

УДК 621.879.3

МОДЕЛЮВАННЯ СКЛАДНИХ ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ З ВИКОРИСТАННЯМ ПАКЕТУ SIMSCAPE

К.т.н. О.В. Ярижко¹, Н.П. Пенкіна²

1. Харківський національний автомобільно-дорожній університет
2. Харківський державний автомобільно-дорожній коледж

У статті розглядається принципи моделювання складних технічних систем за допомогою пакета прикладних програм MATLAB & Simscape.

Розглянуто рішення першої задачі динаміки, отримані режими перехідних процесів зміни значення узагальнених координат характерних точок, швидкості їх зміни, силові характеристики виконавчих механізмів.

В статье рассматриваются принципы моделирования сложных технических систем с помощью пакета прикладных программ MATLAB & Simscape.

Рассмотрено решение первой задачи динамики, получены режимы переходных процессов изменения значения обобщенных координат характерных точек, скорости их изменения, силовые характеристики исполнительных механизмов.

The article examines the principles of modeling complex technical systems using the MATLAB & Simscape application package.

The solution of the first problem of dynamics is considered, the modes of transient processes change the value of the generalized coordinates of the characteristic points, the velocity of their change, the power characteristics of the actuator mechanisms.

Ключові слова: імітаційно-фізична модель, робоче обладнання екскаватора, механічні системи, Simscape, SimMechanics Link, Autodesk Inventor

Вступ.

Математичне моделювання складних технічних систем доцільно проводити, розбиваючи цілу систему на кілька взаємопов'язаних підсистем, кожна з яких розглядається в рамках своєї дисципліни. Для будівельної та дорожньої техніки поширене розбиття на підсистему, що описує рух елементів системи і підсистему гідропневмо- електро- приводу, що описують виникнення сил між елементами системи. Подібний підхід спрощує як створення, так і аналіз математичних моделей.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. В даний час компонентне візуальне моделювання є стандартним підходом в автоматизованому моделюванні. Воно набагато більше орієнтовано на зручності користувача, підвищує гнучкість моделі, дозволяє застосовувати великі бібліотеки компонентів моделей, використовувати наочний спосіб завдання вихідної інформації та якісну візуалізацію результатів моделювання.

Використання різних програмних продуктів для комп'ютерного моделювання дозволяє значно спростити процес дослідження динамічних процесів, що протікають у системі. Застосування програмного продукту MATLAB, що включає до свого складу розширення Simscape надає можливість створення моделі системи так само, як збирається дійсна фізична система [1 - 4].

Мета і задачі роботи. Мета роботи - розробка імітаційної моделі механічної системи в пакеті MATLAB & Simscape для дослідження динаміки перехідних процесів багатоланкових механічних об'єктів.

В роботі вирішуються наступні задачі:

1. Отримати 3-D модель механічної системи.
2. Розробити фізичну імітаційну модель механічної системи в пакеті Simscape.
3. За допомогою складеної моделі отримати режими перехідних процесів зміни значення узагальнених координат характерних точок, швидкості їх зміни, силові характеристики виконавчих механізмів.

Завантаження програмного забезпечення SimMechanics Link.

Simscape підтримує функцію імпорту CAD-збірки в SimMechanics за допомогою SimMechanics Link. Маса і інерція кожної частини в збірці імпортується як маса і інерція твердого тіла. Геометрія з CAD-збірки зберігається в файлах геометрії і може бути пов'язана з відповідним тілом в SimMechanics. Для моделей SolidWorks, Pro / ENGINEER і Autodesk Inventor необхідно встановлювати програмне розширення, яке дозволяє зберігати CAD-збірку в файлі з розширенням XML, яку можна імпортувати в SimMechanics.

Перед установкою утиліти SimMechanics Link, перевірте, чи встановлено програмного забезпечення MATLAB Supported CAD platform. MATLAB and SimMechanics Link повинні належати одному релізу. Наприклад, якщо середовище MATLAB релізу R2016a, тоді SimMechanics Link повинно бути також R2016a. Комбінування різних номерів може стати причиною помилок при завантаженні. Також необхідно звернути увагу, що MATLAB, SimMechanics Link і платформи CAD повинні мати однакову архітектуру (наприклад, 64-біт).

Програмне забезпечення SimMechanics Link можна скачати безпосередньо з сайту компанії MathWorks®:

1. Для завантаження SimMechanics Link відвідайте сайт http://www.mathworks.com/products/simmechanics/download_smlink.html.
2. Виберіть версію ПО для установки.
3. Натисніть Кнопку Submit (Надіслати).
4. Завантажте файли в зручну папку. Розархівувати zip-файл ні потрібно.
5. Відкрийте MATLAB. Встановіть зв'язок до папки з файлами (рис. 1).
6. Введіть у командному рядку MATLAB:
install_addon ('<zip_file_name>.zip') з ім'ям zip-архіву який ви завантажили (наприклад, smlink.r2016a.win64). Команда розархівує ZIP-архів в кореневу папку MATLAB.
7. Введіть в командному рядку MATLAB:
smlink_linkin - надає надбудову для інтерфейсу Autodesk Inventor (рис. 2).

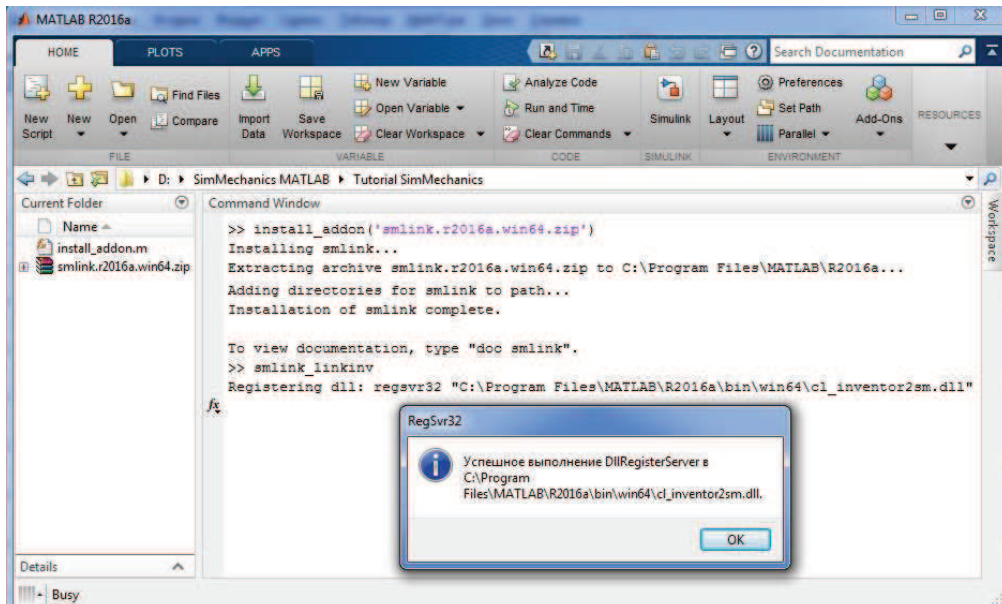


Рис. 1. Інсталяція утиліти SimMechanics Link

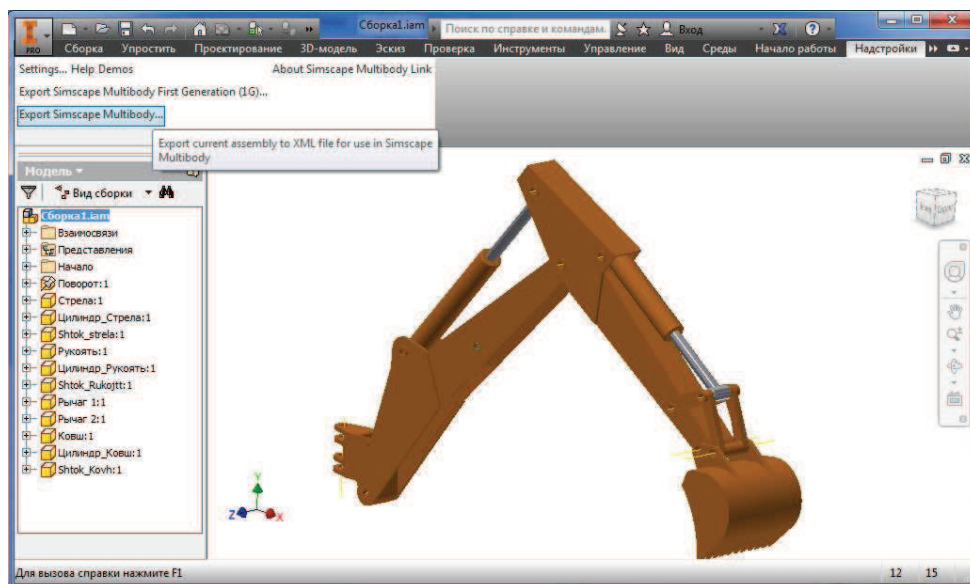


Рис. 2. Надбудова SimMechanics Link в інтерфейсі Autodesk Inventor

Імітаційно-фізична модель механічної системи.

Для розробки імітаційної моделі скористаємося додатком Simscape, який використовує підхід каузального моделювання. Бібліотека розширюється спеціалізованими пакетами SimMechanics (механічні системи), SimHydraulics (гідравлічні системи) та інші [1, 2]. Розглянемо методику побудови блок-схеми математичної моделі механічної підсистеми робочого обладнання екскаватора в позначеннях SimMechanics.

Моделювання фізичних систем починаю з трьох обов'язкових блоків: Solver Configuration - задає параметри чисельного рішення диференціальних рівнянь; Mechanism Configurator - відповідає за межі лінеаризації при обчисленні частинних похідних та задає вектор гравітації діючий в моделі; World Frame - блок задає інерційну систему координат (СК), зв'язками з яким задаються положення інших СК [5] (рис. 3).

СК і матриці переходу між ними задаються за допомогою блоків Rigid Transform. Блок являє собою додаткову СК, розташування (Translation) і орієнтацію (Rotation) осей якої можна задати у властивостях блоку.

Твердотільні елементи робочого обладнання екскаватора задаються блоками Solid. Цей блок визначає масу, геометричні розміри, моменти і відцентрові моменти. Попереднє використання утиліти SimMechanics Link дозволило імпортувати дані параметри з CAD-системи Autodesk Inventor (рис. 2) і вони будуть розраховані автоматично. Властивості блоку Solid мають 4 розділу (рис. 4): Geometry - визначає тип і геометричні розміри графічних примітивів або вказує шлях до файлу імпортованих даних з розширенням .step і .stl; Inertia - визначає інерційні властивості тіла; Graphic - відповідає за відображення відповідного ланки під час візуалізації; Frames - дозволяє задавати додаткові СК зміщені щодо базової.

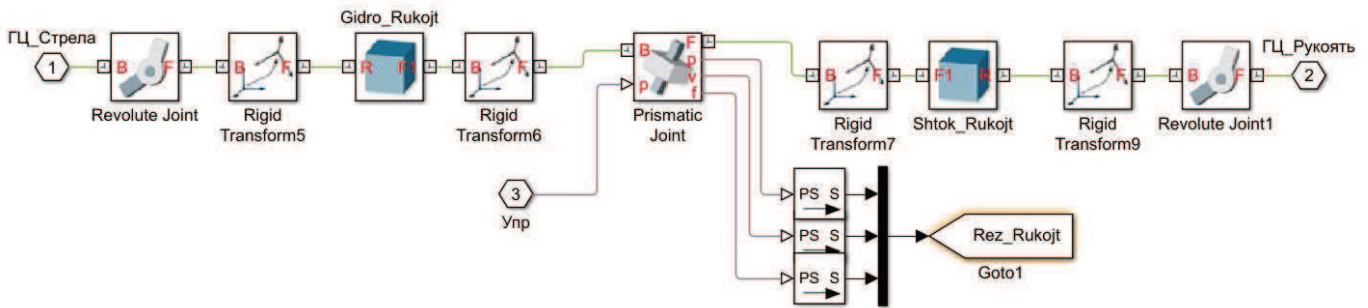


Рис. 5. Підсистема гідроциліндра

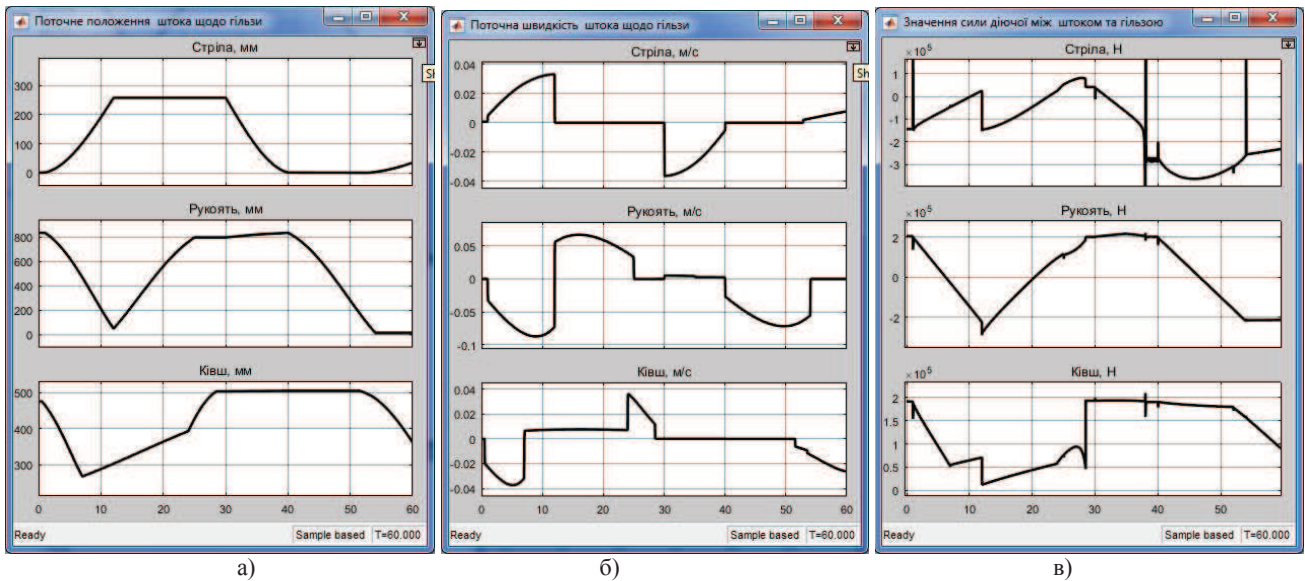


Рис. 6. Результати моделювання :

а – поточне положення штока щодо гільзи гідроциліндра; б – поточна швидкість штока щодо гільзи; в – значення сили діючої між штоком та гільзою

Зовнішнє навантаження, яке прикладається на ківш екскаваторного обладнання, моделюється за допомогою блока External Force and Torque. Поточне положення штока щодо гільзи та значення складових зовнішнє навантаження задається блоками Signal Builder. Загальний вигляд моделі в позначеннях Simulink зображений на рисунку 3.

Таким чином, механічна підсистема робочого обладнання екскаватора складається з 9 диференціальних рівнянь. Ці рівняння відображають роботу коливальні системи, для їх чисельного рішення був обраний метод трапеції з інтерполяцією і змінним шагом, як найбільш оптимальний по співвідношенню точність / швидкість, а так же рекомендований MATLAB [5]. В налаштуваннях моделі Simulink, він представлений вирішувачем *ode23t*.

За допомогою складеної моделі можна отримувати будь-які перехідні процеси, в тому числі зміни значення узагальнених координат характерних точок робочого обладнання, швидкості їх зміни, зусилля гідроциліндра (рис. 6). Наочне уявлення руху маніпулятора можна отримати за допомогою вбудованої функції візуалізації SimScape, що дозволяє швидше помічати помилки при аналізі.

Висновки. В роботі розглянуті основні принципи побудови математичної моделі робочого обладнання

екскаватора в MATLAB Simulink з використанням бібліотек SimMechanics. MATLAB дозволяє отримувати чисельне рішення диференціальних рівнянь що описують процеси, які протікають при русі елементів механічної системи, розглядаючи не тільки саме рух, а і причини його виникнення. Отримана модель дозволяє вирішувати завдання аналізу і синтезу систем керування роботою екскаватора, що буде висвітлено в наступних статтях.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ:

1. Дьяконов В.П., *Simulink: Самоучитель*. – М.: ДМК-Пресс, 2013. – 784с.
2. *Моделирование мехатронных систем в среде MATLAB (Simulink / SimMechanics): учебное пособие для высших учебных заведений / В.М. Мусалимов, Г.Б. Загорюев, И.И. Калайшина, А.Д. Перечесова, К.А. Нуждин*. - СПб.: НИУ ИТМО, 2013. - 114 с
3. *SimScape. Моделирование и симуляция междисциплинарных физических систем*. - Режим доступа: <http://matlab.ru/products/simscape/Simscape-rus.pdf>.
4. *SimMechanics. Симуляция и моделирование многотельных механических систем*. - Режим доступа: http://matlab.ru/products/simmechanics/simmechanics_rus_web.pdf.
5. *SimMechanics Documentation*. Режим доступа: <http://www.mathworks.com/help/physmod/sm/>