

ДОСЛІДЖЕННЯ СИЛ ЗАТИСКУ ПРИЗМАТИЧНОГО ЗАХВАТНОГО ПРИБОЮ ПРИ ЙОГО ДОВІЛЬНІЙ ПРОСТОРОВІЙ ОРІЄНТАЦІЇ

Павленко І.І., Охремчук М.О. (КНТУ, м. Кіровоград, Україна)

The article regards peculiarities of calculation of gripping force and summary gripping forces when prismatic gripping mechanism of industrial robot arbitrarily positioned keeps the cylindrical parts. It has been established that constructional parameterizes of gripping, the direction angle of inertial force and displacement angle of prism's apex influences upon gripping forces and summary gripping forces.

До конструкції призматичного захватного пристрою промислового роботу, який під час роботи знаходиться під впливом системи вхідних сил R_{ex} (сили ваги G і сили інерції I деталі) та зовнішніх сил (сил затиску P_i та створюваних ними сил тертя F_i робочих елементів захвату), ставиться ряд вимог, серед яких особлива увага приділяється мінімізації масово-габаритних параметрів захвату з забезпеченням надійного утримування об'єкту маніпулювання під час його переміщення.

В роботі [1], як основні розрахункові рівняння, пропонується використовувати рівняння моментів сил, що діють в системі "захват – деталь" навколо одного з шарнірів призматичного захватного пристрою шарнірно-важільного типу. Проте, як вже зазначалося в [2], прийнята в [1] розрахункова схема, відповідає випадку утримування деталі з номінальним значенням діаметру, згідно до якої вершина призми захватного пристрою знаходиться на вісі, що проходить через центр деталі, а це є поодиноким випадком в умовах виробництва. Тому, для визначення величини мінімально необхідних сил затиску і сумарної сили затиску, що створюється обома важелями захватного механізму, який має довільну просторову орієнтацію під час роботи, при утримуванні деталі, діаметр якої відрізняється від номінального, в розрахункову схему були введені спеціальна система координат $X'OY'$, яка пов'язана з базовою системою XOY кутом ω , що характеризує положення захватного пристрою, та кут γ , який відповідає зміщенню вершини призми захватного пристрою при утримуванні деталі з діаметром, що не дорівнює номінальному (рис. 1).

З урахуванням ряду припущень, сформульованих в [2], які дозволяють запобігти невизначеності задачі при пошуку мінімально необхідних сил затиску, були отримані рівняння для схем, коли сила інерції I має будь-яку орієнтацію по відношенню до сили ваги G . Так, для схеми утримання деталі з діаметром D більшим за D_n , коли вершина призми захватного пристрою зміщена на кут $-\gamma$ відносно вісі OX' , що проходить через центр деталі, при розташуванні сили інерції $I \leq G$ в першому квадранті під кутом β до сили ваги, величина якого знаходиться в межах $[\omega; \omega + \pi/2]$, була отримана така система рівнянь (рис. 1, а):

$$P_{3X'} = P_{4X'} = 0 \quad P_{3Y'} = P_{2Y'} = 0 \quad F_{3Y'} = F_{2Y'} = 0 \quad P_{4Y'} = P_{1Y'} \quad (1)$$

$$-P_{1X'} \cdot \cos(\pi/2 - \alpha - \gamma) - P_{2X'} \cdot \cos(\pi/2 - \alpha + \gamma) = G \cdot \sin \omega - I \cdot \sin(\beta - \omega)$$

$$P_{1Y'} \sin(\pi/2 - \alpha - \gamma) + P_{4Y'} \sin(\pi/2 - \alpha - \gamma) + F_{1Y'} \cos(\pi/2 - \alpha - \gamma) + F_{4Y'} \cos(\pi/2 - \alpha - \gamma) = G \cos \omega + I \cos(\beta - \omega) \quad (2)$$

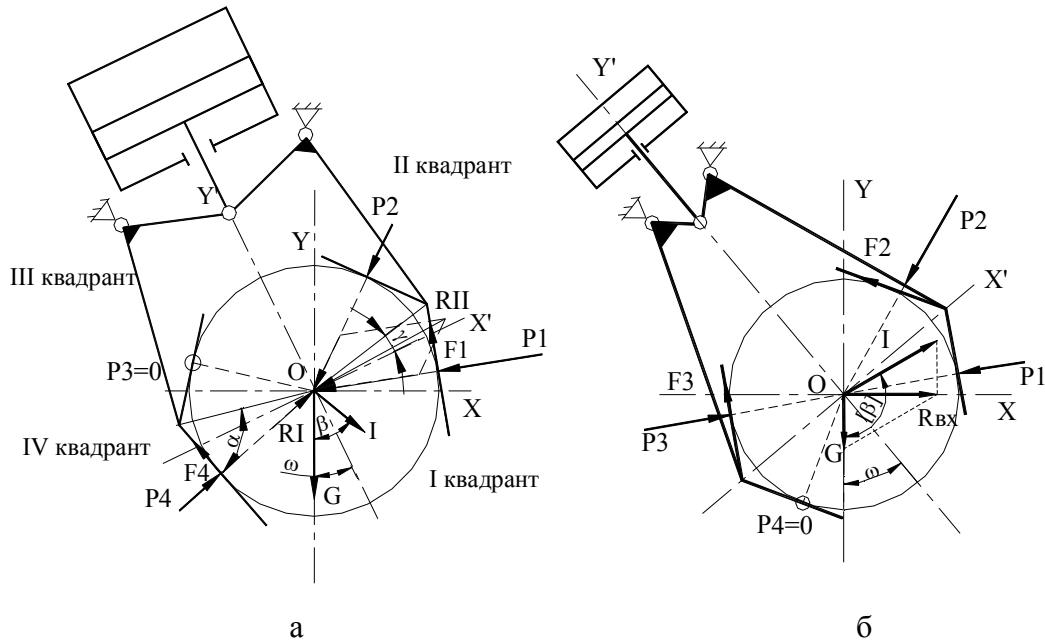


Рис. 1. – Розрахункова схема для визначення сил затиску при розташуванні сили інерції:
 а – в першому квадранті ($I \leq G$); б – в другому квадранті ($I > G$)

де P_1, P_2, P_3, P_4 – сили затиску, що виникають на відповідних елементах захвата; $F_i = P_i \cdot f$ – сили тертя, що виникають на відповідних елементах; f – коефіцієнт тертя; 2α – кут призми, рад; β – кут напрямку дії сили інерції, рад; γ – кут зміщення вершини призми відносно вісі OX' , рад; ω – кут довільної орієнтації захвата, рад.

При розв'язанні системи рівнянь (2) отримано:

$$\begin{aligned}
 P_1 &= \frac{|I \sin(\beta - \omega) - G \cos \omega| \sin(\pi/2 - \alpha + \gamma)}{\sin(\pi - 2\alpha)} + \\
 &+ \frac{G \cos \omega + I \cos(\beta - \omega)}{2[\sin(\pi/2 - \alpha - \gamma) + f \cos(\pi/2 - \alpha - \gamma)]} \\
 P_2 &= \frac{|I \sin(\beta - \omega) - G \sin \omega| \sin(\pi/2 - \alpha - \gamma)}{\sin(\pi - 2\alpha)} \\
 P_3 &= 0 \\
 P_4 &= \frac{G \cos \omega + I \cos(\beta - \omega)}{2[\sin(\pi/2 - \alpha - \gamma) + \cos(\pi/2 - \alpha - \gamma)]}
 \end{aligned} \tag{3}$$

При співвідношенні сил ваги і інерції $I > G$ слід враховувати, що при спрямуванні сили інерції під кутом $\omega \leq \beta \leq [\beta]$ використовуються розрахункові рівняння (3), при $[\beta] \leq \beta \leq \pi + \omega$ рівнодіюча вхідних сил знаходиться в другому квадранті, і розрахункові рівняння мають вигляд (рис. 1, б):

$$P_1 = \frac{|I \sin(\pi - \beta + \omega) - G \sin \omega| \sin(\pi/2 - \alpha + \gamma)}{\sin(\pi - 2\alpha)}$$

$$\begin{aligned}
P_2 &= \frac{|I \sin(\pi - \beta + \omega) - G \sin \omega| \sin(\pi/2 - \alpha - \gamma)}{\sin(\pi - 2\alpha)} + \\
&+ \frac{I \cos(\pi - \beta + \omega) - G \cos \omega}{2[\sin(\pi/2 - \alpha + \gamma) + f \cos(\pi/2 - \alpha + \gamma)]} \\
P_3 &= \frac{I \cos(\pi - \beta + \omega) - G \cos \omega}{2[\sin(\pi/2 - \alpha + \gamma) + f \cos(\pi/2 - \alpha + \gamma)]} \\
P_4 &= 0
\end{aligned} \tag{4}$$

де $[\beta]$ – граничний кут, який визначається за формулою, виходячи з умови рівності проєкцій сил I і G на вісь OY' (рис.1, б):

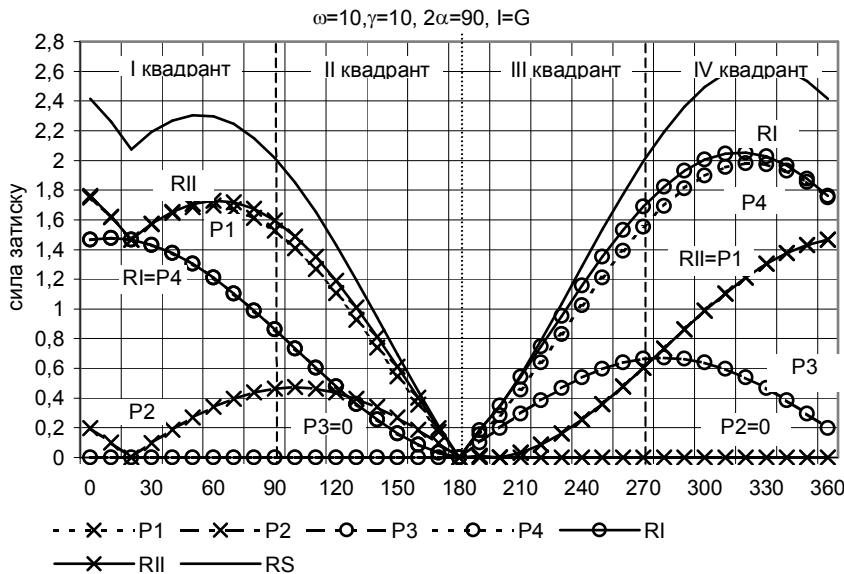
$$[\beta] = \pi - \arccos \frac{G \cos \omega}{I} - \omega$$

Сумарні сили, що створюються кожним важелем, визначаються як:

$$RI = \sqrt{P_3^2 + P_4^2 + 2P_3P_4 \cos(\pi - 2\alpha)} \quad RII = \sqrt{P_1^2 + P_2^2 + 2P_1P_2 \cos(\pi - 2\alpha)}$$

Аналіз рівнянь (3,4) показує, що при $\omega=0$ або $\omega=\pi/2$ розрахункові схеми відповідають поодиноким випадкам: вертикальному і горизонтальному розташуванню захвату відповідно, що підтверджується рівняннями, отриманими раніше [2,3]. Крім того, характер залежностей сил затиску від геометричних та функціональних параметрів при $\omega=0$ та $\omega=\pi/2$ повністю відповідає висновкам, отриманим в роботах [2,3].

Дослідження впливу кута розташування сили інерції β на величину сил затиску при довільній схемі розташування захвату показало, що при зміні кута β в межах від 0° до $(\arcsin(G \sin \omega / I) + \omega)$ сили P_1 і P_2 зменшуються, потім поступово збільшуються до максимуму до певного значення кута β , і знов зменшуються до нуля при $\beta=180^\circ$. Сили P_3 і P_4 досягають максимального значення при розташуванні сили інерції в IV квадранті.



Дослідження впливу кутів призми 2α та зміщення вершини призми γ на величину сил затиску показало, що висновки, отримані для горизонтальної та вертикальної орієнтації

Рис. 2 – Залежність сили затиску від кута розташування сили інерції β

захватного пристрою [2,3], справедливі і для довільної орієнтації захвату.

Проведені дослідження для різних значень кутів орієнтації захватного пристрою показали, що при вертикальній орієнтації захватного пристрою ($\omega=0^\circ$) сили затиску, що створюються на важелях, більші ніж при горизонтальній орієнтації ($\omega=90^\circ$). До того ж підтверджено, що найбільша сила затиску створюється на тому важелі, в бік якого спрямована сила інерції. Для певних значень функціональних параметрів ($\gamma=10^\circ$, $\beta=30^\circ$, $2\alpha=90^\circ$, $I=G=1$) при орієнтації захватного пристрою під кутами 15 або 65° сили затиску, що створюються на обох важелях рівні, що є позитивним з точки зору експлуатації захвату (рис.3).

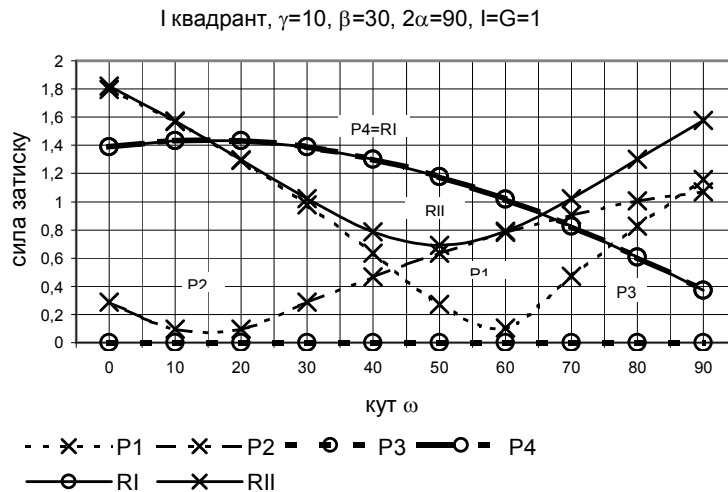


Рис.3. – Залежність сил затиску від кута довільної орієнтації захватного пристрою

Таким чином, із виконаних досліджень слідує, що найменші сили затиску на важелях і найменша сумарна сила затиску при довільній орієнтації захвату забезпечується в конструкціях захватів з кутом призми в межах $90^\circ \dots 120^\circ$. Найменші сили затиску створюються на важелях, якщо захват розташований під довільним кутом $\omega=40^\circ \dots 60^\circ$ при умові пересування захвату по двох координатах (β не дорівнює 0 або 90°). Визначені мінімальні сили затиску важелів і сумарна сила затиску захвату дають можливість визначити раціональні конструкційні параметри захватного пристрою.

Список літератури: 1. Детали и механизмы роботов: Основы расчета, конструирования и технологии производства: Учеб. пособие / Под ред. Б.Б.Самотокина. – К.: Выща шк., 1990. - 343с. - С.69-80.

2. . І.І.Павленко, М.О.Охремчук. Особливості розрахунку сил затиску для горизонтально розміщених призматичних захватних пристроїв. Збірник наукових праць Кіровоградського державного технічного університету /Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація/ - Вип.12. – Кіровоград: КДТУ, 2003.-с.124-128.

3. І.І.Павленко, М.О.Охремчук. Дослідження сил затиску для вертикально орієнтованих призматичних захватних пристроїв. Надійність інструменту та оптимізація технологічних систем. Збірник наукових праць. – Краматорськ: ДДМА, вип.№13, 2003. – с.108-113.