

ГОДИШНИК НА УНИВЕРСИТЕТА ПО АРХИТЕКТУРА, СТРОИТЕЛСТВО И ГЕОДЕЗИЯ – СОФИЯ

Юбилейна приложна научно-техническа конференция
„65 години Хидротехнически факултет и 15 години немскоезиково обучение”

6–7 ноември 2014
6–7 November 2014

International Jubilee Conference
„65th Anniversary Faculty of Hydraulic Engineering and 15th Anniversary Hydraulic Engineering in German”

ANNUAL OF THE UNIVERSITY OF ARCHITECTURE, CIVIL ENGINEERING AND GEODESY – SOFIA

XLVII ^{ТОМ}
vol.

2014

св.
fasc. I-B

СИМУЛАЦИОНЕН МОДЕЛ В СРЕДАТА НА SIMULINK ЗА ИЗСЛЕДВАНЕ НА ПРИНУДЕНИ НЕЗАТИХВАЩИ ТРЕПТЕНИЯ НА ТОЧКА – КИНЕМАТИЧНО СМУЩЕНИЕ

А. Николова¹, М. Пенева², М. Николов³

Ключови думи: трептения, симулационен модел, кинематични смущения

Научна област: механика

РЕЗЮМЕ

В статията е представен разработен симулационен модел в средата на Simulink за изследване на принудени незатихващи трептения, предизвикани от кинематично смущение. Моделът е на база съставени динамичен и математичен модел на трептяща върху гладка равнина точка, с детерминирано кинематично смущение на движението. Симулационният модел съдържа блок за въвеждане на входните данни, блок за изчисления и блок за визуализация на отделни кинематични характеристики на трептенето. По нов, оригинален начин е съставен блокът за входни данни, като се ползват възможностите на най-новата версия на Simulink – R2014a. Дадени са резултати при стандартни стойности на характеристиките на трептящата система и при такива, при които се достигат резонансни стойности на трептенията. Тъй като изследването на принудените незатихващи трептения се реализира и експериментално, с цел сравнение са представени и резултати при входни данни, съвпадащи с тези, заложи на конструирания стенд. Изследванията в статията са част от група аналитични, числени и експериментални разработки, свързани с разкриването на нова динамична лаборатория в университета.

¹ Александра Николова, студентка, УАСГ, бул. Хр. Смирненски 1, 1046 София,
e-mail: alexandra.nikolova93@mail.bg

² Михаела Пенева, студентка, УАСГ, бул. Хр. Смирненски 1, 1046 София,
e-mail: mihaela_peneva00@mail.bg

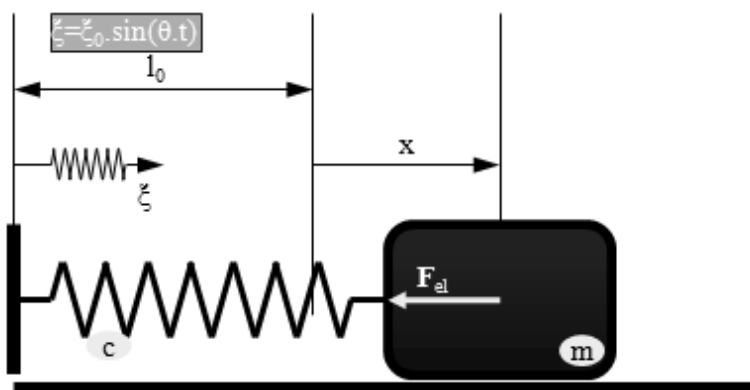
³ Момчил Николов, студент, УАСГ, бул. Хр. Смирненски 1, 1046 София,
e-mail: momchil.nikolov1@gmail.com

1. Въведение

В динамиката като раздел на теоретичната механика, се изучава движението на материални обекти – точки, абсолютно твърди тела, системи от тела. Трептенията са особен вид движение, свързано с определена повторяемост на кинематичните характеристики – преместване, скорост, ускорение. Независимо че реалните строителни конструкции са деформируеми твърди тела, доста полезно е най-напред да се усвои материалът, свързан с трептенията на абсолютно твърдите тела. След това по-лесно ще се премине към изследване на проблема за деформируеми твърди тела, течности, газове и др.

Известни са основните етапи на решаването на обратна задача на движението (трептенето) на един материален обект – създаване на динамичен модел, математичен модел, аналитично или числено решение на получените диференциални уравнения, визуализация и анализ на резултатите, експериментална проверка на резултатите. Първите два етапа не позволяват много различни варианти за тяхното решение. За сметка на това с навлизането на електронно-изчислителната техника и появяването на най-разнообразен математически софтуер има неограничен брой варианти за решение на третия и четвъртия етап.

Един много атрактивен и лесен за усвояване начин е създаването на симулационни модели за интегриране на съставените диференциални уравнения, описващи движението на материалните обекти. Програмната система Matlab е разработила такъв toolbox (инструмент) – Simulink, чрез който се създават симулационни модели както за решение на диференциалните уравнения, така и за визуализация на резултатите.



Фиг. 1. Динамичен модел на принудени незатихващи трептения на материална точка – кинематично смущение

Приложението на Simulink е показано в статията при решаване на един често срещан динамичен проблем – изследване на принудените незатихващи трептения на материална точка при кинематично смущение. Статията е част от работата на авторите по курсовата си работа по избираемата дисциплина „Динамично моделиране с MatLab/Simulink“, която от няколко години се преподава от катедра „Техническа механика“ при УАСГ. Създадените симулационни модели попълват софтуерната база на лабораторията за числено и експериментално динамично моделиране, която се открива през ноември 2014 в катедрата.

2. Динамичен и математичен модел на принудените незатихващи трептения на материална точка

Динамичният модел на споменатия вид трептения се състои от движеща се върху гладка хоризонтална равнина материална точка с маса m и пружина с коравина c . Принудени трептения се предизвикват от движение на неподвижния край на пружината по синусов закон с амплитуда ξ_0 и честота на смущението θ .

Диференциалното уравнение, описващо принудените незатихващи трептения на материалната точка е съставено чрез основното уравнение на динамиката, при което се получава следното линейно нехомогенно диференциално уравнение:

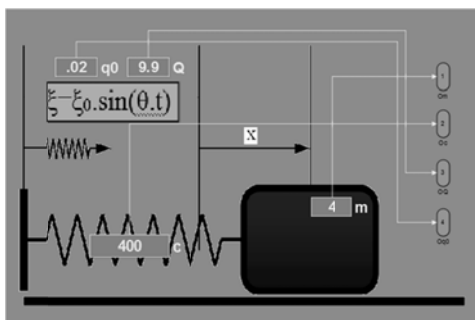
$$\ddot{x} + \omega^2 \cdot x = \frac{c \cdot \xi_0}{m} \cdot \sin \theta t . \quad (1)$$

За съставянето на симулационния модел уравнението се решава по отношение на ускорението

$$\ddot{x} = -\omega^2 \cdot x + \frac{c \cdot \xi_0}{m} \cdot \sin \theta t . \quad (2)$$

3. Симулационен модел на принудените незатихващи трептения на материална точка при кинематично смущение

В по-голямата част от разгледаните съставени симулационни модели обикновено директно се съставя блокът за интегриране на диференциалните уравнения, а входните данни се задават чрез съпътстваща модела програма на езика на Matlab. Това води до определени трудности, тъй като винаги двата файла (моделът и програмата за входни данни) трябва да са налице за потребителя при решаването на съответния динамичен проблем.

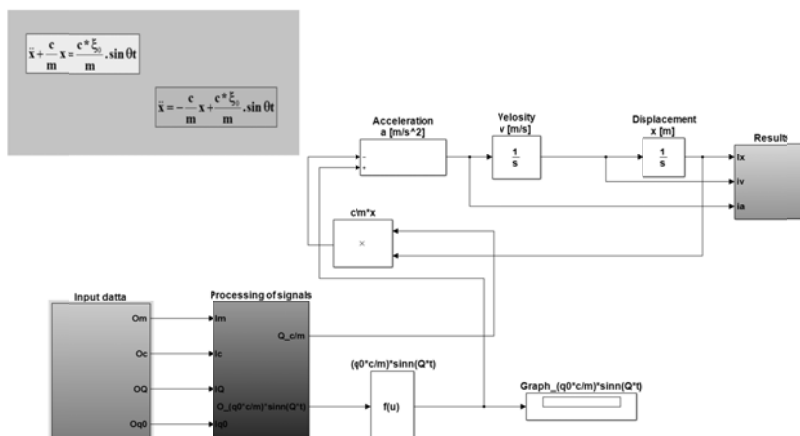


Фиг. 2. Блок за въвеждане на входни данни в средата на Simulink

В статията, както и при други симулационни модели, разработвани за попълване на софтуерната база на лабораторията за числено и експериментално динамично моделиране, е приет подход на въвеждане на данни в самия Simulink. За целта е съставен отделен блок (*subsistem*), където върху самия динамичен модел, разположен като desktop на модела, са блоковете за въвеждане на данни. Това са блокове тип *constant*, в които се вижда и стойността на въведената константа. Блокът е показан на фиг. 2.

Трябва да се има предвид, че възможността за разполагане на картина в прозореца на Simulink е възможно сравнително отскоро – от версия Mat.ab/Simulink 2013b. Тъй като при разработване на симулационния модел бяха ползвани лицензираните версии (които се обновяват непрекъснато) на лабораторията за числено и експериментално динамично моделиране, тази възможност бе използвана.

Вторият блок от симулационния модел е основният блок – за интегриране на диференциалното уравнение, показан на фиг. 3.

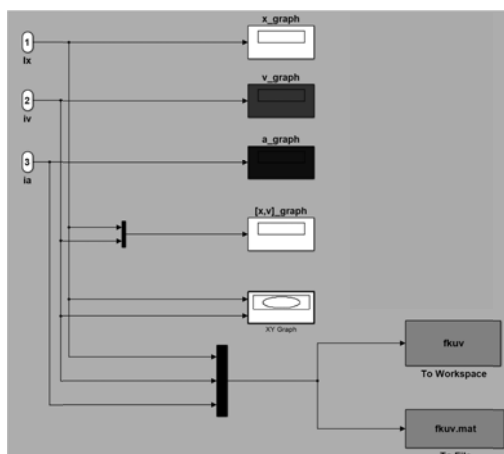


Фиг. 3. Блок за интегриране на диференциалното уравнение

Той се състои от един суматор за формиране на ускорението, два интегратора, чрез които се получават скоростта и преместването и един блок тип *product* за умножение на преместването, което се получава на всяка стъпка от интегрирането по квадрата на собствената честота, като така се получава първият елемент на ускорението. Вторият директно се получава чрез свързване на суматора с блока за входни данни.

Преди да се стартира програмата, трябва да се избере подходящият солвер, което става в менюто Simulation/Model Configurations Parameters.

Третият основен елемент на модела е блокът за визуализация – фиг. 4.

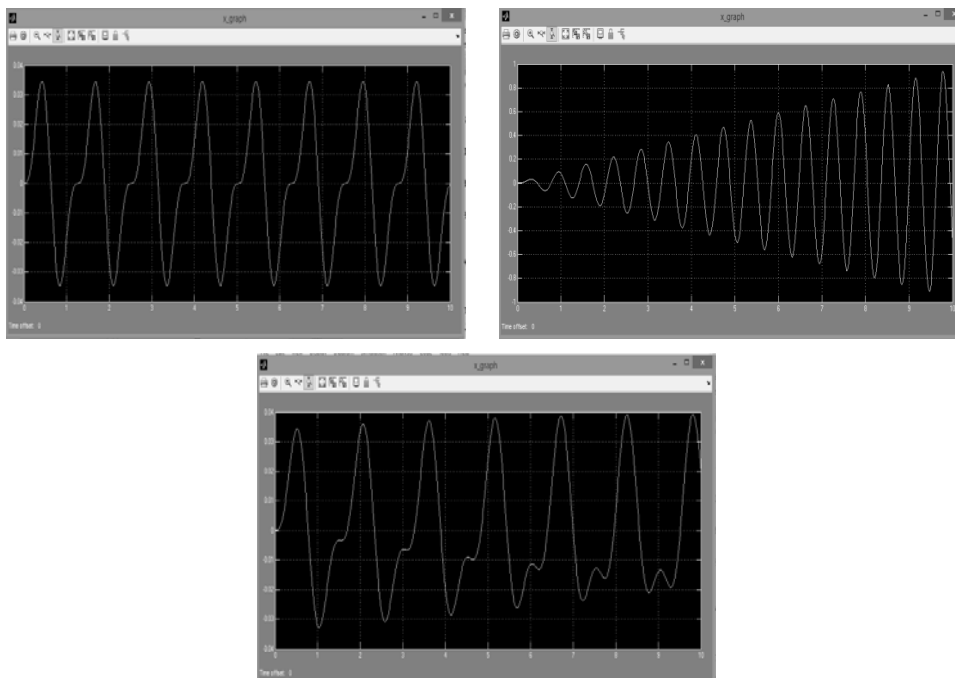


Фиг. 4. Блок за визуализация на резултатите

В последния блок са ползвани част от огромните възможности на Simulink за визуализация. Заложени са за показване на преместването, скоростта, ускорението, преместването и скоростта заедно, фазовата траектория и др. Блокът дава възможност за насочване на данните към работното пространство на Matlab или към файл за допълнителна обработка на резултатите, анализ и печат.

4. Проверка на модела при различни входни данни

Програмата е проверена при стандартни параметри на трептящата система – $m = 2 \text{ kg}$, $c = 200 \text{ N/m}$, $\theta = 5 \text{ s}^{-1}$, $\xi_0 = .02 \text{ m}$ при данни, при които се получават трептения, близки до резонансните (разликата е само в $\theta = 9,9 \text{ s}^{-1}$) и при данни, заложи на Стенда за изследване на праволинейните трептения на материална точка ($m = 6 \text{ kg}$, $c = 400 \text{ N/m}$, $\theta = 4 \text{ s}^{-1}$, $\xi_0 = .02 \text{ m}$). Решението по отношение на преместванията е дадено до 10 s от началото на движението при нулеви начални условия и е показано на фиг. 5 за трите варианта входни данни отляво надясно.



Фиг. 5. Зависимост преместване/време при различни входни данни

ЛИТЕРАТУРА

1. Павлов, П., С. Лилкова-Маркова, Б. Наков, Ю. Кехайова, Я. Данчева. Комбинирано механо-матическо и числено изследване трептенията на материална точка. Годишник на УАСГ, Том XLV, 2011/2012, стр. 199–211.

2. Павлов, П., С. Лилкова-Маркова, Б. Наков, Ю. Кехайова, Я. Данчева. Числена и експериментална верификация на механо-математичните модели на праволинейните трептения на материална точка. Годишник на УАСГ, Том XLV, 2012/2013, стр. 199–211.

3. Pavlov, P., S. Lilkova-Markova, B. Nakov, J. Kehajova. A geometric oriented approach in drawing the simulation model of the small angular vibrations of a body. Proc. of AGMP conference, Brno 12–14 September 2012 (in print).

4. Павлов, П. Учебна програма по избираема дисциплина „Динамично моделиране с MatLab/Simulink“. Свितък учебни програми, Хидротехнически факултет, 2014.

SIMULATION MODEL IN THE MEDIUM OF SIMULINK FOR THE STUDY OF THE FORCED UNDAMPED VIBRATIONS OF A PARTICLE - KINEMATIC INTERFERENCES

A. Nikolova¹, M. Peneva², M. Nikolov³

Keywords: vibrations, simulation model, kinematic interferences

Research area: mechanics

ABSTRACT

This paper presents a simulation model in the medium of Simulink for the study of the forced undamped vibrations of a particle, caused by kinematic interferences. The model is based on the created dynamic and mathematical model of a particle vibrating on a smooth plane, with determined kinematic interferences of the movement. The simulation model contains an entry block of input data, block for calculations and block for visualization of separate kinematic characteristics of the vibrations. In a new, original way the input data block is composed by using the capabilities of the latest version of Simulink – R2014a. The results at average values of the physical-mechanical parameters of the vibrating system, as well as at such values under which values of resonant vibrations are reached, are given. Because the survey of forced undamped vibrations is realized experimentally, for the purposes of comparison results when the input data coincide with those of the constructed stand are also presented. Research in the report is part of a group of analytical, numerical and experimental studies related to the establishment of a new dynamic lab at the university.

¹ Alexandra Nikolova, student, UACEG, 1 H. Smirnski Blvd., Sofia 1046,
e-mail: alexandra.nikolova93@mail.bg

² Mihaela Peneva, student, UACEG, 1 H. Smirnski Blvd., Sofia 1046,
e-mail: mihaela_peneva00@mail.bg

³ Momchil Nikolov, student, UACEG, 1 H. Smirnski Blvd., Sofia 1046,
e-mail: momchil.nikolov1@gmail.com