

ЗАХВАТНОЕ УСТРОЙСТВО С ЧЕРВЯЧНОЙ ПЕРЕДАЧЕЙ ДЛЯ ШАРНИРНОГО РОБОТА

Муравьев Н.А., Огородников А.И.

*Уральский федеральный университет имени первого Президента России
Б.Н. Ельцина, Екатеринбург*

Ключевые слова: компьютерное моделирование, шарнирный робот, Kawasaki, червячная передача, захватное устройство.

Аннотация. Универсальные шарнирные роботы являются инструментальной основой гибких производственных ячеек, которые определяют современный уклад производства и технически обеспечивают вариативное изготовление большой номенклатуры изделий с широким диапазоном типоразмеров. Универсальный робот поставляется как отдельная единица технологического оборудования и может быть оснащен богатым спектром рабочих органов, инструментов и захватных устройств. В данной работе разработано захватное устройство с червячной передачей для робота Kawasaki, которое отличается повышенной точностью за счет минимизации зазоров и возможностью адаптивно захватывать объекты разной формы. Разработанное устройство является отдельным изделием и может быть использовано с любым другим роботом с аналогичной повышенной грузоподъемностью. Разработанная методика проектирования пригодна для конструирования различных захватных устройств и включает алгоритмическую часть, связанную с подключением и управлением.

WORM GEAR GRIPPER FOR ARTICULATED ROBOT

Muravyev N.A., Ogorodnikov A.I.

*Ural Federal University named after the First President of Russia B.N. Yeltsin,
Ekaterinburg*

Keywords: computer modeling, articulated robot, Kawasaki, worm gear, gripper.

Abstract. Universal articulated robots are the equipping basis of flexible manufacturing cells that determine the modern industry revolution and technically ensure variable production of a large range of products with a wide range of types or sizes. The universal robot is supplied as a separate unit of technological equipment and can be equipped with a wide range of working organs, tools and gripping devices. In this work, a gripping device with a worm gear for the Kawasaki robot is developed, which is characterized by increased accuracy due to the minimization of gaps and the ability to adaptively grip objects of various shapes. The developed device is a separate product and can be used by any other industrial robot with a similar increased lifting capacity. The developed design methodology is suitable for developing various gripping devices and includes an algorithmic part associated with its connection and control.

Гибкие производственные системы [1] определяют актуальную тенденцию в развитии современного машиностроения и в достаточной мере обеспечены универсальными промышленными роботами [2] с различными параметрами геометрии и грузоподъемности. Разработка захватных устройств и инструментов составляет обязательную часть поставки и интеграции роботов [3]. Проектирование рабочих органов для манипуляторов зависит от выполняемых технологических операций [4] и должно учитывать специфику применения [5].

В данной работе разработано захватное устройство для робота Kawasaki RS010N средней грузоподъемности, установленного в робототехнической

лаборатории УрФУ. Механический схват предназначен для транспортировки призматических и цилиндрических заготовок массой до 5 кг, оснащен электродвигателем PL57H56-D8 и управляется через контроллер робота. Кинематическая схема и модель захватного устройства приведены на рисунке 1. Отличительной особенностью конструкции является червячная передача, которая не только повышает полезное усилие от привода, но и обеспечивает функцию самоторможения, жестко удерживая конфигурацию в заданной позиции. Поступательное движение пальцев схвата осуществляется за счет комбинации двух вращательных движений.

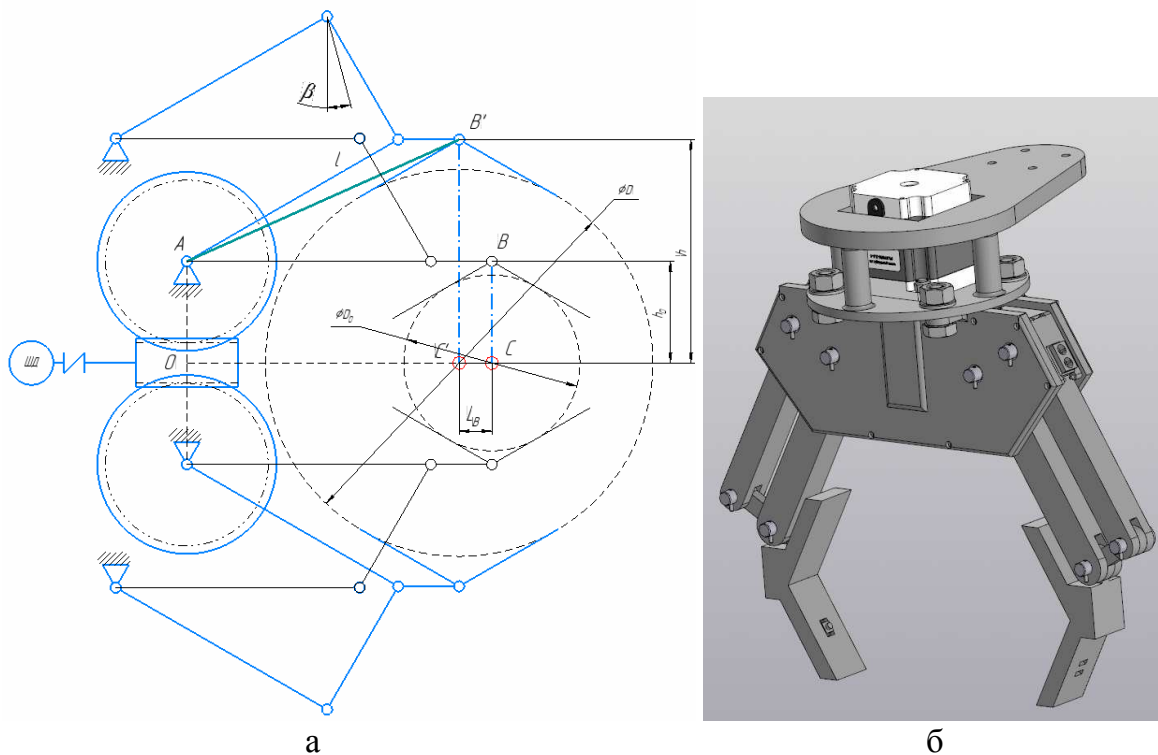


Рис. 1. Кинематическая схема (а) и модель (б) захватного устройства

Точность можно характеризовать по ошибке схвата через разницу между центром описанной окружности в открытом и закрытом состоянии. Определяется она исходя из диаметров этих окружностей, а также угла на котором поступательное движение происходит:

$$\Delta L_B = \frac{\Delta D}{2 \sin \gamma} \cdot \operatorname{tg} \beta = \frac{190,5 - 86,61}{2 \cdot \sin(60)} \cdot 0,261 = 16,01 \text{ мм},$$

где ΔD – разница диаметров вписанной окружности в открытом и закрытом состоянии схвата (взяты из построенной схемы), γ – угол от поверхности пальца до оси пальца, β – угол под которым движутся относительно оси, перпендикулярной оси червячного вала (15° из кинематических расчетов).

На этапе конструирования проработана компоновка, построена подробная геометрическая модель с учетом крепления двигателя и передачи, выполнен кинематический и силовой расчет, разработана конструкторская документация.

Для выбранной призматической формы пальцев силовой расчет выполнен по формуле для усилия в точке, определяемого углом наклона призматических поверхностей относительно оси пальца:

$$N_i = R_n \cdot \frac{\sin \varphi_j - \mu \cos \varphi_i}{\sin(\varphi_j + \varphi_i) - 2\mu \cos(\varphi_j + \varphi_i)},$$

где угол наклона вектора силы $\varphi_j = \varphi_i = 60^\circ$, вес груза $R_n = mg = 5 \cdot 9,8 = 49 \text{ Н}$, $\mu = 0,35$ – коэффициент трения.

$$N_1 = N_2 = R_n \cdot \frac{\sin 60 - 0,35 \cos 60}{\sin(120) - 2 \cdot 0,35 \cos(120)} = 49 \cdot \frac{0,866 - 0,35 \cdot 0,5}{0,866 - 0,7 \cdot (-0,5)} = 31,5 \text{ Н}.$$

Максимально переносимый вес можно вычислить следующим образом:

$$R_n = \frac{N_1 \cdot (\sin(120) - 2\mu \cos(120))}{\sin 60 - \mu \cos 60} = \frac{31,5 \cdot (0,866 - 0,7 \cdot (-0,5))}{0,866 - 0,35 \cdot 0,5} = 62,18 \text{ Н}.$$

В соответствии с расчетами, хват способен выдерживать на каждом пальце номинальное усилие до 63 Н, и максимально возможное усилие до 100 Н, геометрия позволяет переносить заготовку диаметром до 100 мм, при этом оси пальцев смещаются на 16 мм. Полученные параметры выше, чем у аналогов.

Совместная геометрическая модель манипулятора и захватного устройства показана на рисунке 2.



Рис. 2. Модель робота Kawasaki RS010N с разработанным захватным устройством в программной среде K-ROSET

Отдельная задача при проектировании мехатронного устройства заключается в реализации алгоритмов управления. За обратную связь отвечают концевые датчики на пальцах, которые срабатывают при захвате объекта, а также датчики на элементах внутренней конструкции, которые срабатывают при переходе в открытое положение. Конструкция приводится в действие шаговым двигателем, который через драйвер соединен с контроллером робота, что позволяет настраивать скорость. Управляющий сигнал драйвера подаётся на двигатель, когда поступает единичный управляющий сигнал с контроллера.

Таким образом формируется аппаратная среда для управления устройством, которая включает контроллер, объект управления, усилительное устройство и имеет обратную связь. Роботы Kawasaki обладают свободными портами входов и выходов, позволяющими подключать внешние устройства, а также подавать на них сигналы. Программная реализация с имеющимися

устройствами простая, но надёжная, и заключается в подаче сигналов на драйвер двигателя, если в цикле манипулятора вызывается программу открытия или закрытия захватного устройства, при этом датчики выступают ограничивающими устройствами, которые следят, чтобы устройство вовремя останавливалось и не ломалось. Разработанные алгоритмы реализованы на базе языка программирования для роботов AS.

В заключение следует отметить, что робот Kawasaki RS010N с разработанным захватным устройством предназначен для транспортировки заготовок и обладает средней грузоподъемностью. Шаблоны расчетов и геометрических построений сохранены и позволяют быстро проектировать другие устройства с отличающимися характеристиками.

Список литературы

1. Берсенов К.А., Огородникова О.М. Гибкая производственная ячейка для роботизированного аддитивного производства // Мехатроника, автоматика и робототехника. – 2024. – № 13. – С. 124-127.
2. Огородников И.И., Огородникова О.М. Перепрограммирование промышленных роботов в составе гибкой производственной системы // Информационные технологии в проектировании и производстве. – 2022. – № 2(186). – С. 36-40.
3. Огородникова О.М., Проничев И.М. Об опыте проектирования робототехнического комплекса для неразрушающего контроля // Проблемы машиностроения и автоматизации. – 2016. – № 3. – С. 36-40.
4. Огородников А.И., Власов В.Н., Огородникова О.М. Компьютерная оценка ожидаемого качества в системе управления технологическими процессами механической обработки // Проблемы машиностроения и автоматизации. – 2015. – № 1. – С. 123-127.
5. Ogorodnikova O.M., Ali W. Method of ripe tomato detecting for a harvesting robot // AIP Conference Proceedings. 2019, vol. 2274, p. 020146.

Сведения об авторах:

Муравьев Никита Андреевич – студент;

Огородников Алексей Игоревич – к.т.н., доцент кафедры электронного машиностроения.