

**С. А. ТОЛЕНОВ\***, **Б. М. САГИТЖАНОВ**, **Е. Н. ЖОЛДАСОВ**, **А. М. ТОЛЕУШОВА**,  
**Н. К. ДОСМАГАМБЕТ**, **З. А. РАХМАТУЛЛА**, **А. Т. ИСКАКОВА**

*Казахский национальный университет им. аль-Фараби, г. Алматы, Казахстан*  
*tolenov.serik@mail.ru, beriksagitghanov94@gmail.com, jera.kz@mail.ru,*  
*aida71193@mail.ru, nurdauletdosmagambet@gmail.com,*  
*rakhmatulla.zanggar@gmail.com, iskakova.1977@mail.ru*

## **СТРУКТУРНО-ПАРАМЕТРИЧЕСКИЙ СИНТЕЗ ПАРАЛЛЕЛЬНОГО МАНИПУЛЯТОРА С ДВУМЯ ПОЛЗУНАМИ**

*В данной работе изложены методы структурно-параметрического синтеза параллельного манипулятора (ПМ) с двумя ползунами, который может быть использован в технологической линии холодной штамповки для подачи заготовок и их штамповки. ПМ с двумя ползунами сформирован соединением двух ползунков (входного и выходного объектов) при помощи одной пассивной и одной негативной замыкающих кинематических цепей (ЗКЦ). Пассивная ЗКЦ не накладывает геометрическую связь на движения ползунков и геометрические параметры её звеньев варьируются.*

**Ключевые слова:** *параллельный манипулятор структурно – параметрический синтез, Чебышевское и квадратическое приближения.*

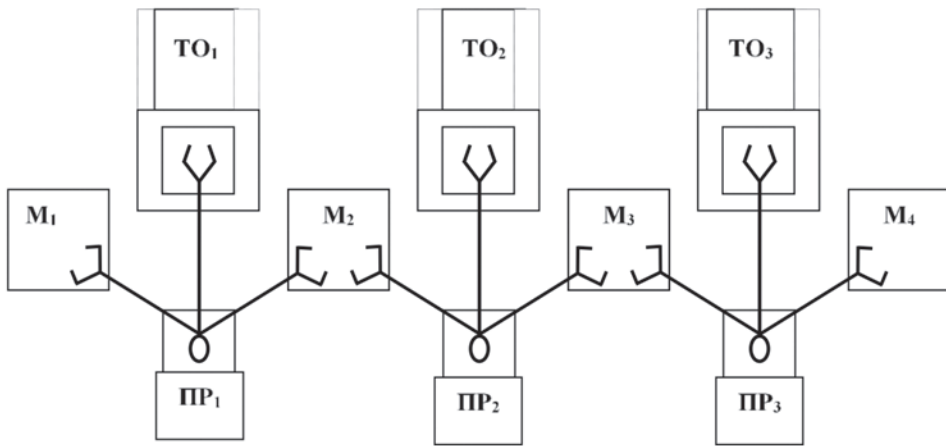
**Введение.** Задачи проектирования манипуляционных роботов как с серийными, так и параллельными манипуляторами в основном сводятся к решению обратной задачи кинематики и разработке систем управления и технических средств согласно полученным законам движений приводов [1-4]. При решении обратной задачи кинематики возможны неравномерность и реверсимость движения приводов, что ухудшает динамику манипуляционных роботов [5,6].

С целью улучшения динамических характеристик и упрощения систем управления проектируемых манипуляторов целесообразно задавать законы движения приводов наряду с заданными законами движений рабочих органов (схватов). Возможность задания законов движений приводов монотонно и равномерно улучшает динамические параметры, а само задание законов движений приводов существенно упрощает систему управления (в некоторых случаях исключает систему управления), следовательно, также повышается надежность и снижается себестоимость проектируемого манипулятора. Такие ПМ, обладающие свойством манипуляционных роботов, как воспроизведение заданных законов движений рабочих органов, и свойством механизмов, как задание законов движений приводов, названы ПМ класса RoboMech [7-8].

**Структура технологической линии холодной штамповки.** На рис. 1 показана схема простой однопоточной роботизированной технологической линии холодной штамповки [14], где ТО – основное технологическое оборудование, ПР – промышленный робот, М – магазин поштучной выдачи заготовок.

---

\* E-mail корреспондирующего автора: [tolenov.serik@mail.ru](mailto:tolenov.serik@mail.ru)



**Рисунок 1** – Схема однопоточной роботизированной технологической линии холодной штамповки

Данная схема характерна для технологических процессов с малым циклом обработки предметов производства на технологическом оборудовании, что свойственно, в частности, процессам холодно-листовой штамповки. В этой схеме отсутствует межоперационная транспортная система, а изделия (предметы производства) передаются от одного технологического оборудования к другому непосредственно промышленными роботами.

Согласно разработанному принципу формирования ПМ класса RoboMech [19], объединяем основные технологические оборудования (гидравлические прессы) I и II с устройствами подачи заготовки III и отвода заготовок IV, а также объединяем два промышленных робота V и VI в один ПМ с двумя схватами.

Объединение гидравлических прессов I и II с устройствами подачи заготовки III и отвода заготовок IV в один ПМ I' и II' с двумя ползунами осуществляется соединением пуансонов Q' и Q'' гидроцилиндров I и II с ползунами P' и P'' устройств подачи заготовок III и отвода изделий IV при помощи пассивных замыкающих кинематических цепей (ЗКЦ) A'B'C' и A''B''C'', а также негативных ЗКЦ D'E' и D''E'', соответственно (Рисунок 2).

Объединение двух промышленных роботов (серийных манипуляторов) V и VI в один ПМ III' с двумя схватами осуществляется соединением звеньев B<sup>III</sup>C<sup>III</sup> и B<sup>IV</sup>C<sup>IV</sup> серийных манипуляторов A<sup>III</sup>B<sup>III</sup>C<sup>III</sup> и A<sup>IV</sup>B<sup>IV</sup>C<sup>IV</sup> при помощи негативной ЗКЦ D<sup>III</sup>E<sup>III</sup>F<sup>III</sup>.

В результате получим структурную схему технологической линии с ПМ класса RoboMech с тремя степенями свободы, где две степени свободы имеет прессы I' и II', одну степень свободы имеет ПМ с двумя схватами III'. Гидравлические прессы I и I' с устройствами подачи и отвода заготовок II и II' работают в плоскости OXY, манипулятор с двумя схватами III' работает в плоскости OXZ.

На рисунке 2 также показана структурная схема IV' ПМ, работающего в цилиндрической системе координат. Данный ПМ используется для складирования готовых изделий в ячейки.

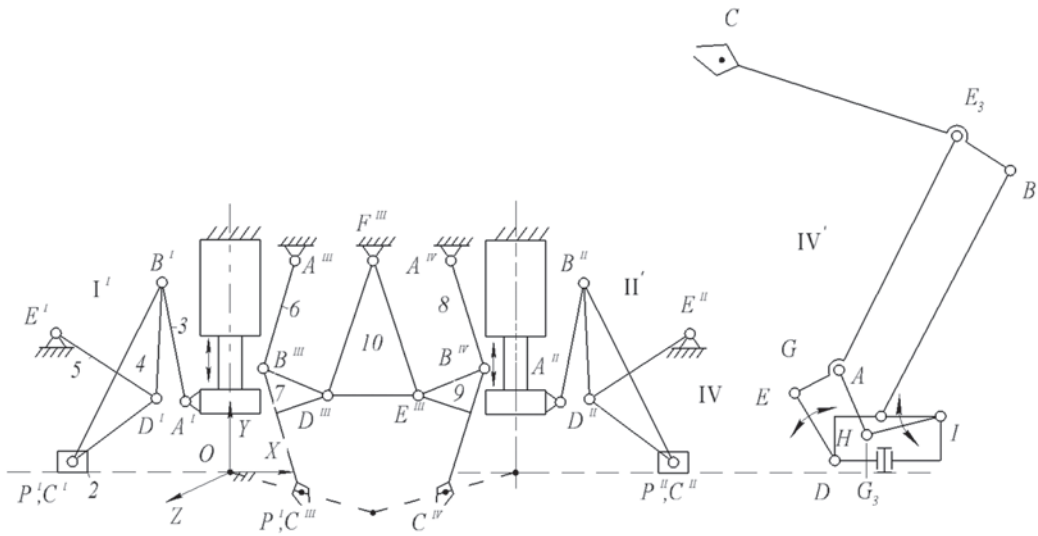


Рисунок 2 – Структурная схема технологической линии с ПМ класса RoboMech

Рассматриваемая технологическая линия с ПМ класса RoboMech работает следующим образом. При подаче заготовки для обработки прессом  $I'$  ползун  $P'$  занимает правое крайнее положения, а пуансон  $Q'$  гидроцилиндра занимает верхнее крайнее положение. При обработке заготовки пуансон  $Q'$  данного пресса занимает нижнее крайнее положение, а ползун  $P'$  возвращается в левое крайнее положение для доставки следующей заготовки. В момент возвращения пуансона  $Q'$  гидроцилиндра  $I'$  в верхнее положение первый захват  $C'''$  ПМ с двумя захватами занимает крайнее левое положение, захватывает обработанную заготовку и доставляет ее в магазин. В этот момент второй захват  $C''$  доставляет предыдущую обработанную заготовку в пресс  $II'$  для последующей обработки, т.е. занимает крайнее верхнее положение. После вторичной обработки заготовки готовое изделие ползуном  $P''$  доставляется в контейнер. Далее цикл повторяется.

После накопления изделий в контейнере он при помощи ПМ  $VI'$  складывается в ячейках. Особенностью данного ПМ является то, что его захват  $C^V$  воспроизводит серии горизонтальных и вертикальных траекторий. При этом серии горизонтальных траекторий воспроизводятся приводом (входным звеном)  $D^V E^V$ , а серии вертикальных траекторий – приводом  $I^V H^V$ . Вращение всего ПМ вокруг вертикальной оси обеспечивает пространственное движение схвата  $C^V$  в цилиндрической системе координат. Структурно-параметрический синтез данного ПМ рассмотрен в [8].

Рассмотрим структурно-параметрический синтез ПМ с двумя ползунами.

**Структурно-параметрический синтез ПМ с двумя ползунами.** Задачей структурно-параметрического синтеза ПМ с двумя ползунами является определение структурной схемы и геометрических параметров данного манипулятора, у которого, когда первый ползун  $Q$  (пуансон гидравлического пресса) занимает нижнее крайнее положение с ходом  $s_{Q_1}$ , то второй ползун  $P$  занимает левое крайнее положение с ходом  $s_P$  (Рисунок 3а), а также, когда первый ползун  $Q$  занимает верхнее крайнее

положение с ходом  $s_{P_N}$ , то второй ползун  $P$  занимает правое крайнее положение с ходом  $s_{Q_N}$  (Рисунок 3б). Для удобства отчета ходов ползунков абсолютная система координат  $OXY$  расположена в точке их пересечения.

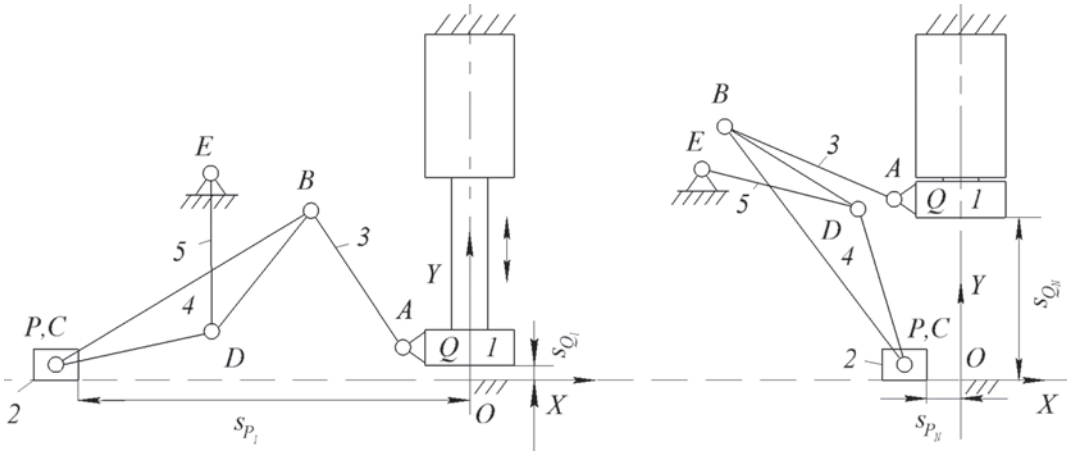


Рисунок 3 – Крайние положения ползунков  $P$  и  $Q$

Как было отмечено выше, для формирования ПМ с двумя ползунами, обеспечивающего заданные их положения, соединяем пуансон  $Q$  гидравлического пресса и ползун  $P$  при помощи диады  $ABC$  с вращательными кинематическими парами. Диада  $ABC$  имеет нулевую степень свободы и является пассивной ЗКЦ, которая не накладывает геометрические связи на движения пуансона  $Q$  и ползуна  $P$ . Следовательно, пассивная ЗКЦ  $ABC$  позволяет воспроизведение заданных движений ползунков  $Q$  и  $P$ . Затем соединяем звено  $BC$  диады  $ABC$  со стойкой при помощи бинарного звена  $DE$  с вращательными кинематическими парами, которое имеет одну отрицательную степень свободы и является негативной ЗКЦ. Негативная ЗКЦ  $DE$  накладывает одну геометрическую связь на движения ползунков  $Q$  и  $P$  и в результате получим структурную схему ПМ со структурной формулой  $I(0,1) \rightarrow III(3,4,2,5)$ , где кинематическая цепь 3-4-2-5 представляет собой группу Ассура третьего класса [15].

Параметрами синтеза (геометрическими параметрами звеньев) пассивной ЗКЦ  $ABC$  является вектор  $\mathbf{p}_1 = [x_A^{(1)}, y_A^{(1)}, x_C^{(2)}, y_C^{(2)}, l_{AB}, l_{BC}]^T$ , где  $x_A^{(1)}, y_A^{(1)}$  и  $x_C^{(2)}, y_C^{(2)}$  – координаты шарниров  $A$  и  $C$  в подвижных системах координат  $Qx_1y_1$  и  $Px_2y_2$ , соответственно,  $l_{AB}$  и  $l_{BC}$  – длины звеньев  $AB$  и  $BC$ . Поскольку пассивная ЗКЦ  $ABC$  не накладывает геометрические связи на движения ползунков  $Q$  и  $P$ , то ее параметры синтеза задаются. Негативная ЗКЦ  $DE$  накладывает одну геометрическую связь на движения звеньев  $AB$  и  $BC$  пассивной ЗКЦ  $ABC$ , поэтому его параметры синтеза определяются. Задаваемые параметры синтеза пассивной ЗКЦ  $ABC$  варьируются при помощи  $LP_\tau$  последовательности [16].

Рассмотрим параметрический синтез негативной ЗКЦ  $DE$ . Для этого необходимо предварительно определить угол  $\varphi_{ib}$ , определяющий положение звена  $BC$ , выражением

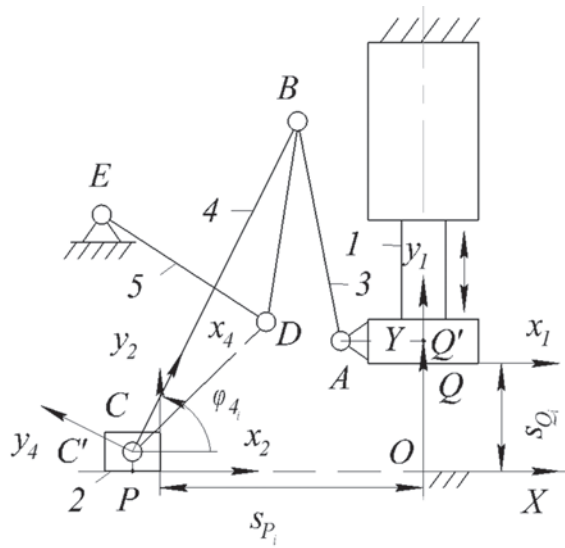


Рисунок 4 – Промежуточное положение ПМ с двумя ползунами

$$\varphi_{4_i} = \varphi_{(CA)_i} + \cos^{-1} \frac{l_{BC}^2 + l_{(CA)_i}^2 - l_{AB}^2}{l_{BC} l_{(CA)_i}}, \tag{1}$$

где

$$\varphi_{(CA)_i} = \operatorname{tg}^{-1} \frac{Y_A - Y_{C_i}}{X_A - X_{C_i}}, \tag{2}$$

$$l_{(CA)_i} = [(X_A - X_{C_i})^2 + (Y_A - Y_C)^2]^{\frac{1}{2}}. \tag{3}$$

Координаты  $X_A, Y_A$  и  $X_{C_i}, Y_{C_i}$  шарниров  $A$  и  $C$  в абсолютной системе координат  $OXY$  в уравнениях (2) и (3) определяются выражениями

$$X_A = x_A^{(1)}, Y_A = s_{Q_i} + y_A^{(1)}, X_{C_i} = -s_{P_i} + x_C^{(2)}, Y_C = y_C^{(2)}. \tag{4}$$

С звеном  $CB$  диады  $ABC$  соединяем систему координат  $CE_4y_4$ , ось  $CE_4$  которой направлена вдоль звена  $CB$ . Тогда параметрами синтеза негативной ЗКЦ  $DE$  является вектор  $\mathbf{p}_2 = [x_E^{(4)}, y_E^{(4)}, X_D, Y_D, l_{DE}]^T$ , где  $x_E^{(4)}, y_E^{(4)}$  и  $X_D, Y_D$  – координаты шарниров  $E$  и  $D$  в системах координат  $Cx_4y_4$  и  $OXY$  соответственно.

Рассмотрим движение плоскости  $Cx_4y_4$  в абсолютной системе координат  $OXY$ . При этом шарнир  $E(x_E^{(4)}, y_E^{(4)})$  движется по дуге окружности с центром в шарнире  $D(X_D, Y_D)$  и радиусом  $l_{DE}$ . Следовательно, уравнение геометрической связи, накладываемой негативной ЗКЦ  $DE$  вида  $BB$  на движение подвижной плоскости  $Cx_4y_4$ , выражается в виде взвешенной разности

$$\Delta q_i = (X_{E_i} - X_D)^2 + (Y_{E_i} - Y_D)^2 - l_{DE}^2, \quad (5)$$

где  $X_{E_i}$  и  $Y_{E_i}$  – координаты шарнира  $E$  в абсолютной системе координат  $OXY$ , которые определяются выражением

$$\begin{bmatrix} X_{E_i} \\ Y_{E_i} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_{C_i} \\ Y_{C_i} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \cos \varphi_{4i} & -\sin \varphi_{4i} \\ \sin \varphi_{4i} & \cos \varphi_{4i} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} x_E^{(2)} \\ y_E^{(2)} \end{bmatrix}. \quad (6)$$

После подстановки выражения (6) в уравнение (5) и при замене параметров синтеза вида

$$\begin{bmatrix} p_1 \\ p_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_D \\ Y_D \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} p_4 \\ p_5 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_E^{(4)} \\ y_E^{(4)} \end{bmatrix}, p_3 = \frac{1}{2} (X_D^2 + Y_D^2 + x_E^{(4)2} + y_E^{(4)2} - l_{ED}^2) \quad (7)$$

функция (5) выражается линейно по двум группам параметров синтеза  $\mathbf{p}_2^{(1)} = [p_1, p_2, p_3]^T$  и  $\mathbf{p}_2^{(2)} = [p_4, p_5, p_3]^T$  в виде

$$\Delta q_i^{(k)} (\mathbf{p}_2^{(k)}) = \mathbf{g}_i^{(k)T} \mathbf{p}_2^{(k)} - g_{oi}^{(k)}, k = 1, 2, \quad (8)$$

где  $\mathbf{g}_i^{(k)}$  и  $g_{oi}^{(k)}$  – коэффициенты векторов  $\mathbf{p}_2^{(k)}$  и свободные члены, зависящие от оставшихся параметров синтеза, которые имеют вид

$$\mathbf{g}_i^{(1)} = - \begin{bmatrix} X_{C_i} \\ Y_{C_i} \\ 1 \end{bmatrix} - \left[ \begin{array}{c|c} \Gamma(\varphi_{4i}) & 0 \\ \hline 0 & 0 & 1 \end{array} \right] \cdot \begin{bmatrix} p_4 \\ p_5 \\ 0 \end{bmatrix}, \quad (9)$$

$$\mathbf{g}_i^{(2)} = - \begin{bmatrix} X_{C_i} \\ Y_{C_i} \\ 1 \end{bmatrix} - \left[ \begin{array}{c|c} \Gamma(\varphi_{4i}) & 0 \\ \hline 0 & 0 & 1 \end{array} \right] \cdot \begin{bmatrix} X_{C_i} \\ Y_{C_i} \\ 1 \end{bmatrix} + \left[ \begin{array}{c|c} \Gamma(\varphi_{4i}) & 0 \\ \hline 0 & 0 & 1 \end{array} \right] \cdot \begin{bmatrix} p_1 \\ p_2 \\ 0 \end{bmatrix}, \quad (10)$$

$$g_{oi}^{(1)} = -\frac{1}{2} [X_{C_i}^2 + Y_{C_i}^2] + [X_{C_i}, Y_{C_i}] \cdot \Gamma(\varphi_{4i}) \begin{bmatrix} p_4 \\ p_5 \end{bmatrix}, \quad (11)$$

$$g_{oi}^{(2)} = -\frac{1}{2} [X_{C_i}^2 + Y_{C_i}^2] - [X_{C_i}, Y_{C_i}] \cdot \begin{bmatrix} p_1 \\ p_2 \end{bmatrix}, \quad (12)$$

где  $\Gamma(\alpha)$  – матрица поворота вида

$$\Gamma(\alpha) = \begin{bmatrix} \cos \alpha & -\sin \alpha \\ \sin \alpha & \cos \alpha \end{bmatrix}. \quad (13)$$

Далее параметры синтеза рассматриваемого ПМ с двумя ползунами определяются на основе аппроксимационных задач Чебышевского и квадратического приближений, изложенных в [17].

**Заключение.** Разработана схема технологической линии холодной штамповки с применением ПМ класса RoboMech. В данной технологической линии использованы три ПМ класса RoboMech ПМ с двумя ползунами, ПМ с двумя схватами и ПМ, работающий в цилиндрической системе координат. ПМ с двумя ползунами сформирован соединением двух ползунов (входного и выходного объектов) при помощи одной пассивной и одной негативной ЗКЦ. Геометрические параметры звеньев негативной ЗКЦ определены на основе методов Чебышевского и квадратического приближений.

**Благодарность:** Данное исследование финансировано Комитетом науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан (Грант №AP08857522).

### ЛИТЕРАТУРА

- 1 Fu K.S., Gonzalez Z.C., Lee C.S.G. Robotics: Control, Sensing, Vision and Intelligence. McGraw–Hill Book Company, 1987.
- 2 Yoshikava T. Foundation of Robotics: Analysis and Control. MIT Press, 1990.
- 3 Gupta K.C. Mechanics and Control of Robots. Springer–Verlag, NY, 1997.
- 4 Spong M.W., Hutchinson S., Vidyasagar M. Robot Modeling and Control, John Wiley & Sons, Inc., Hobekon, N.J., 2006.
- 5 Song S.M., Lee J.K., Waldron K.J. Motion Study of Two – and Three–Dimensional Pantograph Mechanisms. Mechanism and Machine Theory, 1987, Vol. 22, No. 4, pp. 321–331.
- 6 Waldron K.J. and Kinzel G.L. The Relation Between Actuator Geometry and Mechanical Efficiency in Robots. Proc.4<sup>th</sup> CISM–IFTOMM Symposium on Theory and Practics of Manipulators, Poland, 1981, pp. 366–374.
- 7 Baigunchekov Zh. et al. Parallel Manipulator of a Class RoboMech. Lecture Notes in Electrical Engineering, 408, 2017, pp. 547–557.
- 8 Baigunchekov Zh., Mustafa A., Tarek S., Patel S., Utenov M. A Robomech Class Parallel Manipulator with Three Degrees of Freedom. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 2020, 3(1-105), pp.44-56.
- 9 Hunt K. H. Kinematic Geometry of Mechanisms. Clarendon Press, Oxford, 1998.
- 10 Kong X., Gosselin C.M. Type Synthesis of Parallel Mechanisms. Springer, Heidelberg, 2007.
- 11 Sunkari R. P., Schmidt L. C. Structural Synthesis of Planar Kinematic Chains by Adapting McKay–Type Algorithm. Mechanism and Machine Theory, 2006, 41, pp. 1021–1030.
- 12 Gogu G. Structural Synthesis of Parallel Robots. Part 3: Topologies with Planar Motion of the Moving Platform Springer, Dordrecht, 2010.
- 13 Leila Notash, Jingqiu Zhang. Structural Synthesis of Kinematic Chains and Mechanisms. Integrated Design and Manufacturing in Mechanical Engineering, Springer Netherlands, 2002, pp. 391–398.
- 14 Grabchenko I.P., et al. Introduction to Mechatronics. Harkov, HPI, 2017.
- 15 Artobolevskiy. I.I. Theory of Mechanisms and Machines. Moscow, "Nauka", 1988.
- 16 Sobol I.M., Statnikov R.B. Choice of Optimal Parameters in Problems with Many Criteria. Moscow, 1981.
- 17 Baigunchekov Z., Naurushev B., Zhumasheva Z., Mustafa A., Kairov R., Amanov B. Structurally Parametric Synthesis and Position Analysis of a RoboMech Class Parallel Manipulator with Two End-Effectors. IAENG International Journal of Applied Mathematics, 2020, 5(1-77), pp. 1-11.



## REFERENCES

- 1 Fu K.S., Gonzalez Z.C., Lee C.S.G. Robotics: Control, Sensing, Vision and Intelligence. McGraw–Hill Book Company, 1987.
- 2 Yoshikava T. Foundation of Robotics: Analysis and Control. MIT Press, 1990.
- 3 Gupta K.C. Mechanics and Control of Robots. Springer–Verlag, NY, 1997.
- 4 Spong M.W., Hutchinson S., Vidyasagar M. Robot Modeling and Control, John Wiley & Sons, Inc., Hobekon, N.J., 2006.
- 5 Song S.M., Lee J.K., Waldron K.J. Motion Study of Two – and Three–Dimensional Pantograph Mechanisms. Mechanism and Machine Theory, 1987, Vol. 22, No. 4, pp. 321–331.
- 6 Waldron K.J. and Kinzel G.L. The Relation Between Actuator Geometry and Mechanical Efficiency in Robots. Proc.4<sup>th</sup> CISM–IFToMM Symposium on Theory and Practics of Manipulators, Poland, 1981, pp. 366–374.
- 7 Baigunchekov Zh. et al. Parallel Manipulator of a Class RoboMech. Lecture Notes in Electrical Engineering, 408, 2017, pp. 547–557.
- 8 Baigunchekov Zh., Mustafa A., Tarek S., Patel S., Utenov M. A Robomech Class Parallel Manipulator with Three Degrees of Freedom. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 2020, 3(1-105), pp.44-56.
- 9 Hunt K. H. Kinematic Geometry of Mechanisms. Clarendon Press, Oxford, 1998.
- 10 Kong X., Gosselin C.M. Type Synthesis of Parallel Mechanisms. Springer, Heidelberg, 2007.
- 11 Sunkari R. P., Schmidt L. C. Structural Synthesis of Planar Kinematic Chains by Adapting McKay–Type Algorithm. Mechanism and Machine Theory, 2006, 41, pp. 1021–1030.
- 12 Gogu G. Structural Synthesis of Parallel Robots. Part 3: Topologies with Planar Motion of the Moving Platform Springer, Dordrecht, 2010.
- 13 Leila Notash, Jingqiu Zhang. Structural Synthesis of Kinematic Chains and Mechanisms. Integrated Design and Manufacturing in Mechanical Engineering, Springer Netherlands, 2002, pp. 391–398.
- 14 Grabchenko I.P., et al. Introduction to Mechatronics. Harkov, HPI, 2017.
- 15 Artobolevskiy. I.I. Theory of Mechanisms and Machines. Moscow, "Nauka", 1988.
- 16 Sobol I.M., Statnikov R.B. Choice of Optimal Parameters in Problems with Many Criteria. Moscow, 1981.
- 17 Baigunchekov Z., Naurushev B., Zhumasheva Z., Mustafa A., Kairov R., Amanov B. Structurally Parametric Synthesis and Position Analysis of a RoboMech Class Parallel Manipulator with Two End-Effectors. IAENG International Journal of Applied Mathematics, 2020, 5(1-77), pp. 1-11.

**С. Ә. ТӨЛЕНОВ, Б. М. САГИТЖАНОВ, Е. Н. ЖОЛДАСОВ, А. М. ТОЛЕУШОВА,  
Н. Қ. ДОСМАҒАМБЕТ, З. А. РАХМАТУЛЛА, А. Т. ИСКАКОВА**

*Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті,  
Алматы қ., Қазақстан*

## **ЕКІ СЫРҒЫТПАСЫ БАР ПАРАЛЛЕЛЬДІ ҚҰРЫЛЫМДЫҚ-ПАРАМЕТРЛІК СИНТЕЗ**

*Бұл жұмыста дайындамаларды беру және штамптау үшін суық штамптау өндірісінде қолдануға болатын екі сырғымалы параллельді манипулятордың (ПМ) құрылымдық-параметрлік синтезінің әдістері сипатталған. Екі сырғытпасы бар ПМ бір пассивті және бір теріс жабылатын*



кинематикалық тізбектерді (CLC) пайдаланып, екі сырғытпаны (кіріс және шығыс объектілері) қосу арқылы қалыптасады. Пассивті ZKZ сырғытпалардың қозғалыстарына геометриялық байланыс орнатпайды және оның бұйындарының геометриялық параметрлері өзгереді.

**Түйін сөздер:** параллель манипулятордың құрылымдық-параметрлік синтезі, Чебышев және квадраттық жуықтаулар.

**S. A. TOLENOV, B. M. SAGITZHANOV, E. N. ZHOLDASOV, A. M. TOLEUSHOVA,  
N. K. DOSMAGAMBET, Z. A. RAHMATULLA, A. T. ISKAKOVA**

*Al-Farabi Kazakh National University,  
Almaty, Kazakhstan*

### **STRUCTURAL- PARAMETRIC SYNTHESIS OF A PARALLEL MANIPULATOR WITH TWO SLIDERS**

*In this paper, the methods of structural – parametric synthesis of a parallel manipulator PM with two sliders, which can be used in a cold-stamping processing technological line for feeding and stamping the workpieces, are described. A PM with two sliders is reinforced by connecting two sliders (input and output objects) using one passive and one negative closing kinematic chain circuits (CKC). The passive CKC does not impose a geometric constraint connection on the movement of the sliders and the geometric parameters of its links are varied vary.*

**Keywords:** parallel manipulator structural-parametric synthesis, Chebyshev and quadratic approximations.