



Европейски съюз

Проектът се осъществява с финансовата подкрепа на
Оперативна Програма „Развитие на Човешките Ресурси” 2007 – 2013,
Съфинансиран от Европейския Социален Фонд на Европейския Съюз
Инвестира във вашето бъдеще!



ЛЯТНА ШКОЛА 2013

**Симулационно проектиране на интелигентен модулен
сервизен мобилен робот “ROVCO-12” с помощта на
системата за автоматизирано проектиране SW-2012**

Маг. инж. Илиян Бузов

**ПОВИШАВАНЕ НА ЕФЕКТИВНОСТТА И КАЧЕСТВОТО НА ОБУЧЕНИЕ И
НА НАУЧНИЯ ПОТЕНЦИАЛ В ОБЛАСТТА НА СИСТЕМНОТО
ИНЖЕНЕРСТВО И РОБОТИКАТА**

Проект № BG051PO001-3.3.06-0002



**Българска Академия на Науките
Институт по Системно Инженерство и Роботика**



- Изграждане на **3D-модел** на мобилния робот с помощта на **Solid Works-2012** и симулационен анализ, извършен чрез специализирания модул **Cosmos Motion-2012** ;
- Изследване на възможностите на Интелигентен Модулен Сервизен Мобилен Робот **ROVCO-12** с 8 степени на свобода, за извършване на преместване на компактни товари (до 1 кг) по предварително зададена траектория в пространството;
- Изследване на законите на движение за всяка от 8-те степени на свобода (извършени за антропоморфната робо-ръка и за мобилната платформа на **ROVCO-12**).

Направените изследвания се отнасят до възможностите на съществуващата система за задвижване на антропоморфната ръка и на мобилната платформа (с оглед на осъществяването на по-интензивни премествания и завъртания):

- а) да реализира необходимите обороти на въртене на двигателите;**
- б) да реализира необходимите скорости на звената за описване на желаните траектории;**
- в) да реализира необходимата мощност за придвижване на всяко от звената по желаната траектория;**
- г) да притежава необходимата конструкционна якост за преодоляване на статичните натоварвания и устойчивост за поемане на динамични натоварвания;**

Набелязаните по-горе цели могат да бъдат постигнати чрез математическо представяне(под формата на уравнения) и числово решаване на задачите по един от известните класически методи (на **Нютон-Ойлер** или на **Лагранж**).

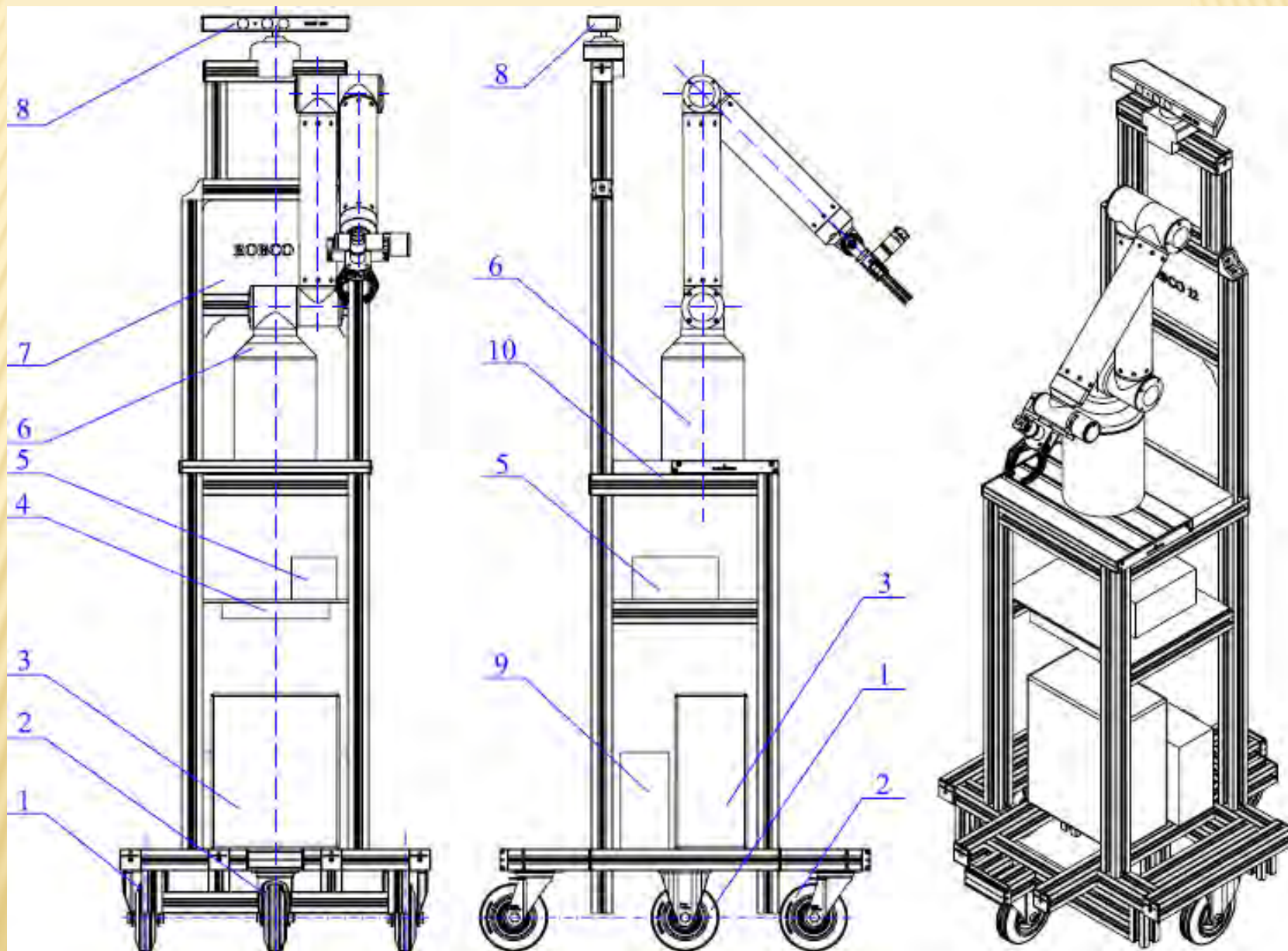
Съвременните **CAD-CAM-CAE-системи** за **автоматизирано проектиране** предоставят инструменти и допълнителни възможности за кинематичен и динамичен анализ на механизми, манипулатори и роботи, което в значителна степен подпомага проектантската дейност и позволява бързо получаване на надеждни резултати при решаване на всички задачи, свързани с конструкторската дейност. Принципът тук се основава върху тримерното моделиране на звената и елементите като твърди тела, с последващо задаване вида на връзките и законите на движение (за всяка степен на свобода).

Шестте звена от антропоморфната ръка на **модулния сервизен мобилен робот** са представени като параметрични **3D-модели** в системата **Solid Works-2012** с възможно най-висока степен на прецизност. Геометричният модел е основа за определяне на масово-геометричните характеристики на звената, използвани автоматично при извършването на симулационно моделиране.

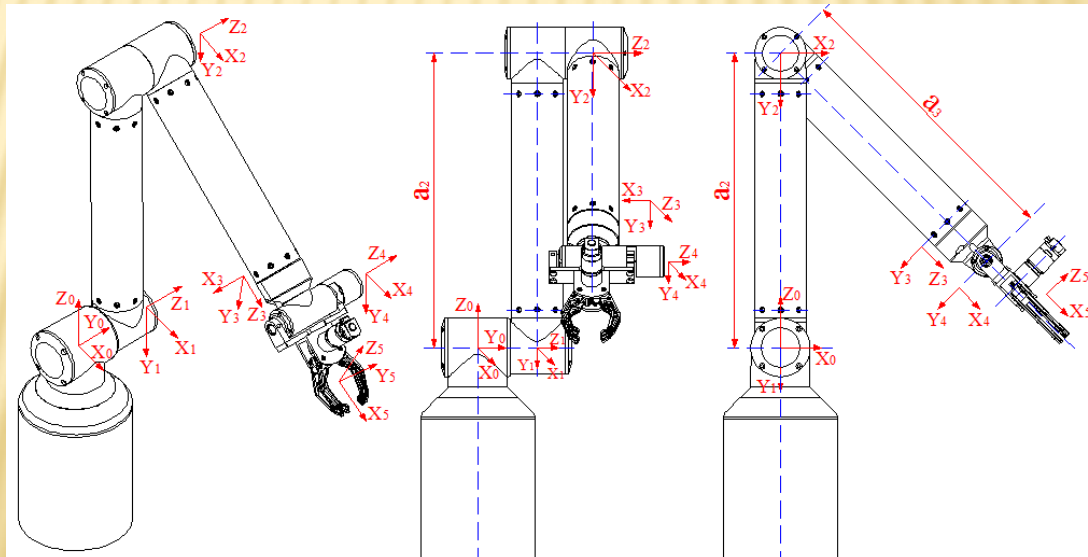
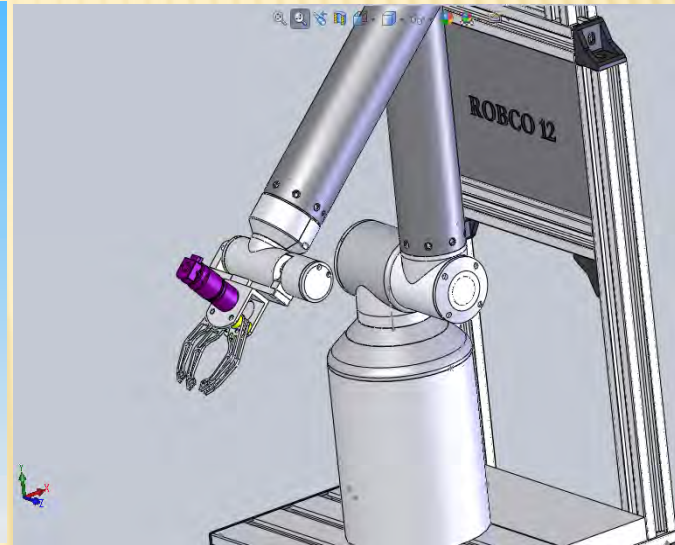
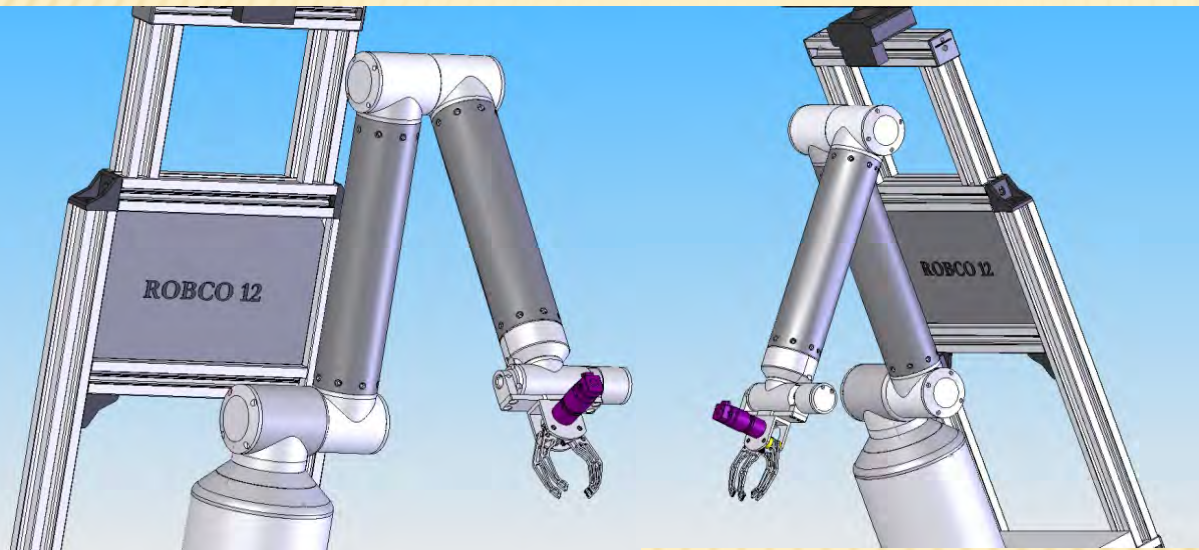
Методика на решение на поставените задачи чрез използване на системи за автоматизирано проектиране:

- 1. Моделиране на конструкцията**
- 2. Дефиниране на траекторните точки**
- 3. Решаване на обратната задача на кинематиката**
- 4. Генериране на траектории на движение**
- 5. Прехвърляне траекториите в примерния модел и дефиниране на видовете симулационен анализ в средата Cosmos Motion-2012**

РОБКО-12

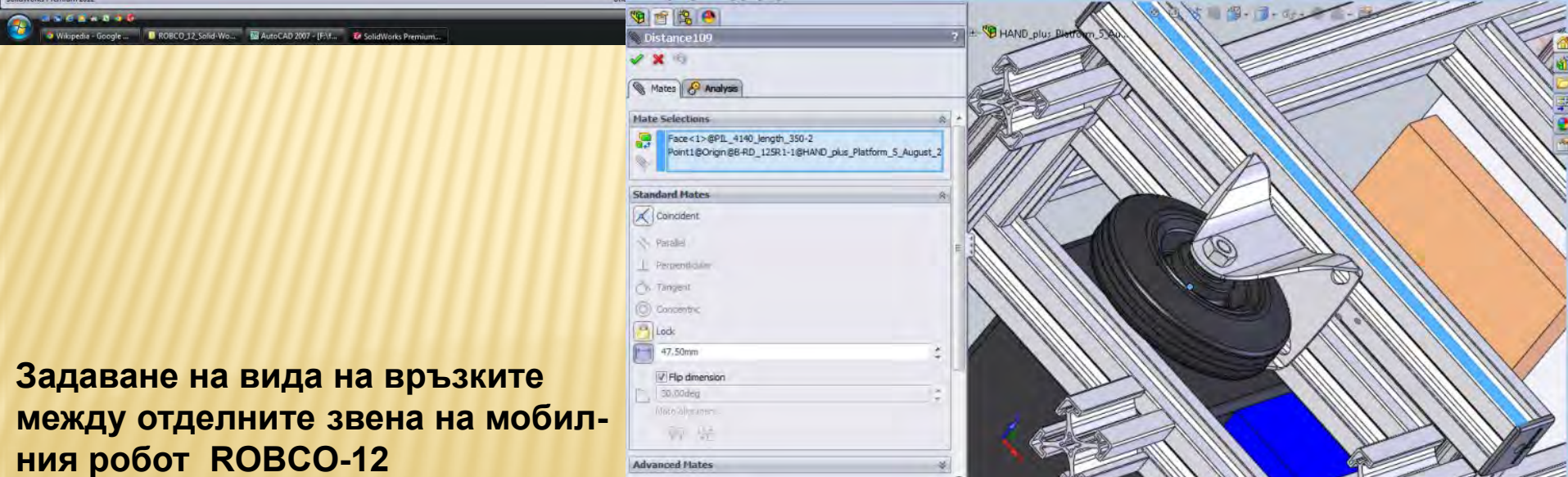
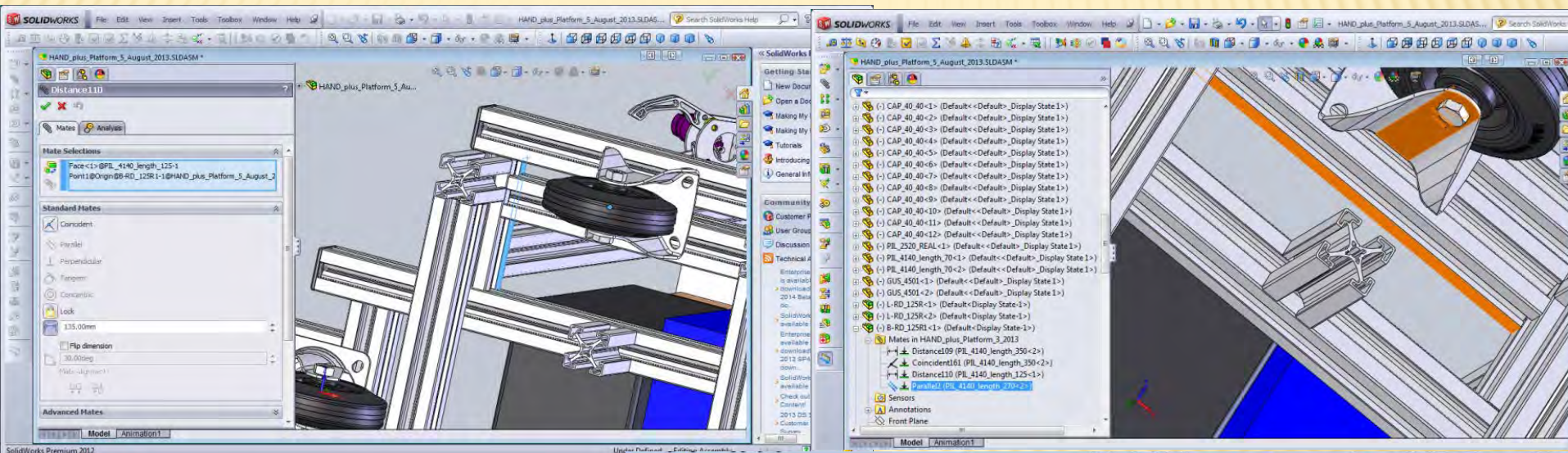


РОБКО-12



Методика на решение

1. Моделиране на конструкцията:



Задаване на вида на връзките между отделните звена на мобилния робот ROBCO-12

Методика на решение

2. Дефиниране на траекторните точки:

Всяка **траекторна точка** като позиция и ориентация на пренасяния товар спрямо **базовата координатна система** (условно приета за нулева) е зададена посредством трансформационни матрици от вида:

$$T_{rot(x)} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & x_i \\ 0 & \cos(\theta_i) & -\sin(\theta_i) & y_i \\ 0 & \sin(\theta_i) & \cos(\theta_i) & z_i \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}, T_{rot(y)} = \begin{pmatrix} \cos(\theta_i) & 0 & \sin(\theta_i) & x_i \\ 0 & 1 & 0 & y_i \\ -\sin(\theta_i) & 0 & \cos(\theta_i) & z_i \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix},$$

$$T_{rot(z)} = \begin{pmatrix} \cos(\theta_i) & -\sin(\theta_i) & 0 & x_i \\ \sin(\theta_i) & \cos(\theta_i) & 0 & y_i \\ 0 & 0 & 1 & z_i \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix},$$

където x , y и z са координатите на геометричния център на товара описани спрямо началната координатна система, а $\theta_i = \Theta_{i_i}(t)$ - ъгъла на ротация спрямо оста z , минаваща през този център в текущата траекторна точка i . Тук ориентацията на товара е ограничена само до ротация около вертикалната ос, тъй като е необходимо запазване на неговата хоризонталност. В разглеждания случай са дефинирани три точки – начална, междинна и крайна.

3. Решаване на обратната задача на кинематиката

Решаването на **обратната задача на кинематиката** за мобилен робот с шест степени на свобода, реализирани с ротационни двойки е традиционна задача и се извършва чрез задаване на локални координатни системи към всяко звено, следвайки **правилото на Денавит-Хартенберг**. При това положение е необходимо решаване на уравненията: ${}^0_5T_i \cdot {}^5_QT = {}^0_QT_i$, където 0_5T_i представлява матрица даваща описанието (позиция и ориентация) на координатната система на петото звено спрямо нулевата, а 5_QT е описанието на пренасяния предмет (товара) в системата на петото звено. Като резултат от решаването на обратната задача, за всяка от **ставните променливи** се получават три стойности, определящи два интервала на движение – от началното до средното и от средното до крайното положение: $\theta_{1i} \leq \theta_i \leq \theta_{2i}$ и $\theta_{2i} \leq \theta_i \leq \theta_{3i}$.

4. Генериране на траектории на движение

Генерирането на траектория се състои в намирането на плавна крива на изменението на ставните променливи по отношение на времето $\theta_i = \Theta_{1i}(t)$ или $\dot{\theta}_i = \Theta_{2i}(t)$, $\ddot{\theta}_i = \Theta_{3i}(t)$. Времето за движение във всеки участък е еднакво за всички степени на свобода и е зададено предварително, или $0 \leq t \leq t_1$ за първия участък и $0 \leq t \leq t_2$ - за втория.

Като закон на изменение на скоростта е използван полином от **трета степен**, като коефициентите на полинома се определят от началните условия.

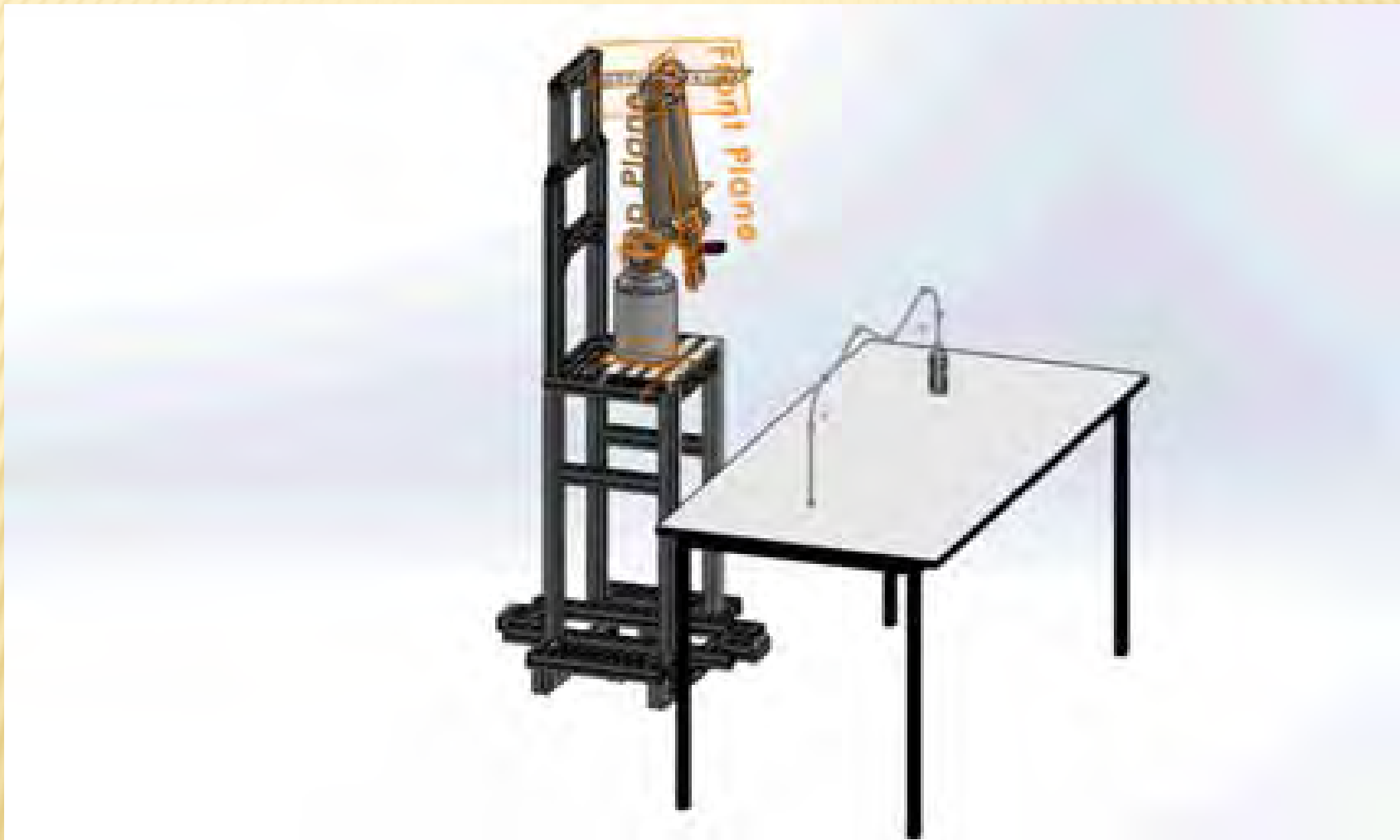
Изчисляването на скоростта в междинната точка е извършено при условието за равенство на ускорението в края на първия и началото на втория интервал на движение.

5. Прехвърляне траекториите в модела и дефиниране на видовете симулационен анализ в *Cosmos Motion*

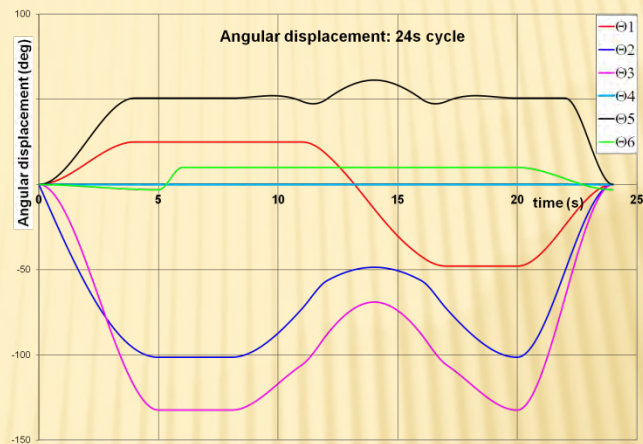
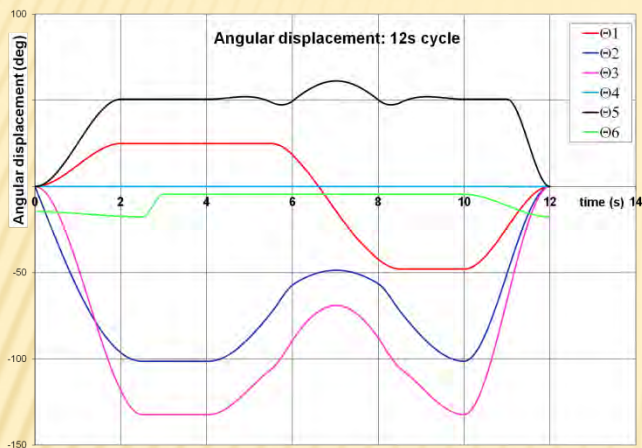
Изходните данни – числените стойности на измененията на ставните ъгли като функция на времето се извежда в текстови файлове, подходящи за прочитане от съответния специализиран модул на ***SW - Cosmos Motion 2012***.

Solid Works позволява лесно визуално контролиране на решението на обратната задача на кинематиката чрез моделиране на товара в съответните точки и формиране на конфигурации на асемблирането на модела чрез таблица (***Design Table***), съдържаща големините на ставните променливи във всяка една от тези траекторни точки.

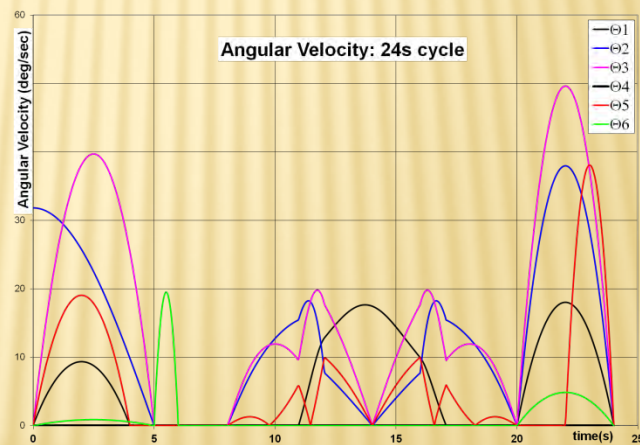
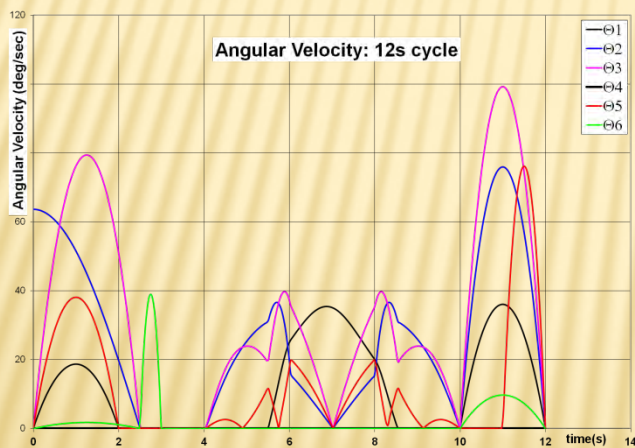
Симулация 1



Резултати от симулациите

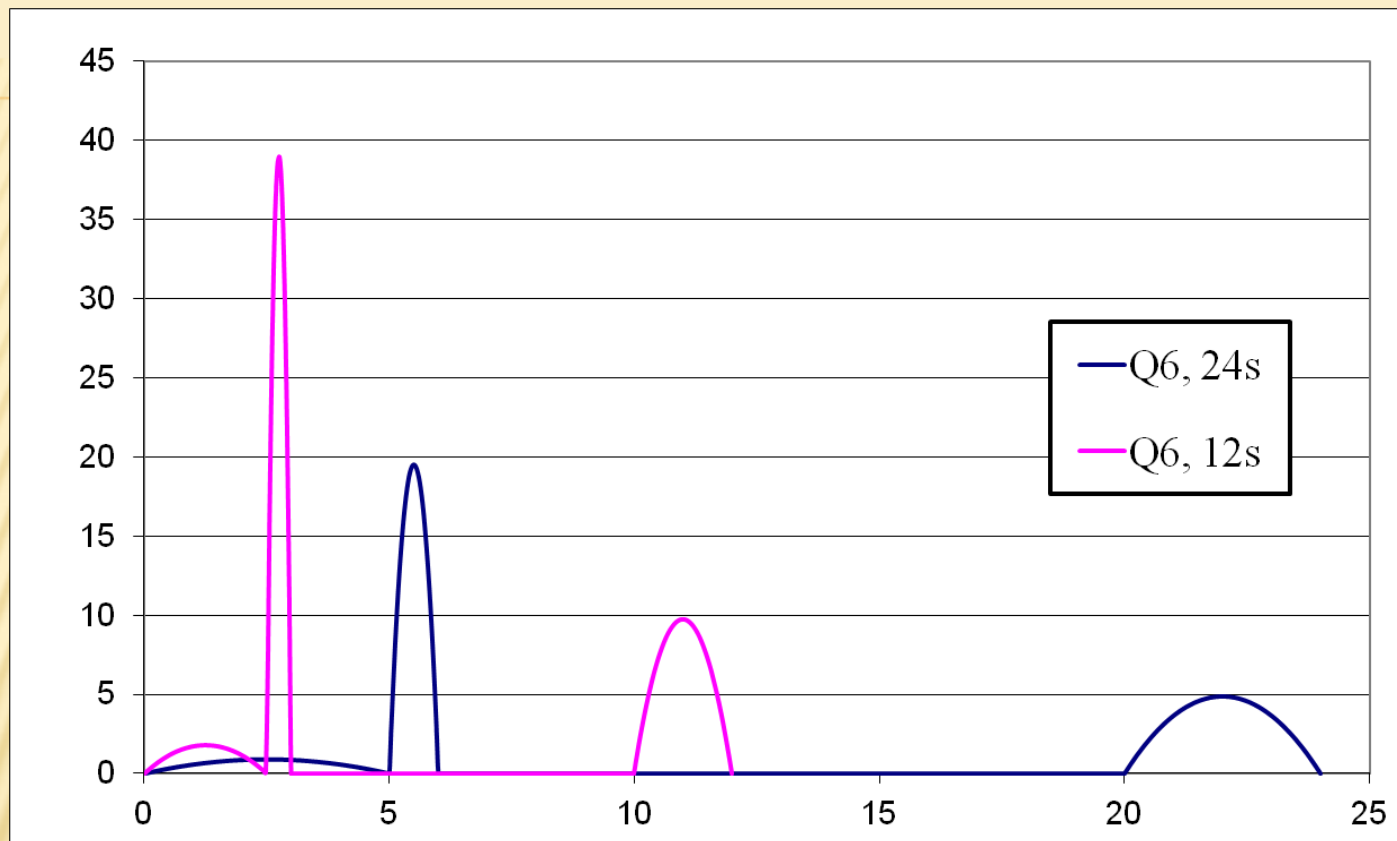


Ъгливи премествания във всяко от 6-те звена на антропоморфната ръка



Ъгливи скорости във всяко от 6-те звена на антропоморфната ръка

Резултати от симулациите

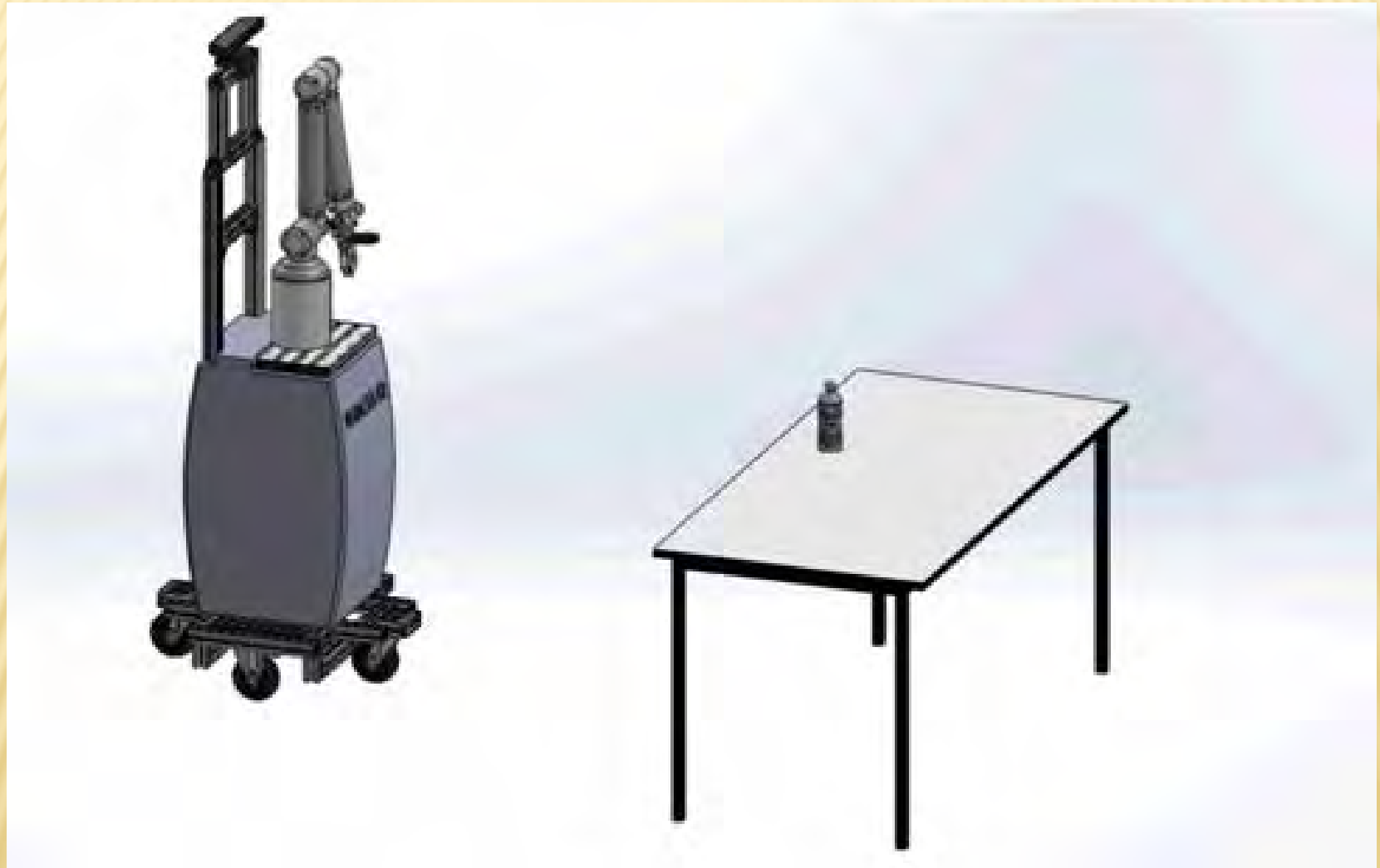


Усилията са получени от симулацията при две различни времена за движение по зададената траектория – съответно за 12 и за 24 [sec]. Очевидно е, че при по-интензивно придвижване се увеличават динамичните натоварвания, което трябва да бъде отчетено при изчисляването на предавателните механизми. Възможността на системата за задвижване да осъществи желаните скорости на звената са свързани преди всичко с максимално допустимите ъглови скорости.

Видео-клип 1



Симулация 2



Заклучение

- ✘ Настоящото изследване представя подробна методика за изследване на функционалните възможности на различни видове мобилни сервизни работи и манипулатори за осъществяване на пренасяне на товар по предварително определена траектория за предварително зададено време (основаваща се на възможностите за симулационно моделиране и анимиране, предоставени от системата за автоматизирано проектиране *Solid Works-2012 Cosmos Motion*).
- ✘ Благодарение на възможностите за извършване на линейни и нелинейни анализи на *Cosmos Motion* лесно може да се постигне симулация на робот в реални работни условия, оптимизиране и повишаване на качеството му без да се влагат средства за реални прототипи и експериментално тестване.
- ✘ Получените от симулациите резултати могат да бъдат сравнени с действителните двигателни усилия (w, M), развивани от системата за задвижване.
- ✘ Едно допълнително сравнение може да бъде извършено по отношение на необходимите и действителните обороти на въртене на валове на 8-те постоянноходни електродвигатели (получени съответно от симулационното изследване и от абсолютните енкодери, разположени в ставите на робота).
- ✘ Получените от симулацията резултати за динамичните натоварвания на елементите от конструкцията на мобилната платформа могат да бъдат използвани от системата *Cosmos Motion* с оглед анализиране на напрегнатото и деформационното състояние по метода на крайните елементи (*FEM*).

БЛАГОДАРЯ ЗА ВНИМАНИЕТО!

