



ческих обозначений преобразования координат [2] в виде

$$\begin{aligned} X_N &= x_{5N} \cos(\psi_4 + \psi_5) + z_{5N} \sin(\psi_4 + \psi_5) + X'_N, \\ Y_N &= -y_{5N} \cos \beta_5 + Y'_N, \end{aligned} \quad (5)$$

$$Z_N = x_{5N} \sin(\psi_4 + \psi_5) - z_{5N} \cos(\psi_4 + \psi_5) + Z'_N,$$

где $X'_N = a_{04} + a_{5,4} \cos \psi_4$, $Y'_N = -b_{04} - b_{5,4}$,

$$Z'_N = c_{04} + a_{5,4} \sin \psi_4.$$

Для решения задачи синтеза представим выражения (2), (3) в виде системы алгебраических уравнений (САУ).

$$\left\{ \begin{aligned} l_1 x_1 + l_2 x_2 + l_3 x_3 + l_4 x_4 + l_5 x_5 + l_6 x_6 + l_7 x_7 &= a, \\ l_1 x_9 + l_2 x_{10} + l_3 x_{11} + l_4 x_{12} + l_5 x_{13} + l_6 x_{14} + \\ &+ l_7 x_{15} = b, \\ l_1 x_1 + l_2 (x_2 c_2 - x_{10} c_{10}) + l_3 (x_3 c_3 + x_{11} c_{11}) + \\ &+ l_4 (x_4 c_4 + x_{12} c_{12}) + l_6 (x_6 c_6 + x_{14} c_{14}) + \\ &+ l_7 (x_7 c_7 + x_{15} c_{15}) + l_8 x_8 = a, \\ l_1 x_9 + l_2 (x_{10} c_2 - x_2 c_{10}) + l_3 (x_{11} c_3 + x_3 c_{11}) + \\ &+ l_4 (x_{12} c_4 + x_4 c_{12}) + l_6 (x_{14} c_6 + x_6 c_{14}) + \\ &+ l_7 (x_{15} c_7 + x_7 c_{15}) + l_{16} x_{16} = b, \\ x_1^2 + x_9^2 = 1, \quad x_2^2 + x_{10}^2 = 1, \\ x_3^2 + x_{11}^2 = 1, \quad x_4^2 + x_{12}^2 = 1, \\ x_5^2 + x_{13}^2 = 1, \quad x_6^2 + x_{14}^2 = 1, \\ x_7^2 + x_{15}^2 = 1, \quad x_8^2 + x_{16}^2 = 1. \end{aligned} \right. \quad (6)$$

В качестве свободной неизвестной выступает x_1 , а все остальные неизвестные $x_2, x_3, x_4, x_5, x_6, x_7, x_8, x_9, x_{10}, x_{11}, x_{12}, x_{13}, x_{14}, x_{15}, x_{16}$ – в качестве главных неизвестных. Определение главных неизвестных по свободной неизвестной соответствует задаче кинематического синтеза двухподвижного механизма V класса при заданных условиях синтеза (1), (2). Отметим, что синтез геометрических параметров пространственного направляющего двухподвижного механизма V класса определяется через решения системы:

$$\left\{ \begin{aligned} x_{17} x_1 + x_{18} x_2 + x_{19} x_3 + x_{20} x_4 + x_{21} x_6 + \\ + x_{22} x_7 + x_{23} x_8 = a, \\ x_{17} x_9 + x_{18} x_{10} + x_{19} x_{11} + x_{20} x_{12} + \\ + x_{21} x_{14} + x_{22} x_{15} + x_{23} x_{16} = b, \\ x_{24} x_1 + x_{25} (x_2 x_{26} - x_{10} x_{27}) + x_{28} (x_3 x_{29} + x_{11} x_{30}) + \\ + x_{31} (x_4 x_{32} + x_{12} x_{33}) + x_{34} x_5 + x_{35} (x_6 x_{36} - x_{14} x_{37}) + \\ + x_{38} (x_7 x_{39} + x_{15} x_{40}) = a, \\ x_{24} x_9 + x_{25} (x_{10} x_{26} - x_2 x_{27}) + x_{28} (x_{11} x_{29} + x_3 x_{30}) + \\ + x_{31} (x_{12} x_{32} + x_4 x_{33}) + x_{34} x_{13} + x_{35} (x_{14} x_{36} - x_6 x_{37}) + \\ + x_{38} (x_{15} x_{39} + x_7 x_{40}) = b, \\ x_1^2 + x_9^2 = 1, \quad x_2^2 + x_{10}^2 = 1, \\ x_3^2 + x_{11}^2 = 1, \quad x_4^2 + x_{12}^2 = 1, \\ x_5^2 + x_{13}^2 = 1, \quad x_6^2 + x_{14}^2 = 1, \\ x_7^2 + x_{15}^2 = 1, \quad x_8^2 + x_{16}^2 = 1, \\ x_{26}^2 + x_{27}^2 = 1, \quad x_{29}^2 + x_{30}^2 = 1, \\ x_{32}^2 + x_{33}^2 = 1, \quad x_{36}^2 + x_{37}^2 = 1, \\ x_{39}^2 + x_{40}^2 = 1. \end{aligned} \right. \quad (7)$$

Система алгебраических уравнений (7) получена из САУ (6), если положить в качестве неизвестных $x_1, x_2, x_3, \dots, x_{40}$ геометрические параметры двухподвижного механизма V класса. К системе (7) надо добавить еще одно условие, с учетом условия синтеза параметров механизма

$$P_n(x_1, x_2, \dots, x_{40}) = 0. \quad (8)$$

Отметим, что $P_n(x_1, \dots, x_n)$ обычно является многочленом. Таким образом, система (7), (8) представляет собой также САУ.

Основная задача: следует выяснить, совместна ли система (6) или САУ (7), (8) в случае проектирования пространственного двухподвижного механизма V класса.

Отметим, что подобные задачи о совместности САУ возникают также при синтезе пространственных шарнирно-рычажных механизмов высоких классов [2]. Таким образом, в теории механизмов высоких классов актуальной является проблема выяснения совместности САУ, в которой заданы свободные и главные неизвестные.

Рассмотрим, совместна ли следующая САУ:

$$\begin{cases} P_1(x_1, \dots, x_n) = 0, \\ \dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots\dots \\ P_m(x_1, \dots, x_n) = 0, \end{cases} \quad (9)$$

где $P_i(x_1, \dots, x_n)$, $i = \overline{1, m}$ – многочлены от n переменных.

С системой (9) свяжем идеал I , порождаемый многочленами, отвечающими уравнениям системы

$$I = (P_1(x_1, \dots, x_n), P_2(x_1, \dots, x_n), \dots, P_m(x_1, \dots, x_n)).$$

Из теоремы Гильберта о нулях [3] следует, что для системы (9) многочлен $F(x_1, \dots, x_n)$ обращается в нуль на решениях данной системы тогда и только тогда, когда найдутся многочлены $r_1(x_1, \dots, x_n), \dots, r_m(x_1, \dots, x_n)$ и натуральное S для которого $F^S = r_1 P_1 + r_2 P_2 + \dots + r_m P_m$, т.е. добавление уравнений вида $F = 0$, полученных указанным способом, не изменяет множества решений данной САУ. Вторым фактом [3], который нам необходим для дальнейших целей: система (9) несовместна тогда и только тогда, когда 1 принадлежит идеалу I , порожденному системой (9) и всеми уравнениями вида $F = 0$, где $F^S = r_1 P_1 + r_2 P_2 + \dots + r_m P_m$.

Таким образом, надо выяснить: можно ли 1 представить в виде $1 = r_1 P_1 + r_2 P_2 + \dots + r_m P_m$?

Это лучше всего сделать с помощью базиса Грёбнера [3]. В каждом идеале существует базис Грёбнера и его можно построить согласно алгоритму Бухбергера:

1 шаг. Рассмотрим старшие члены многочленов P_1, P_2, \dots, P_m из САУ (9). Обозначим их через $P_{1c}, P_{2c}, \dots, P_{mc}$.

2 шаг. Найдем два многочлена P_i и P_j , которые имеют зацепления, т.е. у которых старшие члены имеют общие делители $P_{ic} = wq_1$ и $P_{jc} = wq_2$, где w – их общий делитель в виде одночлена.

3 шаг. Составим новый многочлен $S(P_i, P_j) = P_i q_2 - P_j q_1$.

4 шаг. Редуцируем многочлен $S(P_i, P_j)$ с помощью имеющегося базиса P_1, P_2, \dots, P_m . Если результат редуцирования не является нулем, то

его добавляем к имеющемуся базису. То есть к системе (9) добавляем еще одно уравнение.

5 шаг. Продолжаем процесс с 1 шага до тех пор, пока не исчерпаем все зацепления расширенной системы (9). Таким образом, за конечное число шагов строится базис Грёбнера. Затем его минимизировать и редуцировать. Известно [3], [4], что минимальный редуцированный базис Грёбнера идеала определен однозначно. Если построенный минимальный редуцированный базис Грёбнера идеала содержит ненулевую константу, то система (9) несовместна. Также по построенному базису Грёбнера можно вычислить количество решений САУ (9). В качестве примера рассмотрим применение базисов Грёбнера при синтезе параметров пространственного направляющего двухподвижного механизма V класса.

В работе [2] решение задачи интерполяционного кинематического синтеза параметров пространственного рычажного механизма высокого класса общего вида по четырем заданным входного 1 и выходного 4 звеньев получено в виде САУ

$$a_i x_1 + b_i x_2 + c_i x_3 + d_i x_4 + e_i x_1 x_3 + f_i x_2 x_3 - g_i = 0, \quad i = 1, 2, 3, 4. \quad (10)$$

где $a_i, b_i, c_i, d_i, e_i, f_i, g_i$ – некоторые числовые характеристики; x_1, x_2, x_3, x_4 – неизвестные геометрические параметры механизма.

Выберем упорядочение $x_4 > x_3 > x_2 > x_1$. Занумеруем уравнения (10) через P_1, P_2, P_3, P_4 . Зацепление P_1 и P_2 имеет вид

$$P_1 d_2 - P_2 d_1 \quad (a_1 d_2 - a_2 d_1) x_1 + (b_1 d_2 - b_2 d_1) x_2 + (c_1 d_2 - c_2 d_1) x_3 + (e_1 d_2 - e_2 d_1) x_1 x_3 + (f_1 d_2 - f_2 d_1) x_2 x_3 + (g_1 d_2 - g_2 d_1) = P_5. \quad (11)$$

Аналогично запишем зацепление $(P_1$ и $P_3)$, $(P_1$ и $P_4)$.

$$P_1 d_3 - P_3 d_1 = P_6, \quad P_1 d_4 - P_4 d_1 = P_7. \quad (12)$$

Далее устраняем зацепление $(P_5$ и $P_6)$, $(P_5$ и $P_7)$. В результате имеем P_8 и P_9 , в котором отсутствует неизвестные x_4, x_5 . После этого из зацепления P_8 и P_9 исключается x_2 . В результате кубический многочлен P_{10} зависит только от x_1 . Все вышеуказанные зацепления устранены. Таким образом, система (10) имеет конечное число

решение, так как справедлива теорема [3]: число решений системы алгебраических уравнений конечно тогда и только тогда, когда базис Грёбнера идеала I содержит элементы P_1, \dots, P_{10} , старшие члены которых являются степенями переменных x_1, \dots, x_n , соответственно. В данном случае старшие члены базиса Грёбнера имеют $d_1x_4, ax_3^2, bx_2^3, cx_1^4$, поэтому выполняются условия вышеуказанной теоремы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Артоболовский И.И., Левитский Н.И., Черкудинов С.А. Синтез плоских механизмов. М.: ГИФЛ, 1959. 1084 с.
2. Канлыбаев О. Интерполяционный синтез пространственного рычажного механизма IV класса по четырем положениям // Вестник МОН НАН РК. Алматы, 2003. Вып. 2. С. 28-36.

3. Аржанцев И.В. Базисы Грёбнера и системы алгебраических уравнений. МЦНМО, 2003, 68 с.

4. Бронштейн И.Н., Семендяев К.А. Справочник по математике. М.: Наука, 1986. 544 с.

Резюме

У класу кеңістікті бағыттаушы екі жетекшілі механизмнің кинематикалық синтез есебіне көп мүшелі алгебралық теңдеулерді пайдалану арқылы, Гребнер базисын қолданылуы көрсетілген.

Summary

The task of synthesis of geometrical parameters of a spatial guide link two-moving mechanism of V class upon four and five preset positions of output point of connecting rod using the interpolation method is solved.

Институт механики и машиноведения

У. А. им. Джолдасбекова

МОН РК

Поступила 20.01.07г.

Г. Ж. НУРМУХАНОВА

КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТЬ НАЦИОНАЛЬНОЙ ЭКОНОМИКИ: ЗАРУБЕЖНЫЙ ОПЫТ ПОДДЕРЖКИ ПРОИЗВОДИТЕЛЕЙ

Опыт развитых западных стран в области управления конкурентоспособностью национальной экономики представляет несомненный интерес, ибо вопросы создания новых конкурентоспособных отраслей неразрывно связаны со стратегией национального развития. Для нашей страны проблема сохранения конкурентных позиций на мировом рынке стоит особенно остро, так как в современных условиях в значительной степени утрачиваются те факторы, которые могли бы обеспечить рост конкурентоспособности в будущем. В связи с этим, еще большее значение приобретает та государственная политика, целью которой является наращивание конкурентоспособных отраслей экономики.

Современная рыночная экономика развитых стран мира цементируется особой детерминантой (общим функционально-движущим началом) промышленным (производственным) капиталом, который превратил товарно-денежные отношения в определяющий механизм экономического развития. Думается, в связи с этой установившейся закономерностью, что повышение национальной конкурентоспособности в Казахстане

возможны лишь на базе пропорционального преобразования сферы материального производства, а также его информационного обеспечения.

Подобные преобразования в результате должны привести, как и во всех индустриально развитых странах, к созданию смешанной экономики как единства элементов классического рынка и корпоративных структур. Государство же в этой системе призвано выполнять важнейшую функцию интегрирующего начала, обеспечивающего связь субъектов рынка в системное целое.

Основными факторами развития конкуренции в развитых странах являются инвестиции в экономику и инновационные разработки, поэтому основное внимание должно быть уделено рассмотрению методов, предполагающих создание условий для активизации инвестиционного процесса в Казахстане, создание инновационной стратегии развития НИОКР, оказание селективной поддержки преференциальных отраслей национальной экономики.

Проведение реструктуризации экономики и политики защиты конкуренции, создание национальных финансово-промышленных групп при