С.Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық университетінің **Ғылым жаршысы** (пәнаралық) = **Вестник науки** Казахского агротехнического университета им. С.Сейфуллина (междисциплинарный). - 2019. - №3 (102). - С.275-282

АППРОКСИМАЦИОННЫЙ СИНТЕЗ ПЛОСКИХ РЫЧАЖНЫХ МЕХАНИЗМОВ ПО ПОЛНОМУ ЧИСЛУ ПАРАМЕТРОВ

Дракунов[1] Ю.М. ,Суюндиков[2] А.А.
[1] КазНУ им. Аль-Фараби, [2] КазАТУ им. С.Сейфуллина,

Аннотация

В данной работе изложены теория аппроксимационного синтеза плоских механизмов, приближенно реализующих заданную программу перемещения объектов плоскопараллельного движения тела. Основное внимание уделено использованию геометрических мест точек и прямых, реализующих квадратическое приближение к различного рода кривым и поверхностям. Рассмотрены два примера.

Для решения данной задачи использованы аналитические методы синтеза, так как эти методы отличаются большим разнообразием и основываются на современных методах математики. Они обеспечивают наиболее высокую точность определения искомых величин (при правильном учёте влияющих на них факторов) в каждое мгновение времени движения механизма. С развитием быстродействующих ЭВМ значение этих методов быстро растёт и заслуживает постоянного внимания.

Ключевые слова; механизм, закон движения, передаточная функция, синтез, квадратическое приближение, кинематическая пара, подвижная плоскость, звено, связь, множитель Лагранжа, обобщенный полином.

Введение

При решении многих задач из области проектирования механизмов часто приходится определять основные размеры механизма, удовлетворяющие кинематическим требованиям, таким как выполнение заданного закона движения рабочего звена, обеспечение заданной траектории некоторой точки звена и т. д. В этом случае говорят о кинематическом синтезе. Как правило задачи синтеза являются достаточно трудными и сложными, чем и обусловлено ещё недостаточное развитие в настоящее время теории синтеза механизмов.

Материалы и методика исследований

При синтезе механизмов приходится решать три основные задачи - воспроизведение заданных передаточных функций, воспроизведение заданных траекторий движения точек и воспроизведение заданных движений твёрдого тела. Для случая большого числа заданных положений механизма $N>n$ целесообразно при кинематическом синтезе применять методы приближения функций. В теории синтеза механизмов приближающая функция получила вид так называемого “обобщённого полинома ”

$$P(t_i) = p_0 f_0(t_i) + p_1 f_1(t_i) + \ldots + p_n f_n(t_i), i = 1,2,\ldots,N, \tag{1}$$

где $p_0, p_1, \ldots, p_n$ — неизвестные коэффициенты, зависящие от параметров синтезируемого механизма; $f_0(t), f_1(t), \ldots, f_n(t)$ — линейно независимые непрерывные функции переменной t; N — число заданных положений механизма.

Рассмотрим задачу синтеза плоских рычажных механизмов, из которой при соответствующих предположениях можно решить любые из трех задач синтеза [1] . Пусть на неподвижной плоскости XOY задано движения двух подвижных плоскостей $xA_i y$ и $uD_i v$,связанных с движением входного и выходного звеньев (рис. 1) , т.е. заданы координаты и углы поворота для N положений подвижных плоскостей как функции времени t_i

$$X_{A_I} = X_{A_I}(t_i), \quad Y_{A_I} = Y_{A_I}(t_I), \quad \mathrm{j}_i = \mathrm{j}_i(t_i),$$
$$X_{D_i} = X_{D_i}(t_i), \quad Y_{D_i} = Y_{D_i}(t_i), \quad \text{у}_i = \text{у}_i(t_i), \quad i = 1,2,\ldots,N \ .$$

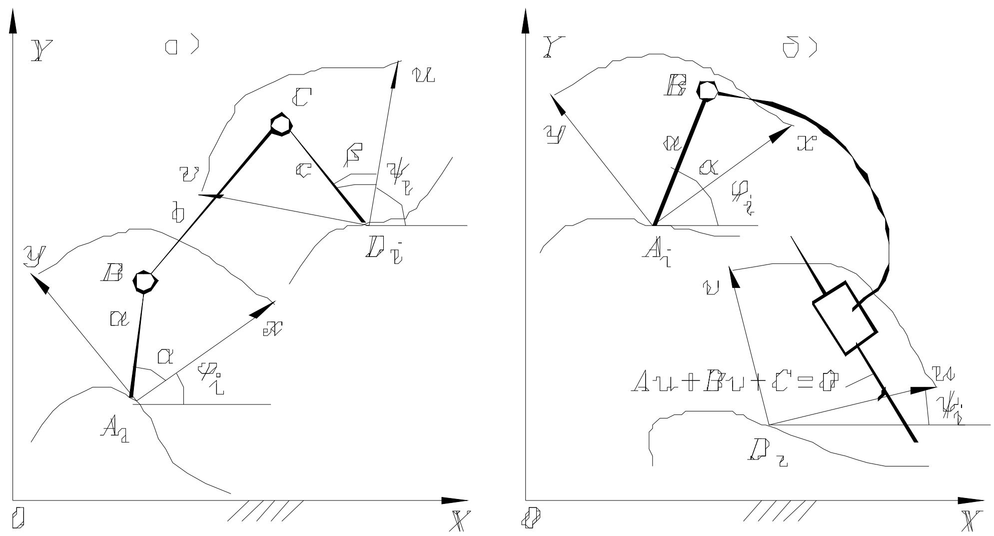

Рисунок 1 - К синтезу механизмов со связями типа ВВ и ВП

Для того чтобы получить механизм, нужно на движение плоскостей наложить связи. Самым простым видом связи является связь в виде одного звена с двумя кинематическими парами V класса вращательными и (или) поступательными .

1^{O}. Рассмотрим случай связи типа ВВ (вращательная, вращательная), на рисунок 1,а — это звено BC. Определению подлежат длины звеньев a, b, c и углы α и β, т.е. пять искомых параметров. Координаты точек B_i и C_i относительно неподвижной системы координат XOY определим по формулам

$$\begin{cases} X_{B_i} = X_{A_i} + a\cos(\alpha + \varphi_i), \\ Y_{B_i} = Y_{A_i} + a\sin(\alpha + \varphi_i) \end{cases} \qquad \begin{cases} X_{C_i} = X_{D_i} + c\cos(\beta + \psi_i), \\ Y_{C_i} = Y_{D_i} + c\sin(\beta + \psi_i) \end{cases} \tag{2}$$

Расстояние между точками B_i и C_i должно быть неизменным поэтому для целевой функции запишем выражение взвешенной разности (отклонения) [2]

$$\Delta_i = (X_{B_i} - X_{C_i})^2 + (Y_{B_i} - Y_{C_i})^2 - b^2. \tag{3}$$

После подстановки (2) в (3) получим

$$\Delta_i = 2[p_0 f_0(t_i) + p_1 f_1(t_i) + p_2 f_2(t_i) + \ldots + p_6 f_6(t_i) - F(t_i)], \tag{4}$$

где

$$\begin{cases} p_0 = \frac{1}{2}(a^2 + c^2 - b^2), \quad p_1 = a\cos\alpha, \quad p_2 = -a\sin\alpha, \quad p_3 = -c\cos\beta, \\ p_4 = c\sin\beta, \quad p_5 = -ac\cos(\alpha - \beta), \quad p_6 = ac\sin(\alpha - \beta) \end{cases} \tag{5}$$

$$\begin{cases} f_0(t_i) = 1, \quad f_1(t_i) = (X_{A_i} - X_{D_i})\cos\varphi_i + (Y_{A_i} - Y_{D_i})\sin\varphi_i, \\ f_2(t_i) = (X_{A_i} - X_{D_i})\sin\varphi_i - (Y_{A_i} - Y_{D_i})\cos\varphi_i, \\ f_3(t_i) = (X_{A_i} - X_{D_i})\cos\psi_i + (Y_{A_i} - Y_{D_i})\sin\psi_i, \\ f_4(t_i) = (X_{A_i} - X_{D_i})\sin\psi_i - (Y_{A_i} - Y_{D_i})\cos\psi_i, \\ f_5(t_i) = \cos(\varphi_i - \psi_i), \quad f_6(t_i) = \sin(\varphi_i - \psi_i), \\ F(t_i) = -\frac{1}{2}[(X_{A_i} - X_{D_i})^2 + (Y_{A_i} - Y_{D_i})^2]. \end{cases} \tag{6}$$

Коэффициенты p_i в выражениях (5) связаны очевидными соотношениями

$$p_5 = p_1 p_3 + p_2 p_4, \quad p_6 = p_2 p_3 - p_1 p_4 \tag{7}$$

В случае квадратического приближения целевая функция, следуя известному методу Лагранжа, имеет вид

$$S=\sum_{i=1}^{N}\Delta_i^2+\lambda_1(p_1p_3+p_2p_4-p_5)+\lambda_2(p_2p_3-p_1p_4-p_6). \tag{8}$$

Необходимыми условиями относительного минимума суммы S являются равенства нулю частных производных

$$\frac{\partial S}{\partial p_i}=0,\quad i=0,1,2,\ldots,6 \tag{9}$$

с учетом дополнительных соотношений (7). Из двух последних уравнений системы (9) получим выражения и оценки для неопределенных множителей Лагранжа λ_1 и λ_2.

$$\lambda_1=4\sum_{i=1}^{N}\Delta_i(t_i)f_5(t_i),\quad |\lambda_1|\le 4\sum_{i=1}^{N}|\Delta_i(t_i)|,$$
$$\lambda_2=4\sum_{i=1}^{N}\Delta_i(t_i)f_6(t_i),\quad |\lambda_2|\le 4\sum_{i=1}^{N}|\Delta_i(t_i)|.$$

Нелинейная система (9) является достаточно громоздкой и при малых значениях отклонения от заданного [3], принимая $\lambda_1=\lambda_2=0$, ее можно упростить и привести к следующему виду:

$$\sum_{l=0}^{6}c_{kl}p_l=\gamma_k,\quad k=0,1,2,\ldots,6, \tag{10}$$

где

$$c_{kl}=c_{lk}=\sum_{i=1}^{N}f_k(t_i)f_l(t_i),$$
$$\gamma_k=\sum_{i=1}^{N}F(t_i)f_k(t_i),\quad k=0,1,2,\ldots,6,\quad l=0,1,2,\ldots,6.$$

Решая систему (10) относительно пяти искомых параметров p_0,p_3,p_4,p_5 и p_6 получим значения этих неизвестных, выраженных через p_1 и p_2, например в виде:

$$p_i=m_{i0}+m_{i1}p_1+m_{i2}p_2,\quad i=0,3,4,5,6. \tag{11}$$

Здесь коэффициенты m_{i0},m_{i1},m_{i2} можно найти как решение системы

$$\sum_i c_{li}m_{i1}=-c_{l1},\quad \sum_i c_{li}m_{i2}=-c_{l2},\quad \sum_i c_{li}m_{i0}=\gamma_l,\quad l=0,1,2,3,4$$

Подставим (11) в (7), после чего получим систему уравнений

$$\begin{cases} m_{31}p_1^2 + m_{42}p_2^2 + e_1 p_1 p_2 + e_2 p_1 + e_3 p_2 - m_{50} = 0, \\ m_{41}p_1^2 - m_{32}p_2^2 + e_4 p_1 p_2 + e_5 p_1 + e_6 p_2 + m_{60} = 0, \end{cases} \tag{12}$$

которая сводится к уравнению 4 степени относительно например p_1:

$$Ap_1^4 + Bp_1^3 + Cp_1^2 + Dp_1 + E = 0. \tag{13}$$

Нахождение корней уравнения (13) можно провести известными методами и найти в общем случае 4 решения для параметра p_1, а затем p_2 определить по формуле

$$p_2 = -\frac{A_1 p_1^2 + C_1 p_1 + E_1}{B_1 p_1 + D_1}. \tag{14}$$

Остальные искомые параметры определяются из соотношений (11). В формулах (12), (13) и (14) приняты следующие обозначения:

$$\begin{aligned}
&e_1 = m_{32} + m_{41}, \quad e_2 = m_{30} - m_{51}, \quad e_3 = m_{40} - m_{52}, \\
&e_4 = m_{42} - m_{31}, \quad e_5 = m_{40} + m_{61}, \quad e_6 = m_{62} - m_{30}, \\
&A_1 = m_{31}m_{32} + m_{41}m_{42}, \quad E_1 = m_{60}m_{42} - m_{50}m_{32}, \\
&B_1 = m_{32}e_1 + m_{42}e_4, \quad C_1 = m_{32}e_2 + m_{42}e_5, \quad D_1 = m_{32}e_3 + m_{42}e_6, \\
&A = m_{43}B_1^2 + m_{42}A_1^2 - e_1 A_1 B_1, \\
&B = 2m_{31}B_1 D_1 + 2m_{42}A_1 C_1 - e_1(A_1 D_1 + C_1 B_1) + e_2 B_1^2 - e_3 A_1 B_1, \\
&C = m_{31}D_1^2 + m_{42}(C_1^2 + 2A_1 E_1) - e_1(C_1 D_1 + B_1 E_1) + 2e_2 B_1 D_1 - e_3(A_1 D_1 + C_1 B_1) - m_{50}B_1^2, \\
&D = m_{42}C_1 E_1 - e_1 E_1 D_1 - e_3(C_1 D_1 + B_1 E_1) - 2m_{50}B_1 D_1.
\end{aligned}$$

Основные размеры механизма несложно получить, если учесть соотношения (5)

$$\begin{cases} a = \sqrt{p_1^2 + p_2^2}, \quad c = \sqrt{p_3^2 + p_4^2}, \quad b = \sqrt{a^2 + c^2 - 2p_0}, \\ \alpha = arctg\left(-\dfrac{p_2}{p_1}\right), \quad \beta = arctg\left(-\dfrac{p_4}{p_3}\right). \end{cases}$$

Точность приближения к заданному закону определяется выражением (3).

2^o. Рассмотрим случай связи типа ВП (вращательная, поступательная), на рисунок 1,б — это звено BC. Определению подлежат длина звена a, угол α и коэффициенты прямой A, B, C для направляющей в поступательной паре, т.е. пять искомых параметров. Координаты точки B_i относительно неподвижной системы координат XOY определяются по формулам (2), а уравнение прямой в системе координат uD_iv имеет вид $Au+Bv+C=0$. Уравнение этой прямой в неподвижной системе координат выглядит следующим образом:

$$\begin{bmatrix} A(X-X_{D_i})+B(Y-Y_{D_i}) \\ A(Y-Y_{D_i})-B(X-X_{D_i}) \end{bmatrix}^T \begin{bmatrix} \cos\psi_i \\ \sin\psi_i \end{bmatrix} + C = 0. \qquad (16)$$

Точка B_i должна принадлежать прямой (16), поэтому для величины отклонения можно записать следующее выражение:

$$\Delta_i = \begin{bmatrix} a(A\cos\alpha + B\sin\alpha) \\ a(B\cos\alpha - A\sin\alpha) \\ A(X_{A_i}-X_{D_i})+B(Y_{A_i}-Y_{D_i}) \\ A(Y_{A_i}-Y_{D_i})-B(X_{A_i}-X_{D_i}) \end{bmatrix}^T \begin{bmatrix} \cos(\varphi_i-\psi_i) \\ \sin(\varphi_i-\psi_i) \\ \cos\psi_i \\ \sin\psi_i \end{bmatrix} + C. \qquad (17)$$

Приведем взвешенную разность к виду, удобную для квадратического приближения

$$\Delta_i = C[p_0 f_0(t_i)+p_1 f_1(t_i)+p_2 f_2(t_i)+p_3 f_3(t_i)-F(t_i)], \qquad (18)$$

где

$$\begin{cases} p_0 = \dfrac{A}{C}, \quad p_1 = \dfrac{B}{C}, \\ p_2 = \dfrac{a}{C}(A\cos\alpha + B\sin\alpha), \quad p_3 = \dfrac{a}{C}(B\cos\alpha - A\sin\alpha) \end{cases} \qquad (19)$$

$$\begin{cases} f_0(t_i) = (X_{A_i}-X_{D_i})\cos\psi_i + (Y_{A_i}-Y_{D_i})\sin\psi_i, \\ f_1(t_i) = (Y_{A_i}-Y_{D_i})\cos\psi_i - (X_{A_i}-X_{D_i})\sin\psi_i, \\ f_2(t_i) = \cos(\varphi_i-\psi_i), \quad f_3(t_i) = \sin(\varphi_i-\psi_i), \quad F(t_i) = -1. \end{cases} \qquad (20)$$

Целевая функция имеет вид

$$S = \sum_{i=1}^{N} \Delta_i^2 \qquad (21)$$

и необходимыми условиями минимума суммы S являются равенства нулю частных производных

$$\frac{\partial S}{\partial p_i} = 0, \quad i = 0,1,2,3. \qquad (22)$$

Таким образом получаем систему линейных уравнений следующего вида:

$$\sum_{l=0}^{3} c_{kl} p_l = \gamma_k, \quad k = 0,1,2,3, \tag{23}$$

где

$$c_{kl} = c_{lk} = \sum_{i=1}^{N} f_k(t_i) f_l(t_i),$$

$$\gamma_k = \sum_{i=1}^{N} F(t_i) f_k(t_i), \quad k = 0,1,2,3, \quad l = 0,1,2,3.$$

Решая систему (23) найдем искомые параметры p_0, p_1, p_2, p_3. Затем используя соотношения (19), найдем основные размеры механизма при $C = 1$ (нормированное уравнение прямой):

$$a = \sqrt{\frac{p_2^2 + p_3^2}{p_0^2 + p_1^2}}, \quad \alpha = arctg \frac{p_1 p_2 - p_0 p_3}{p_1 p_3 + p_0 p_2}, \quad A = p_0, \quad B = p_1. \tag{24}$$

Точность приближения к заданному закону можно определить из (17).

Аналогично решается задача синтеза для связи типа ПП (поступательная, поступательная). Этот случай достаточно редкий, поэтому мы его здесь не рассматриваем.

Получены длина звена a, угол α и коэффициенты прямой A, B, C для направляющей в поступательной и вращательной парах, т.е. пять искомых параметров.

Методика предложенная автором, главным образом, ориентирована на реализацию ее с помощью ЭВМ, поскольку размерность практических задач достаточно велика, а расчеты требуют значительных затрат времени. В работе присутствует высокий уровень новизны.

Список литературы

1. Джолдасбеков У.А., Дракунов Ю.М., Молдабеков М.М., Косболов С.Б. Синтез исходных кинематических цепей механизмов высоких классов // Известия АН КазССР. № 3. 1987. с.65-70.

2. Саркисян Ю.Л. Аппроксимационный синтез механизмов // М. Наука. Главная редакция физико-математической литературы. 1982. 304с.

3. Левитский Н.И., Саркисян Ю.Л. Об особенностях способа Лагранжа в синтезе механизмов // Анализ и синтез механизмов. М., 1970. с.142-147.

4. Тулешов А.К., Дракунов Ю.М., А. Суюндиков А. Квадратическое приближение N положений точки к кривой второго порядка при синтезе механизмов - Вестник КазНУ, серия математика, механика, информатика, №2, Алматы, 2006г., С. 168-173

5. Дракунов Ю.М., Тулешов А.К., Суюндиков А. Система синтеза передаточного механизма шарнирного четырехзвенника по коэффициенту изменения средней скорости коромысла - Материалы 2-ой международной научной конференции «Проблемы современной механики», Алматы, 2006г. с.106.

6. Тулешов А.К., Дракунов Ю.М., Суюндиков А.А., Сейдахмет А.Ж. Динамический синтез машинного агрегата с механизмом 4-го класса. Материалы международной конференции «Состояние и перспективы развития механики и машиностроения в Казахстане», Алматы, 2007, т.2, с.99-104.

7. Zhumagulov B.T., Tuleshov A.K., Drakunov Yu.M. Cjmputer Modeling and Control System for X-ray Radiometrical Well-Logging Unit. World Congress on Engineering 2010, London, 2010, p. 900-905.

8. Дракунов А.Ю., Дракунов Ю.М. Метод определения круговых и сферических точек при кинематическом синтезе механизмов // The scientific method. Warszava-Poland. 2018. N23.Vol.1 с.28-35

9. Дракунов А.Ю., Дракунов Ю.М. Синтез передаточного механизма 4в по полному числу параметров // Сборник статей межд. иссл. организации "Cognitio" по материалам XXXVII междун. научно-практич. конф. "Актуальные проблемы науки XXI века". Москва, 2018, с. 18-23

10. Дракунов А.Ю., Дракунов Ю.М. Синтез дезаксиального кривошипно-ползунного механизма по полному числу параметров // Norwegian Journal of development of the International Science. Oslo, 2018, №23, Vol.2, с.52-56

References

1. Dzholdasbekov U.A., Drakunov YU.M., Moldabekov M.M., Kosbolov S.B. Sintez iskhodnykh kinematicheskikh tsepey mekhanizmov vysokikh klassov // Izvestiya AN KazSSR. № 3. 1987. p.65-70.

2. Sarkisyan YU.L. Approksimatsionnyy sintez mekhanizmov // M. Nauka. Glavnaya redaktsiya fiziko-matematicheskoy literatury. 1982. p. 304.

3. Levitskiy N.I., Sarkisyan YU.L. Ob osobennostyakh sposoba Lagranzha v sinteze mekhanizmov // Analiz i sintez mekhanizmov. M., 1970. p.142-147.

4. Tuleshov A.K., Drakunov YU.M., A. Suyundikov A. Kvadraticheskoye priblizheniye N polozheniy tochki k krivoy vtorogo poryadka pri sinteze mekhanizmov - Vestnik KazNU, seriya matematika, mekhanika, informatika, №2, Al-maty, 2006g., P. 168-173

5. Drakunov YU.M., Tuleshov A.K., Suyundikov A. Sistema sinteza peredatochnogo mekhanizma sharnirnogo chetyrekhzvennika po koeffitsiyentu izmeneniya sredney skorosti koromysla - Materialy 2-oy mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii «Problemy sovremennoy mekhaniki», Almaty, 2006g. p.106.

6. Tuleshov A.K., Drakunov YU.M., Suyundikov A.A., Seydakhmet A.ZH. Di-namicheskiy sintez mashinnogo agregata s mekhanizmom 4-go klassa. Materialy mezhdunarodnoy konferentsii «Sostoyaniye i perspektivy razvitiya mekhaniki i mashinostroyeniya v Kazakhstane», Almaty, 2007, t.2, p.99-104.

7. Zhumagulov B.T., Tuleshov A.K., Drakunov Yu.M. Cjmputer Modeling and Control System for X-ray Radiometrical Well-Logging Unit. World Congress on Engineering 2010, London, 2010, p. 900-905.

8. Drakunov A.YU., Drakunov YU.M. Metod opredeleniya krugovykh i sfericheskikh tochek pri kinematicheskom sinteze mekhanizmov // The scientific method. Warszava-Poland. 2018. N23.Vol.1 p.28-35

9.Drakunov A.YU., Drakunov YU.M. Sintez peredatochnogo mekhanizma 4v po polnomu chislu parametrov // Sbornik statey mezhd. issl. organizatsii “Cognitio” po materialam XXXVII mezhdun. nauchno-praktich. konf. “Aktual'-nyye problemy nauki XXI veka”. Moskva, 2018, p. 18-23

10. Drakunov A.YU., Drakunov YU.M. Sintez dezaksial'nogo krivoshipno-polzunnogo mekhanizma po polnomu chislu parametrov // Norwegian Journal of development of the International Science. Oslo, 2018, №23, Vol.2, p.52-56

ПАРАМЕТРЛЕРДІҢ ТОЛЫҚ САНЫ БОЙЫНША ЖАЗЫҚ ТҰТҚАЛЫ МЕХАНИЗМДЕРІНІҢ АППРОКСИМАЦИЯЛЫҚ СИНТЕЗІ

Дракунов Ю.М. [1], Суюндиков А.А. [2]

[1] Әль-Фараби атындағы ҚҰУ, [2] С.Сейфуллин атындағы ҚазАТУ

Түйін

Мақалада "жалпыланған көпмүшелік"деп аталатын түрге ие болатын жақын функциялардың әдісімен топсалы төрт звенниктің синтезіне заманауи көзқарас қарастырылады.

АА (айналмалы, айналмалы) және АІ (айналмалы, ілгерлімелі) типті байланыс жағдайлары қарастырылды. Қозғалмайтын жазықтықта екі жылжымалы жазықтықтың кіру және шығу мөшелеріның қозғалысымен байланысты қозғалыстар беріледі, яғни уақыт функциясы ретінде қозғалмалы жазықтықтардың жағдайы үшін бұрылыс координаттары мен бұрыштары берілген.

Сонымен бірге біз Лагранж белгісіз көбейткіштері үшін өрнектер мен бағаларды зерттедік. 4 дәреже теңдеуі табылды. Бұдан әрі, мақсатты функциядан синтездің берілген параметрлеріне байланысты механизмнің барлық өлшемдерін (берілген беріліс функцияларын, нүктелер мен қатты дененің қозғалыс траекторияларын жаңғырту) анықтауға арналған формулалар анықталған.

Кілттік сөздер: механизм, қозғалыс заңы, беріліс функциясы, синтез, квадраттық жуықтау, кинематикалық жұп, қозғалатын жазықтық, сілтеме, байланыс, Лагранж көбейткіш, жалпыланған көпмүшелік.

APPROXIMATE SYNTHESIS OF FLAT LINK MECHANISMS BY THE TOTAL NUMBER OF PARAMETERS

Drakunov Y.M. [1], *Суюндиков А.А.*
[1] *Al-Farabi Kazakh NU,* [2]*S.Seifullin KazATU*

The article considers the modern approach to the synthesis of the articulated four-link system by the method of approximating functions, which has acquired the form of the so-called "generalized polynomial". A case of a connection of the type of explosives (rotational, rotational) and VP (rotational, translational) is considered. On a fixed plane, the motion of two moving planes associated with the movement of the input and output links, i.e. coordinates and rotation angles for the positions of the moving planes as a function of time are given. At the same time, we studied expressions and estimates for the indefinite Lagrange multipliers and. Whereas, an equation of degree 4 with respect to is obtained. Further, formulas are determined from the objective function for determining all sizes of the mechanism (reproduction of the given transfer functions, the trajectories of the points and the solid) depending on the given synthesis parameters.

Keywords. Mechanism, law of motion, transfer function, synthesis, quadratic approximation, kinematic pair, moving plane, link, link, Lagrange multiplier, generalized polynomial.