

Получена: 05.10.2017 г.

Приета: 17.10.2017 г.

## ГРАФИЧЕН ПОТРЕБИТЕЛСКИ ИНТЕРФЕЙС ЗА ВИЗУАЛИЗАЦИЯ НА ДВИЖЕНИЕТО НА СТАНДАРТЕН КОЛЯНО-МОТОВИЛКОВ МЕХАНИЗЪМ

Г. Иванова<sup>1</sup>, Д. Ценкова<sup>2</sup>

*Ключови думи:* предавателен механизъм, графичен потребителски интерфейс, траектория на точка

### РЕЗЮМЕ

В доклада е представен разработен графичен потребителски интерфейс в средата на Matlab за визуализация на движението на стандартен коляно-мотовилков механизъм. Програмният модул ползва аналитично изведените уравнения на движение на крайните точки на телата, във функция на закона за движение на ротиращото тяло. Ползва се графичната среда Matlab/guide за създаване на графичния прозорец и разполагане на различните обекти в него. След това в програмен режим се задават стойности на тези обекти в генерираните от програмната среда специални callback-функции. В описания в доклада GUI прозорец са разположени три координатни системи – за визуализация на началното и текущото положение на механизма, а също и за изчертаване на траекторията на движение на произволна точка от него. Геометричните и кинематичните характеристики на механизма се задават ръчно в специални полета на GUI прозореца. В доклада е показан и видът на прозореца при усреднени данни на геометричните и кинематичните характеристики на движещия се механизъм и е ползван прозорец за данни, при които се реализира експериментално изследване на прозореца. Изследванията в доклада са част от комбинирана работа по числена и експериментална визуализация на движението на този характерен за техниката механизъм.

---

<sup>1</sup> Гергана Иванова, дипломант, Хидротехнически факултет, УАСГ, бул. „Хр. Смирненски“ № 1, 1046 София, e-mail: gerito\_931@abv.bg

<sup>2</sup> Д. Ценкова, студент, Строителен факултет, УАСГ, бул. „Хр. Смирненски“ № 1, 1046 София, e-mail: conev\_ivan.95@abv.bg

## 1. Въведение

От литературата по Кинематика и Динамика [1], като основни раздели на Теоретичната механика, са известни основните етапи на решението на правата задача на движението на материалните системи:

- съставяне на кинематичен или динамичен модел;
- математическо описание на движението на системите;
- аналитично определяне на търсени кинематични или динамични характеристики на движението;
- визуализация и анализ на движението на системите;
- експериментално представяне на движението на системите.

В лабораторията за числено и експериментално динамично моделиране към катедра „Техническа механика“ е направен опит на едно място да се решават всичките изброени етапи. Разбира се, благодарение на съвременната хардуерно-софтуерна база, е обърнато по-сериозно внимание на четвъртия етап, който се решава по няколко атрактивни начина:

- визуализация и анализ на движението в средата на Matlab;
- визуализация и анализ на движението в средата на Simulink;
- анимация (Matlab);
- създаване на GUI (Grafical User Interface).

В настоящия доклад се описва начинът за съставяне на GUI (Графичен потребителски интерфейс) за изследване на кинематиката на един класически за теоретичната механика механизъм – коляно-мотовилков механизъм. В доклада е прието, че предишните етапи на обратната задача на движението на механизма – създаване на кинематичен модел, математическо описание и аналитични изследвания са завършени. Подробно описание на възможностите на системата Matlab за създаване на такова атрактивно математическо приложение е описано в [2, 3].

## 2. Кинематичен модел и математическо описание на движението на коляно-мотовилков механизъм

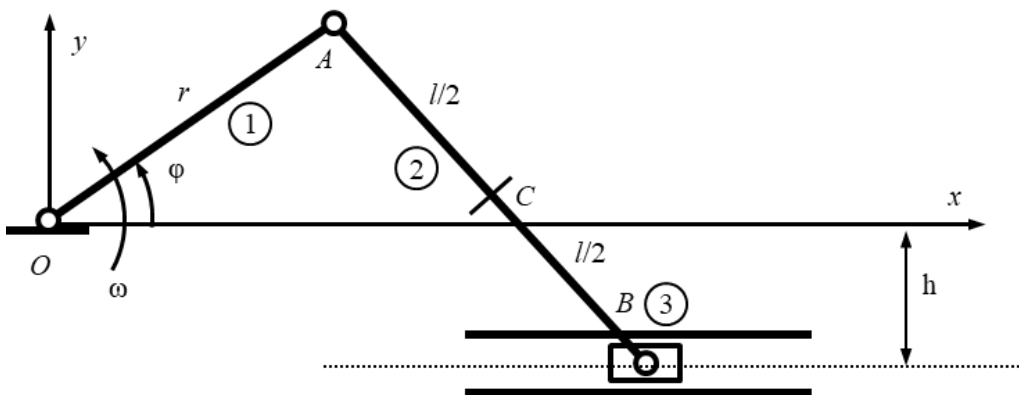
Кинематичен модел на стандартен коляно-мотовилков механизъм, съставен от пръти, е показан на фиг. 1. Задвижваното тяло в механизма е тяло I с дължина  $r$ , извършващо ротация (коляно) с постоянна ъглова скорост ъглова  $\omega$ . Второто тяло с дължина  $l$ , ставно свързано с първото, извършва равнинно движение (мотовилка). Системата завършва с транслационно движещо се тяло (бутало), ставно свързано към мотовилката.

Важна геометрична характеристика на механизма е височината  $h$  – разстоянието между неподвижната точка на коляното и праволинейната траектория на движение на буталото.

Като обобщена координата е приет ъгълът на завъртане на коляното  $\phi$ .

За получаване на графиките на отделни положения на механизма в прозореца на графичния потребителски интерфейс е необходимо да се определят координатите на крайните точки на отделните тела – това са точките  $A$  и  $B$ . Координатите се получават във функция на ъгъла на въртене и са отнесени към равнинна система за отчитане с координатно начало в неподвижната точка  $O$ .

Определен интерес представлява и траекторията на отделни точки от равнинно движещото се тяло, които могат да се получат във функция на координатите на крайните ѝ точки  $A$  и  $B$ . В доклада са дадени координатите на масовия център на мотовилката – точка  $C$ .



Фиг. 1. Кинематичен модел на коляно-мотовилков механизъм

Ъгълът на въртене при постоянна ъглова скорост е

$$\phi = \omega \cdot t. \quad (1)$$

Координатите на отбелязаните точки могат да се определят по формулите

$$x_O = 0, \quad y_O = 0. \quad (2.1)$$

$$x_A = l \cdot \sin(\phi), \quad y_A = l \cdot \sin(\phi). \quad (2.2)$$

$$x_B = x_A + \sqrt{l^2 - (y_A + h)^2}, \quad y_B = -h. \quad (2.3)$$

$$x_C = (x_A + x_B) / 2, \quad y_C = (y_A + y_B) / 2. \quad (2.4)$$

При избора на данните за геометрията на механизма трябва да се спазва ограничението

$$r + h < l. \quad (3)$$

Текстът, фигурата и формулите в точка 2 са разработени съвместно с авторите на доклад за създаване на анимация на движението, представен за участие в конференцията „75 години УАСГ“.

### 3. Създаване на графичен потребителски интерфейс (GUI) за изследване на движението на коляно-мотовилков механизъм

Графичният потребителски интерфейс на дадено приложение е един или няколко графични прозореца, върху които са разположени управляващи елементи – бутони, превключватели-ленти с плъзгачи, полета за въвеждане на данни, менюта, координатни оси и др.

Графичният интерфейс много напомня една интернет страница – всичко се управлява чрез мишка и с някои от бутоните на клавиатурата.

Създаването на GUI включва два основни етапа:

- разполагане на управляващите елементи върху графичния прозорец;
- програмиране на събитията, възникващи при въздействие на потребителя върху даден бутон.

Създаването на GUI е възможно по два начина:

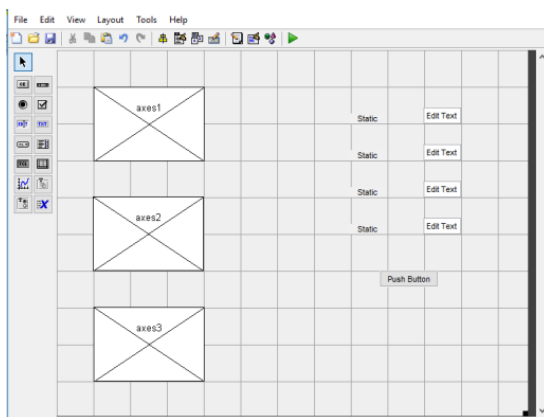
- програмен – с използване на специални графични функции;
- чрез графичната среда за интерфейс приложения – guide.

В доклада е приет вторият начин за създаване на интерфейс за движението на коляно-мотовилковия механизъм.

Работата по създаването на едно такова приложение чрез графичната среда guide се извършва в следната последователност:

- планиране и скициране на външния вид на интерфейса;
- разполагане на обектите върху прозореца;
- задаване на свойства на обектите;
- попълване на автоматично създадените callback функции с необходимите оператори.

Един примерен проект на GUI, с произволно разположени обекти в прозореца му, подходящ за визуализация на движението на коляно-мотовилков механизъм, е даден на фиг. 2.



Фиг. 2. Първоначален проект на GUI за визуализация на движението на коляно-мотовилков механизъм

Първоначалният проект за визуализация на принудените незатихващи трептения съдържа три координатни системи – една за визуализация на началното положение, една за текущо положение при зададен ъгъл на завъртане на коляното и една за изчертаване на траекторията на масовия център на мотовилката. В подходящо място на прозореца на GUI приложението са разположени 4 обекта тип *Static text* за подсещане за данните, които трябва да се въведат в други 4 полета, обекти тип *Edit text*. На произволно място се поставя и един *Push button*, който ще се ползва за стартиране на визуализацията.

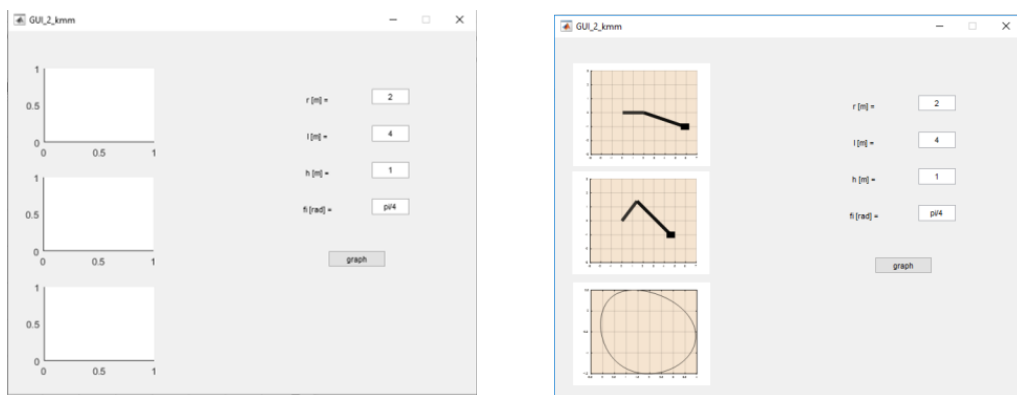
При първоначалния проект обектите са със зададени по подразбиране надписи и свойства. Затова следващата стъпка е подравняване на обектите, промяна на надписите им и задаване на свойствата на обектите. Най-накрая предстои най-трудната част – попълване на автоматично генерираните callback функции с отделни оператори, за да изпълняват обектите напълно своето предназначение. Накрая проектът се записва във файл с разширение *fig*, при което автоматично се генерира и код на програмата.

#### 4. Тест на графичен потребителски интерфейс (GUI) за изследване на движението на коляно-мотовилков механизъм

Тестът на графичния потребителски интерфейс може да се реализира по два начина – чрез натискане на зеления бутон (*run figure*) във файла с разширение *fig* или директно чрез стартиране на кода на програмата. И в двата случая приложението отваря работен прозорец, където се попълват полетата с данни. След натискане на *push* бутона *graph* в прозорците за визуализация се появяват трите графики, подредени една под друга – на първата се вижда началното положение на механизма, на втората – текущото, и на третата – траекторията на масовия център на мотовилката.

Състоянието на работния прозорец преди и след натискане на бутона за решение е показан на фиг. 3 при следните входни данни:

$$r = 1 \text{ m}, l = 4 \text{ m}, h = \text{ m}, \phi = \pi / 4 \text{ rad.}$$



Фиг. 3. Работен прозорец на GUI приложение преди и след стартиране на изчисленията

С GUI приложението за изследване на движението на коляно-мотовилковия механизъм са прецизирани параметрите на експерименталния модул на коляно-мотовилков механизъм, добавен към стенда за изследване на малките трептения на равнинни дискретни системи. Стендът е описан в [4 – 8].

## 5. Заключение

Приложението, показано в доклада, използва само малка част от възможностите на програмната система Matlab за визуализация на резултати.

Докладът представя част от работата на авторите от курсовата им работа по дисциплината „Динамично моделиране с Matlab/Simulink“. Той, заедно с група студентски и докторантски доклади, е свързан с попълването на аналитичната и софтуерната база на споменатата лаборатория.

## Благодарности

Авторите на доклада изказват благодарност на катедра „Техническа Механика“ при УАСГ за проведеното обучение по избираемата дисциплина „Динамично моделиране с MatLab/Simulink“, за предложената тема, разработена в доклада, и за помощта при нейното реализиране.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Павлов, П.* Теоретична механика II част – Динамика. Електронен курс. Електронна платформа, УАСГ, 2017.
2. *Йорданов, Й.* Matlab 7 – Преобразования, изчисления, визуализации – част 1. София, Техника, 2010, 319 с.
3. *Павлов, П.* Динамично моделиране с Matlab&Simulink. Електронен курс. Електронна платформа, УАСГ, 2015.
4. *Павлов, П.* Динамичен и математичен модел на експериментално реализируема трептяща дискретна система. // Сп. Механика на машините, 2017.
5. *Павлов, П.* Числени изследвания на трептенията на експериментално реализируеми модулни дискретни системи. // Сп. Механика на машините, 2017.
6. *Павлов, П.* Стенд за модулни изследвания на малките трептения на равнинни дискретни системи. Доклад на Международната юбилейна научна конференция „75 години УАСГ“, 2017.
7. *Павлов, П.* Експериментален модул за изследване на движението на стандартен коляно-мотовилков механизъм. Доклад на Международната юбилейна научна конференция „75 години УАСГ“, 2017.
8. *Павлов, П.* От реалната конструкция до експерименталния модел. Монография. София, АВС Техника, 2017.

# GRAPHICAL USER INTERFACE FOR VISUALIZATION OF THE MOTION OF A STANDARD CRANK-PISTON MECHANISM

G. Ivanova<sup>1</sup>, D. Cenkova<sup>2</sup>

*Keywords: transmission mechanism, graphical user interface, trajectory of a particle*

## ABSTRACT

The paper presents designed graphical user interface (GUI) in Matlab environment for visualization of the motion of a standard crank-piston mechanism. The program module uses analytically resulting equations of motion of the end points of the bodies in function of the law of motion of the rotating body. The graphical environment Matlab/guige is used to create a graphical window and to locate various objects in it. Then, in programming mode, values of those objects are assigned in the special callback-functions generated by the program. Three coordinate systems are located in the GUI window described in the paper – for visualizing the initial and current position of the mechanism and drawing the trajectory of motion of any point in it. The geometric and kinematic characteristics of the mechanism are manually set in special fields of the GUI window. The paper shows the window with average data of the geometric and kinematic characteristics of the moving mechanism and the window with the data, with which its experimental study is realized.

---

<sup>1</sup> Gergana Ivanova, graduate, Faculty of Hydraulic Engineering, UACEG, 1 H. Smirnenski Blvd., Sofia 1046, e-mail gerito\_931@abv.bg

<sup>2</sup> D. Cenkova, student, Faculty of Structural Engineering, UACEG, 1 H. Smirnenski Blvd., Sofia 1046, e-mail cone\_ivan.95@abv.bg