

## Список літератури

1. Кривошипные кузнечно-прессовые машины / В.И. Власов, А.Я. Борзыкин, И.К. Букин-Батырев и др. Под ред. В.И. Власова. - М.: Машиностроение, 1982. - 424 с.
2. Rowe G.W., Principles of Industrial Metalworking Processes. Arnold. Lonlon. 1977.
3. Использование программного комплекса DEFORM 3D/2D в научной работе и учебном процес се / С.Лежнев, Е. Панин // САПР и графика. №5, 2009. – С. 3-8.

**Boris Kryshkin, Elisaveta Razmochaeva, Yaroslav Poteryajko**

*Kirovograd state national university*

**Design cinematic and temperature states of knots of crank-type machines by a programmatic complex DEFORM**

The results of quantitative and high-quality design of kinematics terms are considered in this article - speed and moving, and also temperature conditions of work of the tribonic system of "crankshift - technological greasing-bearing" as it applies to the crank-type-knee press of model of K0032, at implementation by it operations of the reverse squeezing out.

The stages of preparation of basic data are rotined for a subsequent design, considered and discussed results of visualization.

Presented recommendation for perfection of planning, diagnostics and exploitation of this type of equipment taking into account the got results

**design, visualization, efforts, speeds, squeezing out, moving, temperature**

Одержано 23.04.14

**УДК 621.9**

**В.А. Мажара, доц., канд. техн. наук, М.О. Годунко, доц., канд. техн. наук,**

**О.А. Кислун, доц., канд. техн. наук, Є.В. Ковальчук, магістрант**

*Кіровоградський національний технічний університет*

## Визначення кутів повороту ведучих ланок адаптивного захватного пристрою

В статті розглядається методика визначення кутів повороту ведучих ланок захватного пристрою промислового робота, призначеного для затиску як призматичних, так і циліндричних деталей. **адаптивний захватний пристрій промислового робота, кут повороту ведучої ланки, циліндрична деталь, призматична деталь**

**В.А. Мажара, доц., канд. техн. наук, М.О. Годунко, доц., канд. техн. наук, О.А. Кислун, доц., канд. техн. наук, Є.В. Ковальчук, магістрант**

*Кіровоградский национальный технический университет*

**Определение углов поворота ведущих звеньев адаптивного захватного устройства**

В статье рассматривается методика определения углов поворота ведущих звеньев захватного устройства промышленного робота, предназначенного для зажима как призматических, так и цилиндрических деталей.

**адаптивное захватное устройство промышленного робота, угол поворота ведущего звена, цилиндрическая деталь, призматическая деталь**

© В.А. Мажара, М.О. Годунко, О.А. Кислун, Є.В. Ковальчук, 2014

**Постановка проблеми.** Аналіз стану вітчизняного машинобудування показує, що актуальною задачею є подальше підвищення рівня автоматизації металообробного обладнання. Використання промислових роботів, в даному плані, є перспективним напрямком, оскільки забезпечує необхідну гнучкість роботи технологічного обладнання і дозволяє вивільнити робітників від виконання монотонних, фізично важких та некваліфікованих робіт.

Захватні пристрої є найбільш відповідальними механізмами промислових роботів, які забезпечують утримання деталей при їх просторовому переміщенні. Враховуючи, що промислові роботи доцільно використовувати в серійному типі виробництва, де постійно змінюється номенклатура оброблюваних деталей, то розробка адаптивних хватних пристроїв для деталей різних класів є актуальною задачею.

**Аналіз останніх досліджень.** Розширення технологічних можливостей хватних пристроїв промислових роботів завжди було актуальною задачею у автоматизованому машинобудівному виробництві. Дане питання вирішувалося за рахунок конструктивних особливостей виконання хватів (поворотні призми, змінні затискні важелі та затискні елементи, механізми збільшення діапазону розмірів утримуваних деталей та ін.), а також оснащенням хватних пристроїв датчиками зовнішньої інформації, які реагують на наявність об'єкту маніпулювання, його форму, розміри, масу, стан поверхні, сили затиску, проковзування та ін. Зокрема в роботах [1] та [2] представлено багато конструктивних виконань таких пристроїв, та наведено опис принципу їх роботи. Приведені особливості хватів визначають ступінь їх адаптивності, але не дають можливості створити легко програмуєму конструкцію, яка б відрізнялася високою надійністю, точністю та простотою виконання. Поява компактних і водночас потужних сервоприводів дала поштовх до виходу на новий технологічний рівень проектування, визначення нових підходів та методик створення хватних пристроїв. У даній статті приведено методика для визначення кутів повороту ведучих ланок адаптивного хватного пристрою при затиску деталей призматичної та циліндричної форми.

**Визначення кутів повороту ведучих ланок хватного пристрою.** Розроблений хватний пристрій (рис.1) призначений для затиску як призматичних так і циліндричних деталей.

Захватний пристрій адаптується до форми затискуваної деталі за рахунок утримання вихідних ланок у паралельному положенні при затиску призматичних деталей та додатковому їх повороту при утримуванні циліндричних деталей. На рис.1, а показано вихідне положення даного хватного пристрою, на рис. 1, б наведено пристрій, що затискає призматичну деталь, а на рис. 1, в – циліндричну. Адаптивність даного хватного пристрою підвищується за рахунок збільшення кількості ведучих ланок та кількості важелів і їх числа рухомостей.

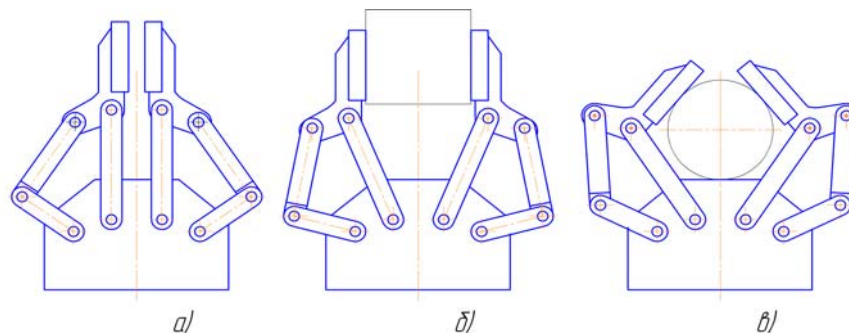


Рисунок 1 – Адаптивний хватний пристрій

Для забезпечення можливості затиску деталей різних класів необхідно забезпечити поворот чотирьох ведучих ланок на певний кут за рахунок сервоприводів. Для визначення таких кутів і розроблена методика, яка наведена нижче.

Першим кроком при розрахунку кутів повороту є встановлення координат точок (А, В, С, D, Е, F). На даному етапі досліджень координати точок визначаємо графічно-параметричним методом. В подальшому планується виведення аналітичних залежностей для їх встановлення. Також відомі довжини усіх ланок. Під час затиску деталей, як призматичних так і циліндричних, вихідні ланки (FE, F<sub>1</sub>E<sub>1</sub>, HC та H<sub>1</sub>C<sub>1</sub>) захватного пристрою мають здійснювати узгоджені обертові рухи. Надважливим завданням є точне визначення значення зміни початкових кутів  $\alpha$  та  $\beta$ . Тож визначимо значення початкових кутів повороту вихідних ланок.

Так початковий кут повороту ланок HC та H<sub>1</sub>C<sub>1</sub> визначається як:

$$\alpha = \alpha_1 + \alpha_2. \quad (1)$$

Кут  $\alpha_1$  визначається за формулою:

$$\alpha_1 = \arctg \frac{|Y_B - Y_H|}{|X_B - X_H|}, \quad (2)$$

де  $X_B, Y_B, X_H, Y_H$  – відповідно координати точок В та Н.

Отже підставимо дані в формулу (2)

$$\alpha_1 = \arctg \frac{|70 - 6|}{|4 - 12|} = 82.84^\circ.$$

За теоремою косинусів визначаємо  $\alpha_2$ :

$$\alpha_2 = \arccos \frac{l_{BH}^2 + l_{CH}^2 - l_{BC}^2}{2 \cdot l_{BH} \cdot l_{CH}}, \quad (3)$$

де  $l_{BH}, l_{CH}, l_{BC}$  - довжини відповідних ланок.

$$l_{BH} = \sqrt{(X_B - X_H)^2 + (Y_B - Y_H)^2} = \sqrt{(4 - 12)^2 + (70 - 6)^2} = 64.5 \text{ мм}. \quad (4)$$

Отже підставимо дані в формулу (3)

$$\alpha_2 = \arccos \frac{64.5^2 + 55^2 - 12.06^2}{2 \cdot 64.5 \cdot 55} = 7.16^\circ.$$

Тож вихідне значення кута  $\alpha = 90^\circ$ .

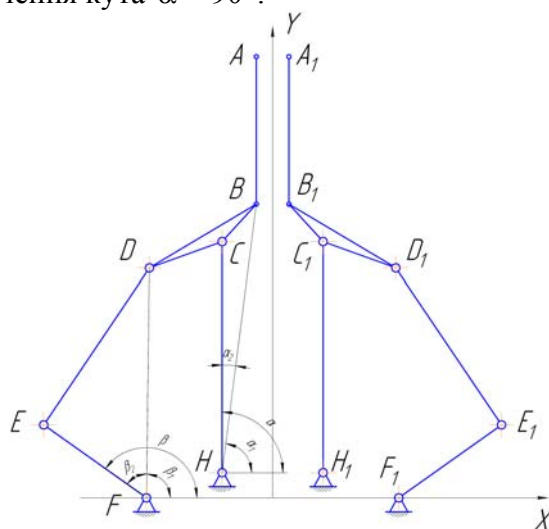


Рисунок 2 – Схема до розрахунку початкових кутів вихідних ланок

Приводи мають чотири рухомі ланки, тож вихідний кут повороту ланок FE та F<sub>1</sub>E<sub>1</sub> визначається як:

$$\beta = \beta_1 + \beta_2. \quad (5)$$

Кут  $\beta_1$  визначається за формулою:

$$\beta_1 = \arctg \frac{|Y_D - Y_F|}{|X_D - X_F|}, \quad (6)$$

де  $X_D, Y_D, X_F, Y_F$  – відповідно координати точок D та F.

Отже підставимо дані в формулу (6)

$$\beta_1 = \arctg \frac{|54.74 - 0|}{|29.01 - 30|} = 89.26^\circ.$$

За теоремою косинусів визначаємо  $\beta_2$ :

$$\beta_2 = \arccos \frac{l_{EF}^2 + l_{DF}^2 - l_{DE}^2}{2 \cdot l_{EF} \cdot l_{DF}}, \quad (7)$$

де  $l_{EF}, l_{DF}, l_{DE}$  - довжини відповідних ланок.

$$l_{DF} = \sqrt{(X_D - X_F)^2 + (Y_D - Y_F)^2} = \sqrt{(29.01 - 30)^2 + (54 - 0)^2} = 54.75 \text{ мм}. \quad (8)$$

Отже підставимо дані в формулу (7)

$$\beta_2 = \arccos \frac{30^2 + 54.75^2 - 45^2}{2 \cdot 30 \cdot 54.75} = 55.25^\circ.$$

Тож вихідне значення кута  $\beta = 144.51^\circ$ .

Розглянемо приклади визначення кутів повороту вихідних ланок для забезпечення затиску призматичної деталі шириною 50 мм (рис.3) та циліндричної діаметром 50 мм (рис.4).

На даному етапі досліджень координати точок визначаємо графічним методом. В подальшому планується виведення аналітичних залежностей для їх встановлення.

Кут  $\alpha_1$  визначається за формулою:

$$\alpha_1 = \pi - \arctg \frac{|Y_B - Y_H|}{|X_B - X_H|} = 180 - \arctg \frac{|65.72 - 6|}{|25 - 12|} = 102.28^\circ.$$

Визначаємо  $\alpha_2$ :

$$l_{BH} = \sqrt{(X_B - X_H)^2 + (Y_B - Y_H)^2} = \sqrt{(25 - 12)^2 + (65.72 - 6)^2} = 61.12 \text{ мм}.$$

$$\alpha_2 = \arccos \frac{l_{BH}^2 + l_{CH}^2 - l_{BC}^2}{2 \cdot l_{BH} \cdot l_{CH}} = \frac{61.12^2 + 55^2 - 12.06^2}{2 \cdot 61.12 \cdot 55} = 10.29^\circ.$$

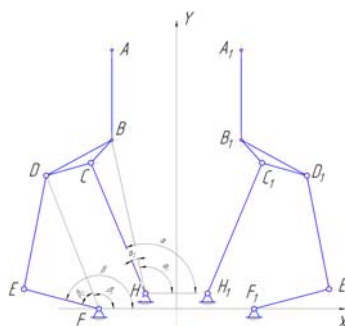


Рисунок 3 – Схема до розрахунку кутів повороту вихідних ланок при затиску призматичної деталі 50 мм

Тож значення кута  $\alpha$  для затиску призматичної деталі шириною 50 мм має становити  $112,57^\circ$ .

Кут  $\beta_1$  визначається за формулою:

$$\beta_1 = \pi - \arctg \frac{|Y_D - Y_F|}{|X_D - X_F|} = 180 - \arctg \frac{|51.86 - 0|}{|50.4 - 30|} = 111.48^\circ.$$

Визначаємо  $\beta_2$ :

$$l_{DF} = \sqrt{(X_D - X_F)^2 + (Y_D - Y_F)^2} = \sqrt{(29.01 - 30)^2 + (54 - 0)^2} = 54.75 \text{ мм}.$$

$$\beta_2 = \arccos \frac{l_{EF}^2 + l_{DF}^2 - l_{DE}^2}{2 \cdot l_{EF} \cdot l_{DF}} = \arccos \frac{30^2 + 54.75^2 - 45^2}{2 \cdot 30 \cdot 54.75} = 55.25^\circ.$$

Тож значення кута  $\beta$  для затиску призматичної деталі шириною 50 мм має становити  $165,16^\circ$ .

Переходимо до визначення кутів повороту вихідних ланок для здійснення затиску циліндричної деталі діаметром 50 мм (рис.4). Точка О є точкою контакту циліндричної деталі та корпусу захватного пристрою і має постійні координати (0; 26).

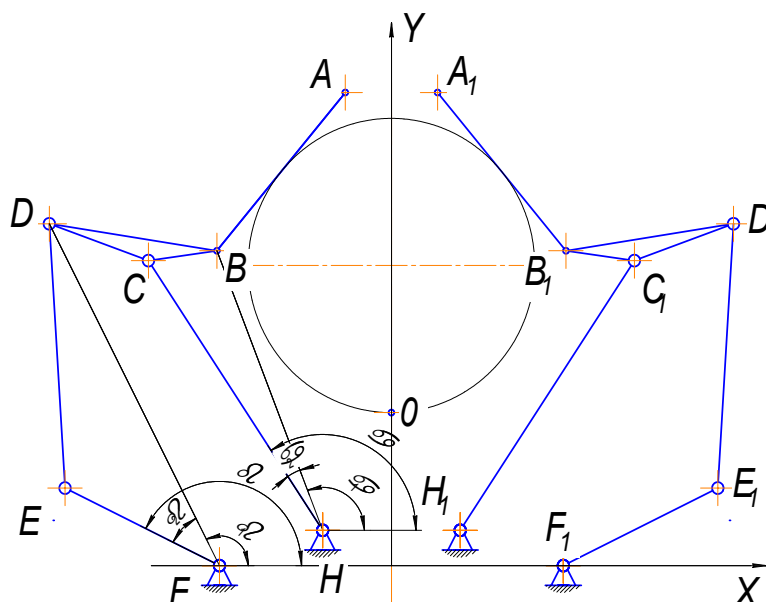


Рисунок 4 – Схема до розрахунку кутів повороту вихідних ланок при затиску циліндричної деталі діаметром 50 мм

Кут  $\alpha_1$  визначається за формулою:

$$\alpha_1 = \pi - \arctg \frac{|Y_B - Y_H|}{|X_B - X_H|} = 180 - \arctg \frac{|53.51 - 6|}{|30.45 - 12|} = 111.22^\circ.$$

Визначаємо  $\alpha_2$ :

$$l_{BH} = \sqrt{(X_B - X_H)^2 + (Y_B - Y_H)^2} = \sqrt{(30.45 - 12)^2 + (53.51 - 6)^2} = 50.97 \text{ мм}.$$

$$\alpha_2 = \arccos \frac{l_{BH}^2 + l_{CH}^2 - l_{BC}^2}{2 \cdot l_{BH} \cdot l_{CH}} = \frac{50.97^2 + 55^2 - 12,06^2}{2 \cdot 50.97 \cdot 55} = 12.33^\circ.$$

Тож значення кута  $\alpha$  для затиску циліндричної деталі діаметром 50 мм має становити  $123,55^\circ$ .

Кут  $\beta_1$  визначається за формулою:

$$\beta_1 = \pi - \arctg \frac{|Y_D - Y_F|}{|X_D - X_F|} = 180 - \arctg \frac{|58.1 - 0|}{|59.69 - 30|} = 117.07^\circ.$$

Визначаємо  $\beta_2$ :

$$l_{DF} = \sqrt{(X_D - X_F)^2 + (Y_D - Y_F)^2} = \sqrt{(59.69 - 30)^2 + (58.1 - 0)^2} = 65.24 \text{ мм}.$$

$$\beta_2 = \arccos \frac{l_{EF}^2 + l_{DF}^2 - l_{DE}^2}{2 \cdot l_{EF} \cdot l_{DF}} = \arccos \frac{30^2 + 65.24^2 - 45^2}{2 \cdot 30 \cdot 65.24} = 36.87^\circ.$$

Тож значення кута  $\beta$  для затиску циліндричної деталі діаметром 50 мм має становити  $153,94^\circ$ .

Розроблену методику можливо також використовувати для затиску деталей за внутрішню поверхню.

**Висновки.** 1. Таким чином, узгоджено змінюючи кути повороту сервоприводів даний захватний пристрій має можливість затискати як призматичні, так і циліндричні деталі.

2. Виведені формули для розрахунку відповідних кутів для основних умов роботи захвату.

3. Розроблена методика є першим кроком до створення системи автоматизованого керування таких захватних пристроїв.

4. Оснащення затискних елементів відповідними датчиками дасть змогу реалізувати в автоматичному режимі адаптацію до форми утримуваної деталі.

5. Розроблена методика, за рахунок подальшого аналізу кінематичного виконання даних захватів та дослідження впливу кутів повороту їх ведучих ланок, відкриває шлях для розширення функціональних можливостей і створення принципово нових конструкцій захватних пристроїв.

## Список літератури

1. Ю.Г. Козырев. Захватные устройства и инструменты промышленных роботов: Учебное пособие / Ю.Г. Козырев. – М.: КНОРУС, 2011 – 312с.
2. Павленко І.І. Структурні особливості будови та функціонування ЗП промислових роботів / І.І. Павленко, М.О. Годунко // Збірник наукових праць Донбаської державної машинобудівної академії / надійність інструменту та оптимізація технологічних систем./ Вип.21. – Краматорськ: ДДМА, 2007. – С. 128 – 134 с.
3. Павленко І.І. Роботизовані технологічні комплекси: Навчальний посібник / Павленко І.І., Мажара В.А. – Кіровоград: КНТУ, 2010. – 392 с.

**Vitaly Mazhara, Maksim Godunko, Oleg Kyslun, Evgeniy Kovalchuk**

*Kirovograd national technical university*

### **Methodology for determining the angles of rotation of drive links adaptive gripper**

The article presents a designed grip of the robot that is intended to be used for clamping both prismatic and cylindrical parts. The grip is adjusted to the mold (form, shape) of the clamped part by means of installing the clamping jaws in a parallel position when clamping prismatic pieces, and to their further turn while holding the cylindrical ones.

The adaptability of this gripping device is being increased by raising the number of driving links, levers and their number of movability. (mobility). For giving the possibility of clamping working pieces of various classes it is necessary to provide the turn of four driving links at a certain angle by servodrives. The above mentioned methods have been worked out in order to determine such angles.

The article deals with the calculation formulas for the angles corresponding to the main working conditions of the gripping unit. The carried out method is the first step to the implementation of the system of

automatic control of such grippers. By further analysis of kinematic schemes of the grippers and studying the rotation (turning) angle effect of the leading units, the method described here opens the way to enhancement and invention of conceptually new constructions of the industrial robots' grips.

**adaptive gripper industrial robot, the angle of rotation of the driving member, the cylindrical detail, the prismatic detail**

Одержано 30.04.14

**УДК 621.9.077:621.865.85**

**І.І. Павленко, проф., д-р техн. наук, П.В. Попруга, асп., М.І. Черновол, проф., д-р техн. наук**

*Кіровоградський національний технічний університет*

## **Програмний аналіз варіантів кінематичних схем промислових роботів та їх робочих зон**

В статті розглянуто програмний аналіз кінематичних схем промислових роботів. Представлено розроблене програмне забезпечення для кількісного аналізу кінематичних схем з різними ступенями рухомості та виявлення доцільних варіантів по розробленому алгоритму. Також представлено додатковий алгоритм та програмне забезпечення для автоматичної побудова робочої зони кінематичної схеми робота.

**промисловий робот, кінематична схема, структурна формула, алгоритм визначення доцільних варіантів кінематичних схем, робоча зона, програмне забезпечення**

**И.И. Павленко, проф., д-р техн. наук, П.В. Попруга, асп., М.И. Черновол, проф., д-р техн. наук**

*Кировоградский национальный технический университет*

**Программный анализ вариантов кинематических схем промышленных роботов и их рабочих зон**

В статье рассмотрен программный анализ кинематических схем промышленных роботов. Представлено разработанное программное обеспечение для количественного анализа кинематических схем с различными степенями подвижности и выявления целесообразных вариантов по разработанному алгоритму. Также представлено дополнительный алгоритм и программное обеспечение для автоматического построения рабочей зоны кинематической схемы робота.

**промышленный робот, кинематическая схема, структурная формула, алгоритм определения целесообразных вариантов кинематических схем, рабочая зона, программное обеспечение**

Промислові роботи мають високу кінематичну рухомість виконуючих органів, що дозволяє їм здійснювати складні просторові переміщення та орієнтування деталей, які підлягають транспортуванню.

Попередню уяву про рухи, які виконуються роботами, можна одержати з кінематичних схем, що складаються з кінематичних пар і з'єднуючих їх ланок у вигляді пар V-го класу з поступальним чи обертовим рухом. Кожен з таких варіантів може мати кілька інших, які відрізняються один від одного взаємним напрямком рухів в окремих ступенях рухомості.

Значна кількість ступенів рухомості робота призводить до величезної кількості можливих варіантів кінематичних схем, що ускладнює визначення доцільного варіанту схеми [1]. Для вирішення даної задачі спочатку було розроблено відповідний алгоритм