

УДК 621.01

## ИССЛЕДОВАНИЕ МАНЕВРЕННОСТИ МЕХАНИЗМА МАНИПУЛЯТОРА ПРИ ЗАДАННОЙ ТОЧНОСТИ ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ ЦЕНТРА ВЫХОДНОГО ЗВЕНА

Притыкин Федор Николаевич ,

д. т. н., доцент, проф. каф. «Инженерная геометрия и САПР»,  
e-mail : pritykin@mail.ruЗахаров Владимир Александрович,  
студент, e-mail:: vladimir\_zaharov@mail.ru

Омский государственный технический университет, 644050, просп. Мира, д. 11, Омск Россия

**Аннотация**

В работе исследуются количественные оценки показателей маневренности и манипулятивности механизма манипулятора мобильного робота, при наличии двигательной избыточности. Определены графики-функции отражающие изменение показателей маневренности и манипулятивности от значений обобщенных координат при виртуальном моделировании движений манипулятора по вектору скоростей.

**Ключевые слова:** синтез движений манипуляторов, собственные свойства механизмов манипуляторов, маневренность.

Для манипуляционных роботов характерно, что траектория рабочего органа строится в рабочей зоне, а отвечающее ей поле движений синтезируется в многомерном конфигурационном пространстве. Высокая размерность этого пространства обуславливает кинематическую избыточность манипулятора, благодаря которой увеличивается маневренность механизма, расширяются возможности обхода запретных зон.

Как показывает анализ направлений в этой области исследований, совершенствование технических и эксплуатационных характеристик интеллектуальных роботов сопряжено с повышением уровня автономности их систем управления, включая автоматическое формирование сценариев целесообразного поведения и планирования действий [1].

Разработка интеллектуальных систем управления движением роботов имеет непосредствен-

ную взаимосвязь с исследованием собственных свойств механизмов манипуляторов, в частности с исследованием маневренности и манипулятивности.

Маневренность манипулятора - это число степеней подвижности механизма при неподвижном (фиксированном) положении выходного звена, подведенного к данной точке. Маневренность манипулятора зависит не только от вида и числа кинематических пар, но и от их расположения.

Под манипулятивностью понимается способность занимать различную ориентацию выходным звеном в заданной точке конфигурационного пространства. Выполнение некоторых двигательных заданий роботами-манипуляторами возможно при изменении типов конфигураций и при наличии указанной маневренности и манипулятивности. Исследуем количественные оценки маневренности механизма манипулятора мобильного робота

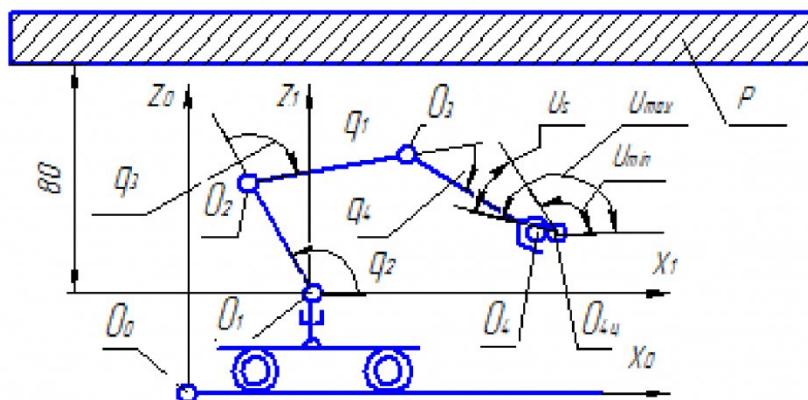


Рисунок 1 - Положение механизма манипулятора мобильного робота и запретной зоны  $P$

«Варан» (рис.1).

Манипулятор, представленный на рисунке, имеет четыре степени подвижности, определяемые значениями вектора обобщенных координат  $\mathbf{L}(q_1, \dots, q_4)$ .

Примем для определенности, длины звеньев механизма манипулятора равными  $O_1O_2 = 900$ ,  $O_2O_3 = 700$  и  $O_3O_4 = 500$  мм. Предельные значения обобщенных координат заданы значениями  $150^\circ > q_2 > 0^\circ$ ,  $150^\circ > q_3 > -150^\circ$ ,  $150^\circ > q_4 > -150^\circ$ .

Параметры манипулятивности определим при  $q_1 = 0$  и  $q_2 = 45^\circ$ . Обобщенная координата  $q_1$  определяет вращение вокруг оси  $O_1z_1$ . В качестве количественной оценки маневренности исследуем параметры  $Q^{xz}$  и  $K_d$ , а манипулятивности соответственно параметр  $U_s$ . Указанные параметры

будем вычислять по зависимостям [2,3]:

$$Q^{xz} = \left( \sum_{j=1}^3 \sum_{i=1}^{mn} (x_{ji}^{\max} - x_{ji}^{\min}) \right) / mn;$$

$$K_d = Q^{xz} / K_i,$$

$$U_s = U_{\max} - U_{\min}.$$

Параметр  $Q^{xz}$  характеризует способность изменять положение узловых точек механизма М3-2-2-2 робота вдоль осей  $x_o$  и  $z_o$  неподвижной системы координат  $O_o$ .  $x_{ji}^{\max}$ ,  $x_{ji}^{\min}$  – максимальные и минимальные значения координат узловых точек механизма манипулятора в неподвижной системе  $O_o$  при реализации значений векторов обобщенных скоростей из области допустимых значений  $Q^\delta$  [2]. Единицей

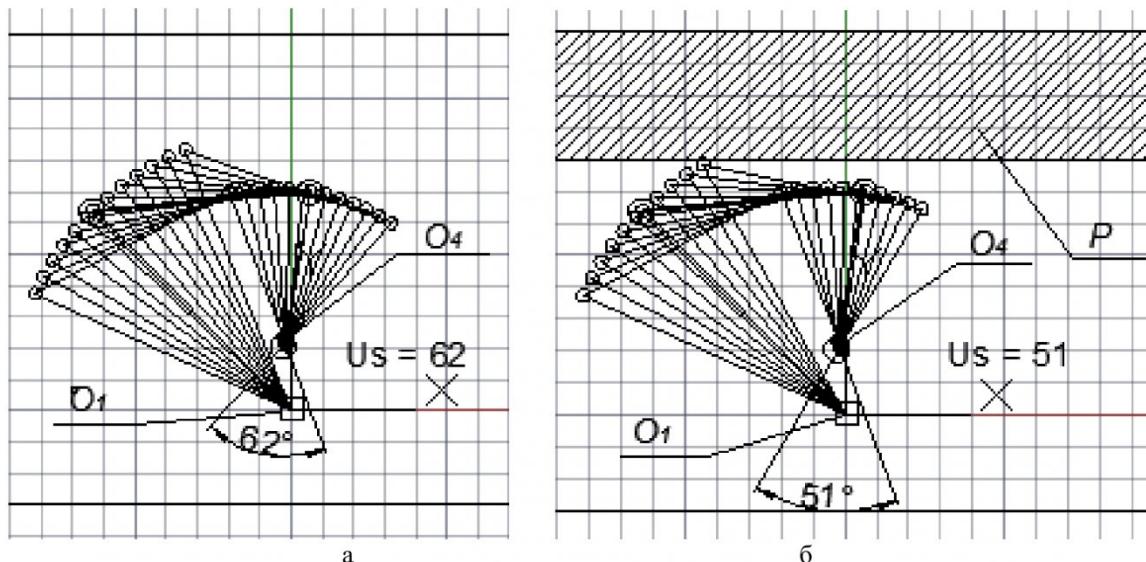


Рисунок 2 - Реализация значений вектора обобщенных скоростей для конфигурации  $q_1=135^\circ$ ,  $q_2=-130^\circ$ ,  $q_3=-105^\circ$ : а – реализация значений при отсутствии запретной зоны; б – реализация при наличии запретной зоны  $P$

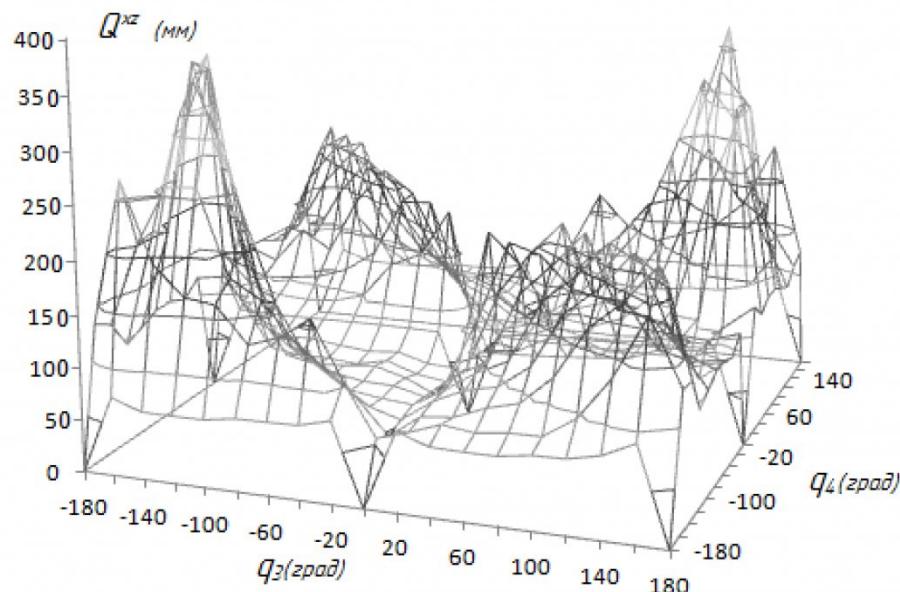


Рисунок 3 - График зависимости –  $Q^{xz} = f_1(q_3, q_4)$  при отсутствии запретной зоны  $P$

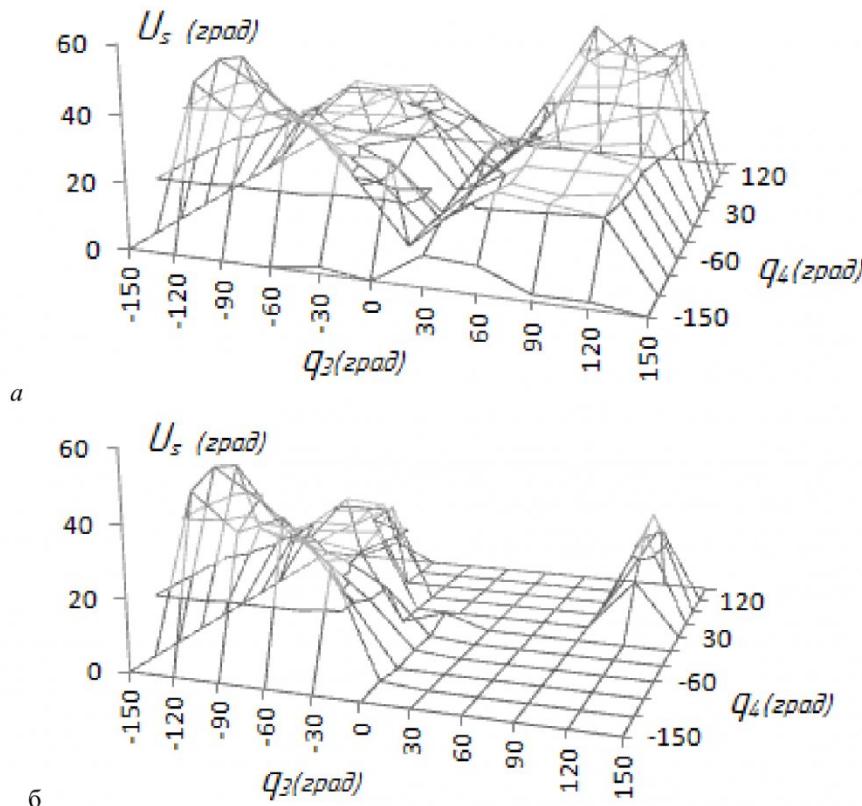


Рисунок 4 - Графики-функции: а –  $U_s = f_3(q_3, q_4)$ ; б –  $U_s = f_4(q_3, q_4)$

измерения параметра  $Q^{xz}$  принятые миллиметры. Значение параметра  $K_d$  отражает удельное изменение «суммарного перемещения» узловых точек, приходящееся на одну конфигурацию множества  $K_i$ ;  $j$  – номер координаты в системе  $O_0$  ( $1 \leq j \leq 2$ );  $i$  – номер узловой точки механизма манипулятора.

Параметр  $m$  задает число узловых точек механизма манипулятора, которое равно числу матриц используемых при задании геометрической модели механизма робота [2]. Направление вектора скоростей выходного звена  $V$  при проведении исследований принято параллельным оси  $O_{0x_0}$  неподвижной системы координат. Размерность указанного вектора в работе равна двум, т.е. ориентация выходного звена при синтезе движений по вектору скоростей не учитывается. При этом  $V_x = 10$  мм/сек,  $V_z = 0$ . Значение  $Q^{xz}$  определялось при  $\delta = 20$  мм. Параметр  $\delta$  задает заданную точность позиционирования.

Геометрический смысл углов  $U_{max}$  и  $U_{min}$  показан на рис.1.

Данные углы определяют максимальные и минимальные углы образованные продольной осью схватоносителя с горизонтальной прямой. Угол  $U_s$  определяется с некоторым допущением угол сервиса [4]. Данный угол определяется

реализацией мгновенных состояний, удовлетворяющих заданной точности позиционирования центра выходного звена. Точка  $O_{4z}$  на рис. 1 определяет целевую точку при смещении выходного звена за одну итерацию.

На рис. 2 представлены результаты исследований, связанных с определением параметров  $Q^{xz}$  и  $U_s$  характеризующих маневренность и манипулятивность реализацией мгновенных состояний при отсутствии и наличии запретной зоны  $P$ .

Как видно из рисунка, запретная зона оказывает существенное влияние на угол  $U_s$ . Реализация значений вектора обобщенных скоростей осуществляется из области допустимых значений [5].

Исследуем значения параметров маневренности и манипулятивности в различных точках конфигурационного пространства. В этих целях на рисунке 3а представлен график зависимости  $Q^{xz} = f_1(q_3, q_4)$  при  $180^\circ > q_3 > -180^\circ$  и  $180^\circ > q_4 > -180^\circ$ .

Анализ графиков показывает, что при значениях  $q_3$  и  $q_4$  равных нулю или  $180^\circ$  исследуемые параметры принимают нулевые значения. Наибольшие показатели маневренности обеспечиваются при значениях в точках конфигурационного пространства имеющих значения обобщенных координат  $q_3$  и  $q_4$

соответственно равных (-135, -135), (-135, -135), (135, -135) и (135, 135).

На рис. 4аб построены зависимости  $U_s = f_3(q_3, q_4)$  и  $U_s = f_4(q_3, q_4)$  при значении  $q_1 = 135^\circ$  соответственно при отсутствии и наличии

запретной зоны.

Из рисунка следует, что запретная зона оказывает существенное влияние на показатели манипулятивности в различных зонах конфигурационного пространства.

## СПИСОК: ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ющенко А. С. Интеллектуальное планирование в деятельности роботов / Ющенко А. С. // Мехатроника, автоматизация, управление. 2005. №3.—С. 5 – 18.
2. Притыкин, Ф. Н. Анализ показателей маневренности механизмов манипуляторов, имеющих различную структуру кинематических цепей / Ф. Н. Притыкин, Е. А. Чукавов // Мехатроника, автоматизация, управление. 2013. – № 1. – С. 35–39.
3. Притыкин Ф.Н., Захаров В.А. Исследование маневренности механизма манипулятора мобильного робота / Ф.Н.Притыкин, В.А.Захаров // - Информационные технологии в науке и производстве : материалы Всерос. молод. науч.-техн. конф. (Омск, 9-10 февр. 2015 г.) – Омск: ОмГТУ, 2015 – С. 245-249,
4. Лебедев, П.А. Аналитический метод определения коэффициента сервиса манипулятора / П.А. Лебедев // Проблемы машиностроения и надежности машин. – 1991. – №5. – С. 93 – 98.
5. Притыкин, Ф. Н. Виртуальное моделирование движений роботов, имеющих различную структуру кинематических цепей: монография / Ф.Н. Притыкин. – Омск: Изд-во ОмГТУ, 2014. – 172 с.

*Поступило в редакцию 01.04. 2015*

## INVESTIGATION OF MECHANISM MANOEUVRABILITY CHARACTERISTICS AT GIVEN POSITIONING ACCURACY OF CENTER OF OUTPUT MEMBER

**Pritykin Fjodor N. ,**  
Dr. tech. SC., Professor », e-mail : [pritykin@mail.ru](mailto:pritykin@mail.ru)  
**Zaharov Vladimir Al. ,**  
student, e-mail: [ylodimir\\_zaharov@mail.ru](mailto:ylodimir_zaharov@mail.ru)

Omsk State Polytechnical University; 644050, Peace Avenue , 11,, Omsk, Russia.

**Abstract:** In work quantitative estimations of indicators of manoeuvrability and манипулятивности the mechanism of the manipulator of the mobile robot, in the presence of impellent redundancy are investigated. Schedules-functions reflecting change of indicators of manoeuvrability and манипулятивности from values of the generalised co-ordinates are defined at virtual modelling of movements of the manipulator on a vector of speeds.

**Keywords:** synthesis of movements of manipulators, own properties of mechanisms of manipulators, manoeuvrability.

*Поступило в редакцию 01 April 2015*

## REFERENCES

1. Juschenko A. S. Intellektual'noe planirovanie v dejatel'nosti robotov / Juschenko A. S. // Meha-tronika, avtomatizacija, upravlenie. 2005. №3.□S. 5 □ 18.
2. Pritykin, F. N. Analiz pokazatelej manevrennosti mehanizmov manipulatorov, imejuschih raz-li4nuju strukturu kinemati4eskikh cepej / F. N. Pritykin, E. A. 44ukavov // Mehatronika, avtomatiza-cija, upravlenie. 2013. □ № 1. □ S. 35□39.
3. Pritykin F.N., Zaharov V.A. Issledovanie manevrennosti mehanizma manipuljatora mobil'no-go robota / F.N.Pritykin, V.A. Zaharov // - Informacionnye tehnologii v nauke i proizvodstve : mate-rialy Vseros. molod. nau4.-tehn. konf. (Omsk, 9-10 fevr. 2015 g.) □ Omsk: OmGTU, 2015 □ S. 245-249,
4. Lebedev, P.A. Analiti4eskij metod opredelenija koefficiente servisa manipuljatora / P.A. Lebedev // Problemy ma6inostroenija i nade#nosti ma6in. – 1991. – №5. – S. 93 – 98.
5. Pritykin, F. N. Virtual'noe modelirovaniye dvi#enij robotov, imejuschih razli4nuju struktur-u kine-mati4eskikh cepej: monografija / F.N. Pritykin. – Omsk: Izd-vo OmGTU, 2014. – 172 s.

*Received 01 April 2015*