

Содержание дисциплины ежегодно обновляется, развивается учебно-методическая база, шлифуются технологии обучения. Все больше и больше преподавателей приобретают опыт чтения ВІМ дисциплин.

Процесс запущен, и есть основания надеяться, что «План по внедрению технологий информационного моделирования зданий в области промышленного и гражданского строительства» будет успешно завершён.

### Литература

1. План по внедрению технологий информационного моделирования зданий в области промышленного и гражданского строительства / Министерство строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.minstroyrf.ru/upload/iblock/383/prikaz-926pr.pdf> – Дата доступа: 20.02.2016.

2. Национальное объединение саморегулируемых организаций, основанных на членстве лиц, осуществляющих подготовку проектной документации [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://nopriz.ru/search/index.php?q=ВІМ&x=0&y=0> – Дата доступа: 20.02.2016.

3. 3D-проектирование будет использоваться в области промышленного и гражданского строительства / Пресс-центр Минстоя России // [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.minstroyrf.ru/press/3d-proektirovanie-budet-ispolzovatsya-v-oblasti-promyshlennogo-i-grazhdanskogo-stroitelstva>.

УДК 621.01

## **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОЕКЦИЙ УГЛА СЕРВИСА, ЗАДАЮЩЕГО МНОЖЕСТВО КОНФИГУРАЦИЙ АНДРОИДНОГО РОБОТА РЕАЛИЗАЦИЕЙ МГНОВЕННЫХ СОСТОЯНИЙ**

**Ф.Н. Притыкин**, д.т.н., доцент, профессор, **В.И. Небритов**, магистрант

*Омский государственный технический университет,  
г. Омск, Российская Федерация*

Ключевые слова: мгновенные состояния механизмов манипуляторов, виртуальное моделирование движений, угол сервиса.

Аннотация: в работе исследуются значения параметров, задающих проекции угла сервиса, реализацией мгновенных состояний исполнительного механизма руки андроидного робота, при которых обеспечена заданная точность позиционирования центра выходного звена.

При виртуальном моделировании движений механизма андроидного робота с использованием метода построения движений по вектору скоростей необходимо вычислять на каждом шаге расчётов значение вектора  $Q$  приращений обобщённых координат [1]. С целью преодоления тупиковых ситуаций существует необходимость в обеспечении максимальных значений параметров, характеризующих манипулятивность указанного робота. Поэтому исследования, связанные с определением угла сервиса андроидного робота в различных точках конфигурационного пространства, остаются актуальной задачей.

Значение вектора  $Q$  определяется точкой  $N^Q$ , принадлежащей  $p$ -плоскости  $\Gamma$ , которая задана линейной системой уравнений, определяющей взаимосвязь скоростей ВЗ и обобщённых скоростей [1, 2]. Размерность указанной  $p$ -плоскости  $\Gamma$ , в пространстве обобщённых скоростей определяет степень двигательной избыточности.

Определим проекции угла  $U_s$ , образованного продольной осью схватоносителя выходного звена андроидного робота, с использованием метода, основанного на реализации мгновенных состояний. Значения параметров определим при заданной точности позиционирования центра выходного звена  $\delta = 5$  мм.

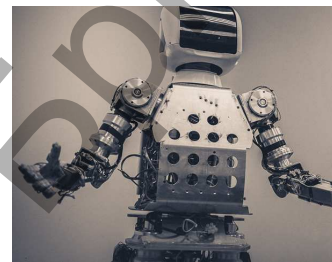
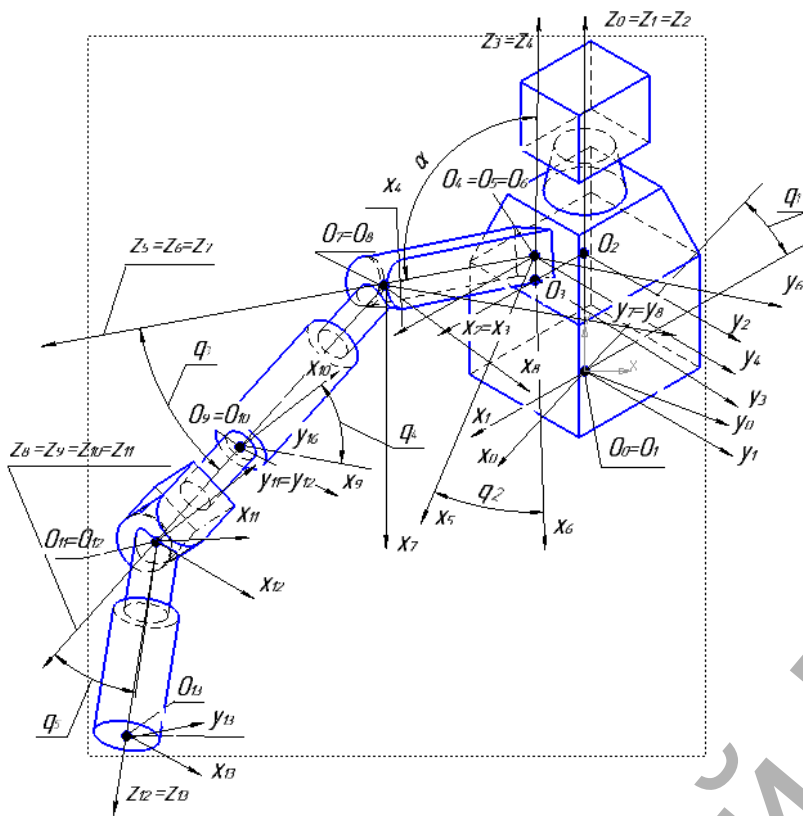
Угол  $U_s$  характеризует манипулятивность выходного звена при размещении его центра в заданной точке обслуживания [3,4]. Разные конфигурации манипулятора обеспечивают различный угол сервиса. На данный параметр влияют количество звеньев манипулятора и его положение, определяемое значениями обобщённых координат. На рис. 1а представлены системы координат  $Q_k x_k y_k z_k$ , связанные со звеньями механизма руки и туловища андроидного робота AR-600E ( $13 \geq k \geq 1$ ), положение которых определяют обобщённые координаты  $q_i$  ( $5 \geq i \geq 1$ ). Где  $k$  определяет номер системы координат. Соответственно на рисунке 1б изображен общий вид этого робота. В соответствии с методикой обозначения открытых кинематических цепей, принятой в работе [3], данный механизм имеет следующее обозначение МЗ-12-10-12-8-3-12-2-12-3-12-2-12. Значения списков массивов, характеризующие геометрическую модель исполнительного механизма руки, заданы в таблице [3].

Таблица 1 – Значения массивов и кодов, определяющих геометрическую модель механизма андроидного робота

| Массивы                    | Номер преобразования систем координат |             |             |            |            |                |             |                |            |                |             |                |             |
|----------------------------|---------------------------------------|-------------|-------------|------------|------------|----------------|-------------|----------------|------------|----------------|-------------|----------------|-------------|
|                            | 1                                     | 2           | 3           | 4          | 5          | 6              | 7           | 8              | 9          | 10             | 11          | 12             | 13          |
| $q_i$ (град.),<br>(см.)    | $q_1=45^\circ$                        | 0           | 0           | 0          | 0          | $q_2=50^\circ$ | 0           | $q_3=50^\circ$ | 0          | $q_4=50^\circ$ | 0           | $q_5=50^\circ$ | 0           |
| $l_k$<br>(см.)             | 0                                     | 0           | 0           | 0          | 0          | 0              | 0           | 0              | 0          | 0              | 0           | 0              | 0           |
| $l_{sm}$ (град.),<br>(см.) | 0                                     | $l_1=30$ см | $l_2=12$ см | $l_3=8$ см | $80^\circ$ | 0              | $l_4=10$ см | 0              | $l_5=8$ см | 0              | $l_6=15$ см | 0              | $l_7=25$ см |
| $n_{kod}$                  | 3                                     | 12          | 11          | 12         | 7          | 3              | 12          | 2              | 12         | 3              | 12          | 2              | 12          |

Расстояния  $l_i$  задают размеры звеньев механизмов определяют отрезки  $l_1= O_1O_2$ ,  $l_2= O_2O_3$ ,  $l_3= O_3O_4$ ,  $l_4= O_6O_7$ ,  $l_5= O_8O_9$ ,  $l_6= O_{10}O_{11}$  и  $l_7= O_{12}O_{13}$  (см. рис. 1а). В таблице параметр  $n_{kod}$  определяет значение кода преобразований систем координат [3]. В данной работе определены проекции угла  $U_s$  при направлении вектора скорости ВЗ  $V$  вдоль оси  $O_0x_0$ .

Исследования проводились на моделях, построенных в среде AutoCAD с использованием языка AutoLISP. Конфигурации исследовались для случаев, когда обобщённые координаты принимают значения  $q_i(25^\circ, 20^\circ, q_3, 25^\circ, q_5)$  при этом  $0^\circ \leq q_3 = q_5 \leq 65^\circ$ . На рисунке 2 изображены проекции угла  $U_{si}$  на фронтальной, горизонтальной и профильной плоскостях проекций.

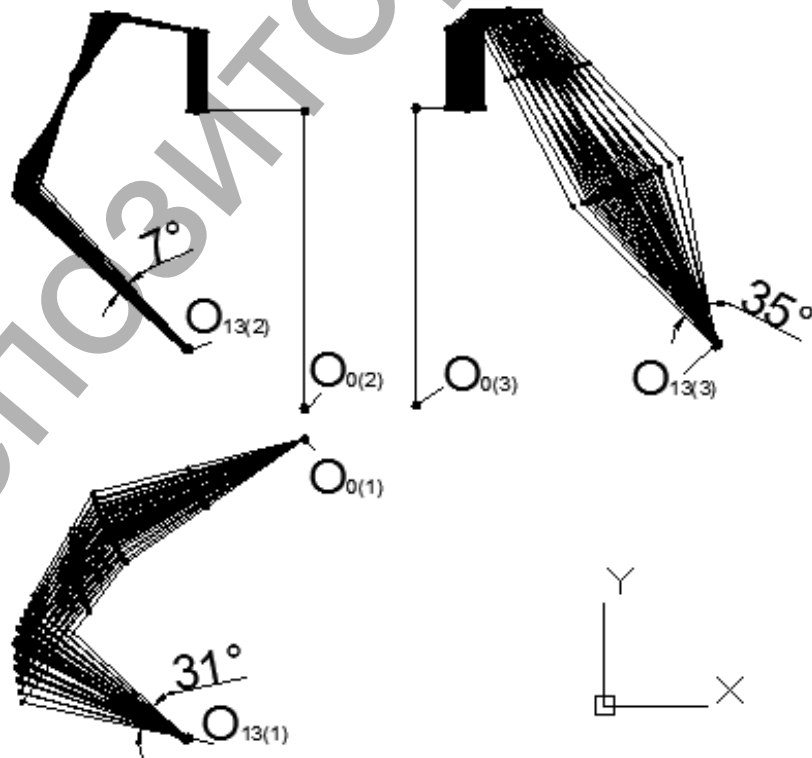


а)

б)

а) – системы координат связанные со звеньями механизма;  
 б) – общий вид андроидного робота

**Рисунок 1 – Механизм андроидного робота**



**Рисунок 2 – Проекция угла  $U_s$  для конфигурации  $q_i$  ( $25^\circ, 20^\circ, 65^\circ, 25^\circ, 65^\circ$ )**

На рисунке 3 представлены зависимости  $U_{si} = f(q_{3,5})$  проекций углов от обобщенных координат  $q_3$  и  $q_5$ . Как видно из рисунка, между значениями  $q_{3,5}$  и параметрами  $U_{si}$  существует нелинейная зависимость.

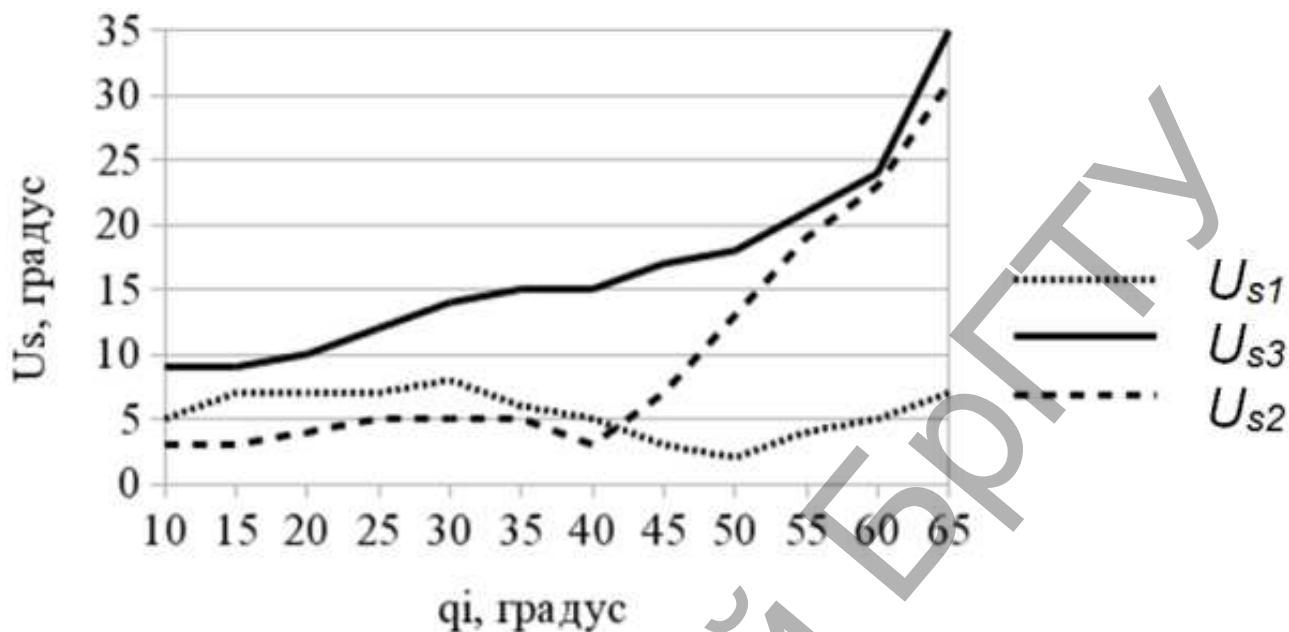


Рисунок 3 – Графики зависимости  $U_{si} = f(q_{3,5})$

Результаты проведённых исследований показывают, что при автоматизированном синтезе движений механизмов для различных конфигураций значения параметров  $U_{si}$  различные. Показатели манипулятивности возрастают при увеличении значений обобщенных координат  $q_{3,5}$ .

Проведенные исследования могут быть использованы при разработке интеллектуальных систем управления, которые позволяют на виртуальном уровне планировать траектории перемещения манипуляторов в сложно организованном пространстве, с целью обеспечения автономного функционирования андроида.

#### Литература

1. Кобринский, А.А. Манипуляционные системы роботов / А.А. Кобринский, А.Е. Кобринский. – М.: Наука. – 1985. – 343 с.
2. Притыкин, Ф.Н. Обобщенный метод определения угла сервиса для плоских незамкнутых механизмов манипуляторов на основе анализа мгновенных состояний / Ф.Н. Притыкин, О.И. Гордеев // Мехатроника, автоматизация, управление. – 2014. – №4 – С. 41-45.
3. Притыкин, Ф.Н. Виртуальное моделирование движений роботов, имеющих различную структуру кинематических цепей: монография / Ф.Н. Притыкин. – Омск: Изд-во ОмГТУ, 2014. – 172 с.
4. Лебедев, П.А. Аналитический метод определения коэффициента сервиса манипулятора // Проблемы машиностроения и надежности машин. – 1991. – №5. – С. 93 – 98.