



Empirický a aplikovaný výzkum

Technické vědy

УДК 631.374

СИЛОВОЙ АНАЛИЗ МАНИПУЛЯТОРА С ШАРНИРНО-СТЕРЖНЕВОЙ СТРЕЛОЙ

Н. В. Бабоченко

*Кандидат технических наук, доцент,
Волгоградский государственный
аграрный университет,
г. Волгоград, Россия*

POWER ANALYSIS ARTICULATED ARM-ROD BOOM

N. V. Babochenko

*Candidate of Technical Sciences,
assistant professor,
Volgograd State Agricultural University,
Volgograd, Russia*

Summary. The article deals with the analysis of the power-hinged rod manipulator using the spatial coordinates of the method, designed to perform tasks aimed at defining the characteristics of power-rod pivotally manipulators.

Keywords: hinged-rod arm; power analysis; the system of algebraic equations; hydraulic cylinders; the laws of statics.

Манипуляторы с шарнирно-стержневой стрелой относятся к семейству погрузочных манипуляторов. При силовом расчёте манипулятора с двухзвенной шарнирно-стержневой стрелой считаются известными координаты точек $A(a, b, -c)$ и $B(-a, b, -c)$ крепления гидроцилиндров пространственного приводного механизма на основании; в выбранных системах отсчёта (рисунок), координаты опоры O равны нулю [2, с. 105–109]. Известны также геометрические размеры двухзвенной шарнирно-стержневой стрелы, длина гидроцилиндров и их ход штока [3, с. 31–34]. Требуется определить усилия F_1, F_2, F_3 в штоках

гидроцилиндров (параллельные гидроцилиндры CD рукояти рассматриваются как одно кинематическое звено). В числе искомых величин реакции R_0 и R_{01} в шарнирах O и O_1 и момент в опорном шарнире O . Сначала определяются искомые величины в системе $Ox_1y_1z_1$, координатная плоскость Oy_1z_1 которой отслеживает поворот стрелы в горизонтальной плоскости на угол ψ и совпадает с плоскостью стрелы. С учётом того, что коренная секция набрана из стержней, составляющие R_2 и R_3 реакции в опоре O направлены по стержням, а третья составляющая R_1 – перпендикулярно плоскости стрелы – вдоль оси Ox_1 .

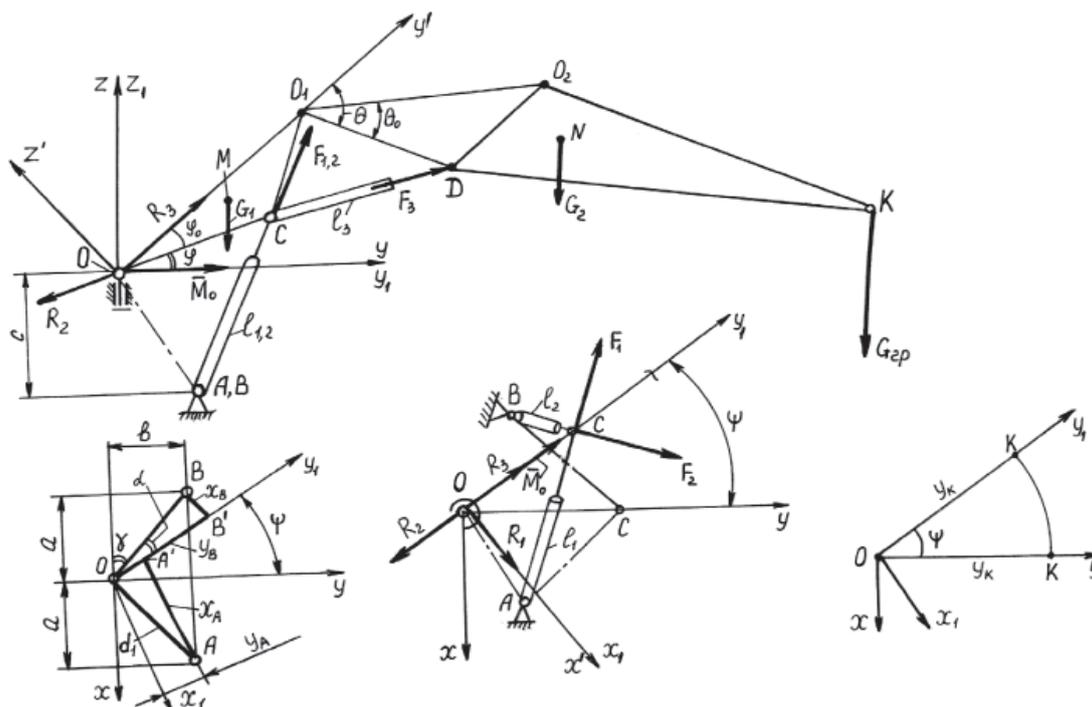


Благодаря этому схема расчёта коренной секции и системы в целом упрощается – пространственная система сил сохраняется лишь по отношению к усилиям F_1 и F_2 в штоках гидроцилиндров пространственного приводного механизма [1, с. 28–30]. С учётом этого координаты x_C и x_K в системе $Ox_1y_1z_1$ равны нулю.

Составим уравнения равновесия сил и моментов, действующих на шарнирно-стержневую стрелу, в подвижной системе координат $Ox_1y_1z_1$. При рассмотрении стрелы в целом усилие F_3 в штоках гидроцилиндров рукоятки и реакция в шарнире O_1 являются внутренними силами. С учётом этого имеем:

$$\begin{aligned} \frac{x_A}{l_1} \cdot F_1 - \frac{x_B}{l_2} \cdot F_2 + R_1 &= 0; \quad \frac{y_C + y_A}{l_1} \cdot F_1 + \frac{y_C - y_B}{l_2} \cdot F_2 - R_2 \cos \varphi + R_3 \cos(\varphi + \varphi_0) = 0; \\ \frac{z_C + z_A}{l_1} \cdot F_1 + \frac{z_C + z_B}{l_2} \cdot F_2 - R_2 \sin \varphi + R_3 \sin(\varphi + \varphi_0) &= G_{\text{гп}} + G_1 + G_2; \\ \frac{(z_C + z_A)y_C - (y_C + y_A)z_C}{l_1} \cdot F_1 + \frac{(z_C + z_B)y_C - (y_C - y_B)z_C}{l_2} \cdot F_2 &= \\ &= -(G_{\text{гп}} \cdot y_K + G_1 \cdot y_M + G_2 \cdot y_N); \\ \frac{x_A \cdot z_C}{l_1} \cdot F_1 + \frac{x_B \cdot z_C}{l_2} \cdot F_2 + M_0 &= 0; \quad \frac{x_A \cdot y_C}{l_1} \cdot F_1 + \frac{x_B \cdot y_C}{l_2} \cdot F_2 = 0, \end{aligned} \quad (1)$$

где y_M , y_N – координаты вдоль оси Oy_1 центров коренной секции и рукоятки; $z_A = z_B = -c$ (рисунок).



Силовая схема манипулятора с шарнирно-стержневой стрелой



В результате решения системы алгебраических уравнений (1) определяются искомые величины $F_1, F_2, R_1, R_2, R_3, M_0$. Во избежание громоздких выражений решение в общем виде не приводится. Вместе с тем, переходя от «затвердевшей» к реальной системе, отметим, что искомые величины являются функциями длины l_1 и l_2 гидроцилиндров и обобщённых координат j и y . Следовательно, полное решение задачи силового анализа – это определение диапазона изменения названных величин, в том числе усилий F_1 и F_2 в штоках гидроцилиндров.

В отличие от традиционных монолитных коренных секций, здесь сила R_{cx} проходит через специальный шарнир C и его цапфы, поэтому не образуется момент закручивания фермы OC . Сила R_{cx} воспринимается поперечным сечением плоской фермы, которая выполнена жёсткой – с перемычками. Сила R_1 является незначительной и замыкается в опорно-поворотном устройстве – в опоре O .

Для определения остальных неизвестных F_3 и R_{01} можно рассматривать равновесие рукояти в той же системе координат $Ox_1y_1z_1$, координатная плоскость Oy_1z_1 которой совпадает с плоскостью стрелы (рисунок).

Силовой анализ шарнирно-стержневого манипулятора выполняется согласно законам статики. Для рассматриваемого шарнирно-стержневого гидроманипулятора (с плавным и бесступенчатым регулированием

скорости перемещения штоков гидроцилиндров, коренной секции, рукояти и груза) коэффициент динамичности $k_d = 1,05...1,15$.

Библиографический список

1. Бабоченко Н. В. Алгоритм силового анализа шарнирно-стержневых манипуляторов с пространственным приводным механизмом / Н. В. Бабоченко // Международный научно-исследовательский журнал. – 2014. – № 1 (20). – С. 28–30.
2. Кривельская Н. В. Алгоритм силового анализа шарнирно-стержневых манипуляторов / Н. В. Кривельская // Известия нижевольтского агроуниверситетского комплекса. – 2009. – № 2. – С. 105–109.
3. Кривельская Н. В. Алгоритм кинематического и силового анализа шарнирно-стержневых манипуляторов / Н. В. Кривельская // Справочник. Инженерный журнал. – 2010. – № 4. – С. 31–34.

Bibliograficheskij spisok

1. Babochenko N. V. Algoritm silovogo analiza sharnirno-sterzhnevyyh manipulyatorov s prostanstvennym privodnym mehanizmom / N. V. Babochenko // Mezhdunarodnyj nauchno-issledovatel'skij zhurnal. – 2014. – № 1 (20). – S. 28–30.
2. Krivelskaja N. V. Algoritm silovogo analiza sharnirno-sterzhnevyyh manipulyatorov / N. V. Krivelskaja // Izvestija nizhnevoltzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa. – 2009. – № 2. – S. 105–109.
3. Krivelskaja N. V. Algoritm kinematicheskogo i silovogo analiza sharnirno-sterzhnevyyh manipulyatorov / N. V. Krivelskaja // Spravochnik. Inzhenernyj zhurnal. – 2010. – № 4. – S. 31–34.

© Бабоченко Н. В., 2015