

КИНЕМАТИКА РАБОТЫ МАНИПУЛЯТОРА

Горюнов Д.Г., Анисимов С.А., Азизов Ир.Р., Азизов Ил.Р.

Ключевые слова: кинематика, рабочее оборудование манипуляторного типа, бионическое захватное устройство, роботизированный комплекс, аварийно-спасательные работы.

Аннотация. Представлены результаты разработки лабораторного прототипа манипулятора и рабочего органа манипуляторного типа с бионическим захватным устройством, предназначенного для применения в условиях представляющих опасность для здоровья и жизнедеятельности личного состава выполняющего аварийно-спасательные и другие неотложные работы, а также основные теоретические зависимости кинематики рабочего оборудования и исследование кинематики движения конструкции при выполнении работ.

KINEMATICS OF THE MANIPULATOR OPERATION

Goryunov D.G., Anisimov S.A., Azizov Ir.R., Azizov Il.R.

Keywords: kinematics, manipulator-type working equipment, bionic gripping device, robotic complex, emergency rescue operations.

Abstract. The results of the development of a three-dimensional model of a manipulator-type working organ with a bionic gripper device, intended for use in conditions that pose a danger to the health and vital activity of personnel performing emergency rescue and other urgent work, a laboratory prototype and the main theoretical dependences of the kinematics of the working equipment are presented and the study of the kinematics of the movement of the structure when performing work.

Введение. В настоящее время выполнение аварийно-спасательных и других работ по ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций связано с высоким риском для жизни и здоровья личного состава. Производство данного вида работ целесообразно осуществлять с применением различных роботизированных комплексов, в том числе предназначенных для выполнения функций человека – так называемых манипуляторов с бионическими захватными устройствами. Однако, прежде чем применять на практике данные устройства необходимо провести их теоретические исследования. Достаточно важным в данном случае является изучение вопросов кинематики рабочего оборудования манипуляторного типа.

Цель работы – изучение кинематики рабочего органа манипуляторного типа с бионическим захватным устройством для выполнения аварийно-спасательных работ.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи.

1. Разработать компьютерную трехмерную модель рабочего органа манипуляторного типа с бионическим захватным устройством.
2. Создать лабораторный прототип рабочего органа.
3. Провести теоретические исследования кинематики рабочего органа.

Метод исследования – компьютерное и натурное моделирование.

Результаты исследований – теоретические зависимости кинематики рабочего органа.

Компьютерное моделирование производилось с применением программного продукта Аскон Компас-3D. В среде данной программы была разработана трехмерная модель рабочего органа манипуляторного типа с бионическим хватным устройством [1], что позволило в виртуальной среде проанализировать все возможные движения и положения различных узлов манипулятора и бионического хватного устройства.

На основе разработанной трехмерной модели был изготовлен лабораторный прототип устройства (рис. 1).

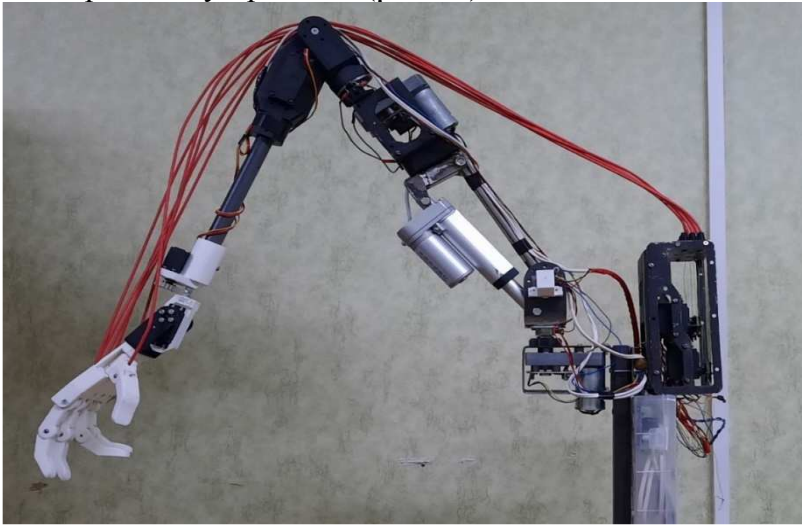


Рис. 1. Прототип рабочего органа манипуляторного типа с бионическим хватным устройством

Предлагаемое рабочее оборудование обеспечивает перемещение и манипуляцию с грузом, который удерживается с помощью бионического хватного устройства. Согласно конструктивно-компоновочной схеме устройство состоит из трех звеньев, шарнирно соединенных между собой. Усилие обеспечивающее сгибание каждого подвижного звена осуществляется с помощью приводов, установленных на подвижных звеньях. С учетом действия сжимающего усилия силы \bar{F}_m и создаваемой ею реактивной силы \bar{F}_m со стороны сжимаемого предмета, схема сил, действующих на рабочий орган манипуляторного типа, согласно [2-5], будет иметь следующий вид (рис. 2).

Уравнение моментов сил, действующих на подвижное звено манипулятора:

$$\sum M_0 = 0; \quad (1)$$

$$\sum X = 0; \quad (2)$$

$$\bar{F}_m \cdot Y_a + \bar{F}_{np.n.3.4} \cdot \cos(90^\circ - \varphi_1) \cdot X_{a1} + \bar{F}_{np.n.3.3} \cdot \cos(90^\circ - \varphi_2) \cdot X_{a2} - ; \quad (3)$$

$$-\bar{F}_{np.n.3.4} \cdot \cos(90^\circ - \varphi_1) \cdot X_{a1} - \bar{F}_{np.n.3.3} \cdot \cos(90^\circ - \varphi_2) \cdot X_{a2} = 0$$

$$\bar{F}_m - \bar{F}_{np.n.3.4} \cdot \cos \varphi_1 - \bar{F}_{np.n.3.3} \cdot \cos \varphi_2 = 0; \quad (4)$$

где \bar{F}_m – усилие, действующее на бионическое захватное устройство, Н; $\bar{F}_{np.n.3.4}$ – усилие, развиваемое приводом подвижного звена 4, Н; $\bar{F}_{np.n.3.3}$ – усилие, развиваемое приводом подвижного звена 3, Н; φ_1 – угол направления приложения усилия относительно оси координат подвижного звена 4, град.

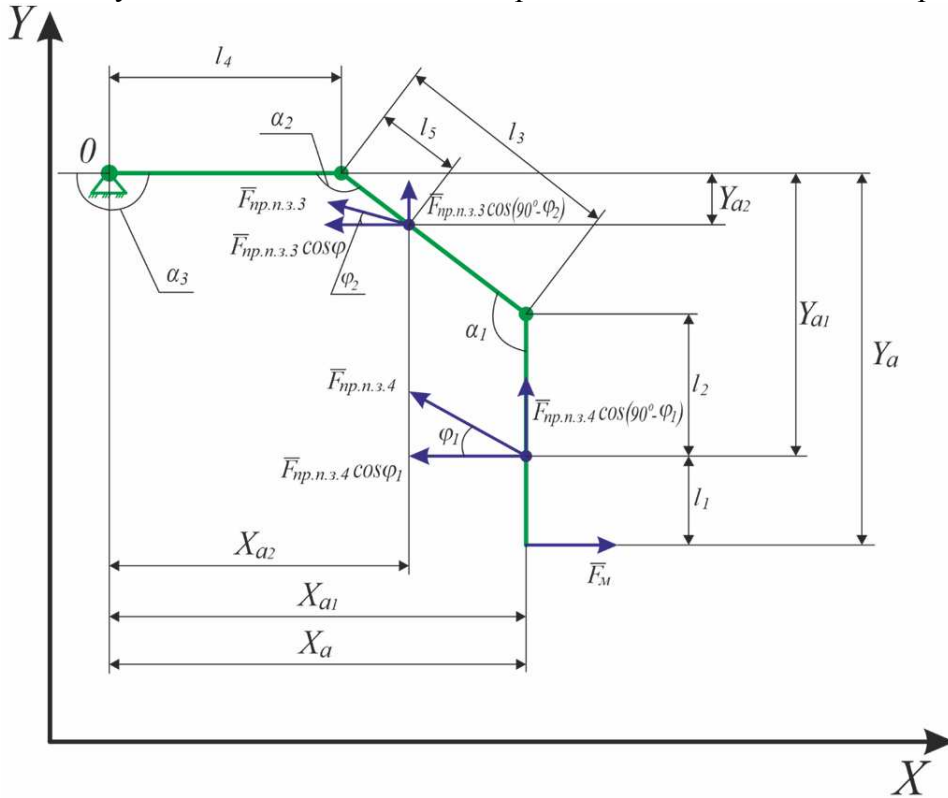


Рис. 2. Схема кинематики подвижных звеньев рабочего органа манипуляторного типа

$$\varphi_1 = 180^\circ - (\alpha_1 - 90^\circ); \quad (5)$$

φ_2 – угол направления приложения усилия относительно оси координат подвижного звена 3, град;

$$\varphi_2 = 180^\circ - (\alpha_2 - 90^\circ); \quad (6)$$

Y_a – расстояние от точки крепления до точки приложения усилия \bar{F}_m , м;

$$Y_a = l_4 \cdot \sin \alpha_3 + l_3 \cdot \sin(\alpha_3 + \alpha_2) + (l_2 + l_1) \cdot \sin(\alpha_3 + \alpha_2 + \alpha_1); \quad (7)$$

где l_1 – длина от основания бионического захватного устройства и подвижного звена 4 до точки приложения усилия приводом, м; l_2 – длина от точки крепления шарнира до точки приложения усилия приводом, м; l_3 – длина подвижного звена 3, м; l_4 – длина подвижного звена 1, м; l_5 – длина подвижного звена 1 от точки шарнирного соединения до точки приложения

усилия приводом, м; α_1 – угол поворота шарнира основания бионического захватного устройства относительно подвижного звена 4, град; α_2 – угол поворота шарнира подвижного звена 3 относительно подвижного звена 2, град; α_3 – угол поворота шарнира подвижного звена 1 относительно поворотного основания манипулятора, град.

Расстояния: Y_{a1} , (м) – от точки крепления до точки приложения усилия $\bar{F}_{np.n.3.4}$; Y_{a2} , (м) – от точки крепления до точки приложения усилия $\bar{F}_{np.n.3.3}$; X_a , (м) – от точки крепления до точки приложения усилия \bar{F}_m ; X_{a1} , (м) – от точки крепления до точки приложения усилия $\bar{F}_{np.n.3.4}$; X_{a2} , (м) – от точки крепления до точки приложения усилия $\bar{F}_{np.n.3.3}$, определяются по следующим зависимостям:

$$Y_{a1} = l_4 \cdot \sin \alpha_3 + l_3 \cdot \sin(\alpha_3 + \alpha_2) + l_2 \cdot \sin(\alpha_3 + \alpha_2 + \alpha_1). \quad (8)$$

$$Y_{a2} = l_4 \cdot \sin \alpha_3 + l_5 \cdot \sin(\alpha_3 + \alpha_2). \quad (9)$$

$$X_a = l_4 \cdot \cos \alpha_3 + l_3 \cdot \cos(\alpha_3 + \alpha_2) + (l_2 + l_1) \cdot \cos(\alpha_3 + \alpha_2 + \alpha_1). \quad (10)$$

$$X_{a1} = l_4 \cdot \cos \alpha_3 + l_3 \cdot \cos(\alpha_3 + \alpha_2) + l_2 \cdot \cos(\alpha_3 + \alpha_2 + \alpha_1). \quad (11)$$

$$X_{a2} = l_4 \cdot \cos \alpha_3 + l_5 \cdot \cos(\alpha_3 + \alpha_2). \quad (12)$$

Заключение. В ходе проведенных исследований разработан прототип рабочего органа манипуляторного типа с бионическим захватным устройством и определены его основные кинематические зависимости.

Список литературы

1. Патент №192179 РФ. Бионическая кисть руки / Русинов А.В., Азизов И.Р. – Опул. 05.09.2019, Бюл. №25.
2. Булгаков А.Г. Промышленные роботы. Кинематика, динамика, контроль и управление / А.Г. Булгаков, В.А. Воробьев. – М.: СОЛОН-Пр., 2018. – 488с.
3. Гоберман Л.А. Основы теории, расчета и проектирования строительных и дорожных машин. – М.: Машиностроение, 1988. – 464 с.
4. Юревич Е.И. Основы робототехники. 3-е изд., – СПб.: БХВ-Петербург, 2010. – 386 с.
5. Детали машин и основы конструирования: учебник для студентов вузов по агроинж. специальностям / Под ред. М.Н. Ерохина; Ассоц. «Агрообразование». – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: КолосС, 2011. – 512 с.

References

1. Patent No. 192179 RU. Bionic hand / Rusinov A.V., Azizov I.R. – Publ. 05.09.2019, Bul. No. 25.
2. Bulgakov A. G. Industrial robots. Kinematics, dynamics, control and management / A.G. Bulgakov, V.A. Vorobyov. – M.: SOLON-Pr., 2018. – 488p.

3. Goberman L.A. Fundamentals of theory, calculation and design of construction and road machines. – М.: Mechanical Engineering, 1988. – 464 p.
4. Yurevich E.I. Fundamentals of robotics. 3rd ed. – St. Petersburg: BHV-Petersburg, 2010. – 386 p.
5. Machine parts and design basics: a textbook for university students on agron. specialties / Under the editorship of M.N. Erokhin; Assots. "Groovetune". – 2nd ed., reprint and add. – М.: KolosS, 2011. – 512 p.

Горюнов Дмитрий Геннадьевич – кандидат технических наук, доцент кафедры «Техносферная безопасность и транспортно-технологические машины»	Goryunov Dmitry Gennadievich – candidate of technical sciences, associate professor of Department «Technosphere safety and transport and technological machines»
Анисимов Сергей Александрович – кандидат технических наук, доцент кафедры «Техносферная безопасность и транспортно-технологические машины»	Anisimov Sergey Alexandrovich – candidate of technical sciences, associate professor of Department «Technosphere safety and transport and technological machines»
Азизов Ирек Раилевич – аспирант	Azizov Irek Railevich – graduate student
Азизов Илдус Раилевич – студент	Azizov Ildus Railevich – student
Саратовский государственный аграрный университет им. Н.И. Вавилова, г.Саратов, Россия	Saratov state agrarian university named after N.I. Vavilov, Saratov, Russia

Received 05.02.2021