

Усилия в шарнирах механизма робота-манипулятора

Е.В. Кувшинова, Е.Н. Элекина

Самарский государственный технический университет, Самара, Россия

Обоснование. Механизмы роботов-манипуляторов используют для выполнения многих задач, и одним из ключевых аспектов их работы являются усилия, которые необходимо применять в шарнирах. Шарниры — это точки соединения двух частей механизма, которые позволяют изменить угол и направление движения. Применение правильных усилий в шарнирах является важным аспектом работы робота-манипулятора.

Основная задача механизма робота-манипулятора — перемещать объекты из одного места в другое. Для этого необходимо, чтобы механизм мог двигаться в любом направлении и изменять конфигурацию в соответствии с заданием. Это возможно благодаря шарнирам, которые позволяют механизму осуществлять движения в разных плоскостях.

Усилия, которые необходимо применять в шарнирах, зависят от массы перемещаемого объекта, скорости его перемещения, трения в шарнирах и других факторов. При проектировании механизма робота-манипулятора важно определить максимальные нагрузки, которые механизм будет способен выдерживать. Для этого проводятся расчеты, которые учитывают все параметры механизма и факторы воздействия.

Цель — исследовать параметры усилий, которые необходимо применять в шарнирах механизма робота-манипулятора для обеспечения эффективной работы.

Методы. Для расчета усилий в шарнирах механизма робота-манипулятора используется метод Мак-Куллоха–Питта — закон геометрического анализа механизмов. Он позволяет рассчитывать усилия в шарнирах механизма на основе уравнений равновесия.

В данной работе выполняется расчет моментов сил в шарнирах робота-манипулятора, который представлен на рис. 1, с параметрами $l_1 = 0,8$ м, $l_2 = 0,5$ м, $l_3 = 0,3$ м, $m_1 = 40$ кг, $m_2 = 25$ кг, $m_3 = 15$ кг.

Для каждой точки составляется уравнения для моментов сил.

Уравнение равновесия для моментов сил относительно точки А:

$$M_A - \left[m_1 g \frac{l_1}{2} \cos 45^\circ + m_2 g \left(l_1 \cos 45^\circ + \frac{l_2}{2} \cos 15^\circ \right) + m_3 g \left(l_1 \cos 45^\circ + l_2 \cos 15^\circ + \frac{l_3}{2} \cos 45^\circ \right) + m_D g \left(l_1 \cos 45^\circ + l_2 \cos 15^\circ + l_3 \cos 45^\circ \right) \right] = 0. \quad (1)$$

$$M_A = 665 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$



Рис. 1. Робот-манипулятор

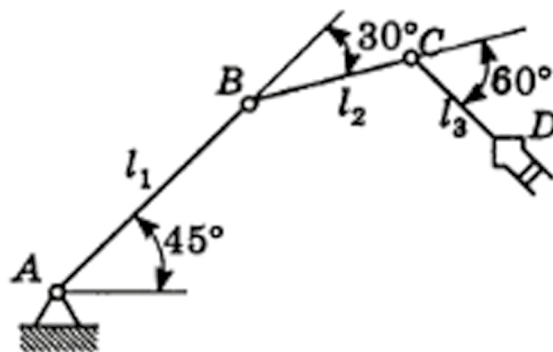


Рис. 2. Кинематическая схема робота-манипулятора, работающего в угловой системе координат

Уравнение равновесия для моментов сил относительно точки B :

$$M_B - g \left[m_2 g \frac{l_1}{2} \cos 45^\circ + m_2 g (l_1 \cos 45^\circ + \frac{l_2}{2} \cos 15^\circ) + m_3 g (l_1 \cos 45^\circ + l_2 \cos 15^\circ + \frac{l_3}{2} \cos 45^\circ) + m_D g (l_1 \cos 45^\circ + l_2 \cos 15^\circ + l_3 \cos 45^\circ) \right] = 0. \quad (2)$$

$$M_B = 248 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Уравнение равновесия для моментов сил относительно точки C :

$$M_B - g \left(\frac{l_3}{2} \cos 45^\circ + m_D l_3 \cos 45^\circ \right) = 0.$$

$$M_C = 47,7 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Результат. В результате расчета моментов сил в шарнирах механизма робота-манипулятора было установлено, что наибольшее значение момента возникает в шарнире, который обеспечивает передвижение рабочего органа в вертикальном направлении. Данный момент сил составил $665 \text{ Н} \cdot \text{м}$ и является критическим для безопасной работы робота-манипулятора. При проектировании и эксплуатации механизма необходимо учитывать данное значение и принимать меры для минимизации момента в шарнире, например, выбирая оптимальные параметры и конструкцию механизм, используя подшипники высокой точности и обеспечивая правильную сборку и установку механизма.

Выводы. В ходе расчета усилий в шарнирах робота-манипулятора было установлено, что каждый из шарниров испытывает определенную нагрузку, которая зависит от массы и геометрических параметров сегмента манипулятора, а также от углов, под которым они находятся.

Ключевые слова: робот-манипулятор; усилия в шарнирах; метод Мак-Куллоха–Питта закон геометрического анализа механизмов; моменты сил.

Список литературы

1. Аппель П.Э. Теоретическая механика. Москва: ФМ, 1960. 520 с.
2. Булгаков А.Г., Воробьев В.А. Промышленные роботы. Кинематика, динамика, контроль и управление. Москва: СОЛОН-Пресс, 2020. 484 с.

Сведения об авторах:

Елизавета Владимировна Кувшинова — студентка, группа 22-ФПГС-102, факультет промышленного и гражданского строительства; Самарский государственный технический университет, Самара, Россия. E-mail: elizaveta.kuv@yandex.ru

Елена Николаевна Элекина — научный руководитель, старший преподаватель кафедры строительной механики, инженерной геологии, оснований и фундаментов; Самарский государственный технический университет, Самара, Россия. E-mail: elekina-e1@yandex.ru