

УДК 621.01

А.А. ДЖОМАРТОВ, Г. УАЛИЕВ

(Институт механики и машиноведения, Алматы)

ТИПОВЫЕ ДИНАМИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ЦИКЛОВЫХ МЕХАНИЗМОВ НА ПРОГРАММНОМ КОМПЛЕКСЕ SIMULATIONX

Аннотация

В работе показывается, что типовые динамические модели цикловых механизмов могут быть хорошо рассчитаны на программном комплексе SimulationX с моментальным графическим представлением и анализом результатов и автоматическим анализом собственных частот и форм колебаний.

Ключевые слова: цикловые механизмы, машина-автомат, динамическая модель, упругость, Simulation X.

Тірек сөздер: циклді механизмдер, машина-автомат, динамикалық үлгі, серпімділік, SimulationX.

Keywords: cyclicmechanisms, automatic machine, dynamical model, elasticity, SimulationX.

В современных машинах широко применяются кулачковые, рычажные, мальтийские, храповые механизмы, а также различные их комбинации. Для этих и ряда других механизмов, осуществляющих периодические движения рабочих органов, в последние годы установленся термин «циклические механизмы», который принят и в работе И.И. Вульфсона [1].

В данной работе [1] предложена классификация типовых динамических моделей, (см. таблица 1), которые разделены на три класса и ряд модификаций. К классу I отнесены динамические модели механизмов, образованные последовательным соединением элементов. Структура динамической модели выглядит в виде: $H_1 - \Pi - H_2$, где H_1 и H_2 - число степеней свободы колебательного контура соответственно ведущей и ведомой частей механизма, Π - функция положения механизма.

Модели класса I подразделяются на четыре модификации $0 - \Pi - 0$. К модификации 1 отнесена простейшая модель $0 - \Pi - 0$. В этой модели все звенья приняты неупругими.

К модификации 2 отнесены динамические модели $0 - \Pi - H$, для которых ведущая часть, предполагается абсолютно жесткой, а ведомая отображается в виде колебательной системы с H степенями свободы. К модификации 3 отнесены динамические модели,

$H - \Pi - 0$ и $0 - \Pi_1 - H - \Pi_2 - 0$. К модификации 4 отнесены динамические модели, $0 - \Pi_1 - 1 - \Pi_2 - 1$, $\frac{1}{2} - \Pi - \frac{1}{2}$.

К классу II отнесены динамические модели цикловых механизмов, образованных при параллельно-последовательном соединении элементов (модификация 1) и модели, элементы которых образуют замкнутые контуры (модификация 2).

К классу III отнесены динамические модели, у которых ведомая или ведущая части механизма, либо обе части отображаются в виде подсистем с распределенными параметрами.

Вышеприведенные типовые динамические модели И.И. Вульфсона [1] кроме класса III, хорошо могут быть рассчитаны на программном комплексе SimulationX.

SimulationX – это междисциплинарный программный комплекс для моделирования физико-технических объектов и систем, который разработан и продаётся на коммерческой основе фирмой ITI GmbH [2] из Дрездена с 2000 года. Ученые и инженеры, работающие в промышленности и сфере образования, используют этот инструмент для разработки, моделирования, симулирования, анализа и виртуального тестирования сложных мехатронных систем. На единой платформе программа моделирует поведение и взаимодействие различных физических объектов механики (1D и 3D), приводной техники, электрических, гидравлических, пневматических и термодинамических систем, а также магнетизма и аналоговых и цифровых систем управления. Основное достоинство программы SimulationX, которое состоит в быстром построении моделей из интуитивно-понятных объектов механики (масса, сила, момент, пружина, демпфер, трение, рычаг и т.д.), пневматики и

гидравлики (пневмоцилиндр, клапан, дроссель и др.), машиностроения и электромеханики (моторы, муфты, сцепления, зубчатая и другие передачи, карданный вал, дифференциал и т.д.) и управления (датчики-измерители, управляющие сигналы и пр.).

Таблица 1 – Типовые динамические модели

Класс	Модификация	Динамическая модель
I	1	<p style="text-align: center;">$\text{0-}\Pi\text{-0}$</p>
	2	<p style="text-align: center;">$\text{0-}\Pi\text{-H}$</p>
	3	<p style="text-align: center;">$\text{H-}\Pi\text{-0}$</p> <p style="text-align: center;">$\text{0-}\Pi_1\text{-1-}\Pi_2\text{-0}$</p>
	4	<p style="text-align: center;">$\text{H}_1\text{-}\Pi\text{-H}_2$</p> <p style="text-align: center;">$\text{0-}\Pi_1\text{-1-}\Pi_2\text{-1}$</p> <p style="text-align: center;">$1/2\text{-}\Pi\text{-}1/2$</p>

Продолжение таблицы 1.

Класс	Модификация	Динамическая модель
II	1	
	2	
III	1	
	2	
	3	

Для моделирования функций положения механизмов $\varphi_2 = \Pi(\varphi_1)$, $x_2 = \Pi(x_1)$, $x_2 = \Pi(\varphi_1)$ хорошо подходит элементы библиотеки SimulationX: Transmission Mechanics.Rotation.Gear, Mechanics.Translation.Lever, Rotational-Linear Transformation. Элемент библиотеки Transmission представляет собой идеальный передаточный элемент для моментов вращения и углового перемещения, действующая между двумя компонентами координатами роторной механической системы. Идеальный передаточный элемент Transmission выполняет заданное ограничение с соблюдением равенства мощностей на входе и выходе:

$$T_1\omega_1 + T_2\omega_2 = 0$$

Ограничения могут быть на угловые перемещения вида $\varphi_2 = F(\varphi_1)$ или на угловые скорости $\omega_2 = F(\omega_1)$

Составив по таблице [1] динамические модели на программном комплексе SimulationX. На рис. 1-6 приведены динамические модели I и II классов И.И. Вульфсона на SimulationX.

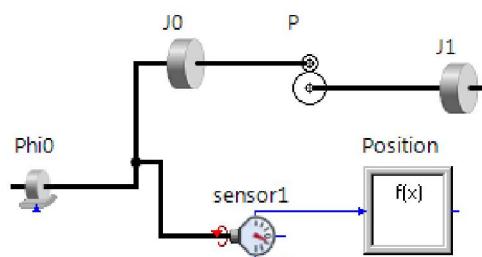


Рисунок 1 – Динамическая модель класса I модификация 1 формула 0 – Π – 0

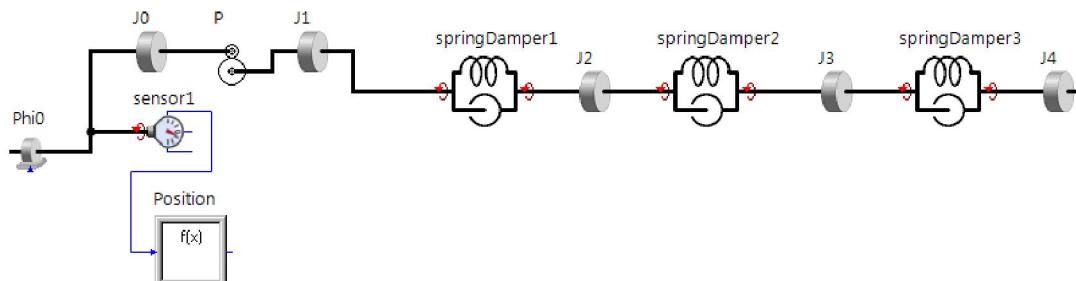


Рисунок 2 – Динамическая модель класса I модификация 2 формула 0 – Π – 4

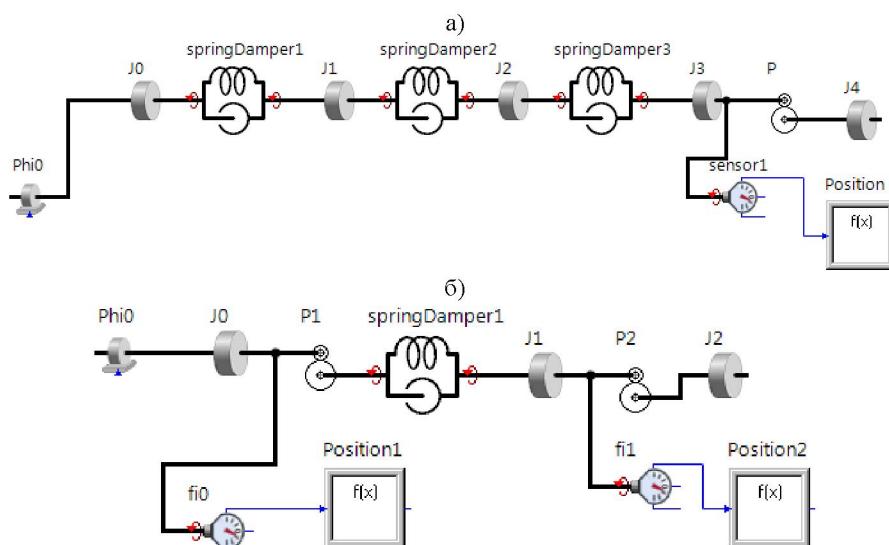


Рисунок 3 – Динамическая модель класса I модификация 3: а) – модель 3 – Π – 0 , б) – модель 0 – Π_1 – 1 – Π_2 – 0

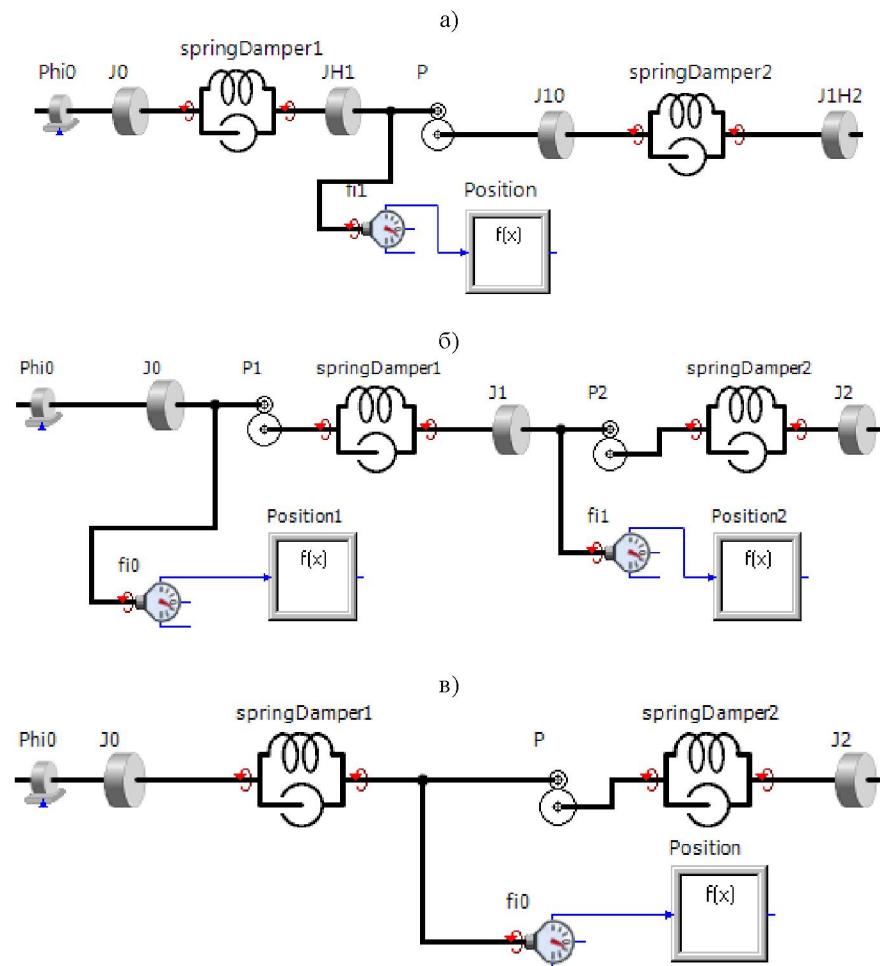


Рисунок 4 – Динамическая модель класса I модификация 4:
а) – модель 1 – Π – 1, б) – модель 0 – Π_1 – 1 – Π_2 – 1, в) – модель $\frac{1}{2}$ – Π – $\frac{1}{2}$

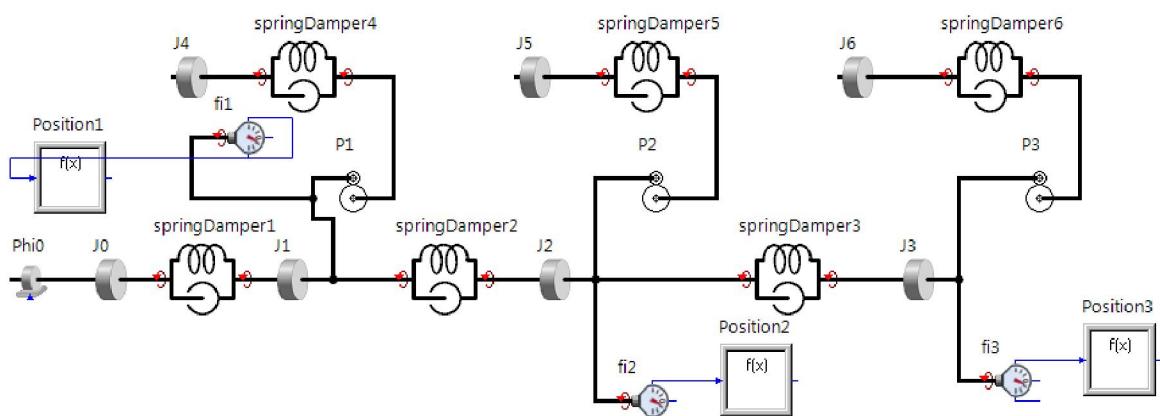


Рисунок 5 – Динамическая модель класса II модификация 1

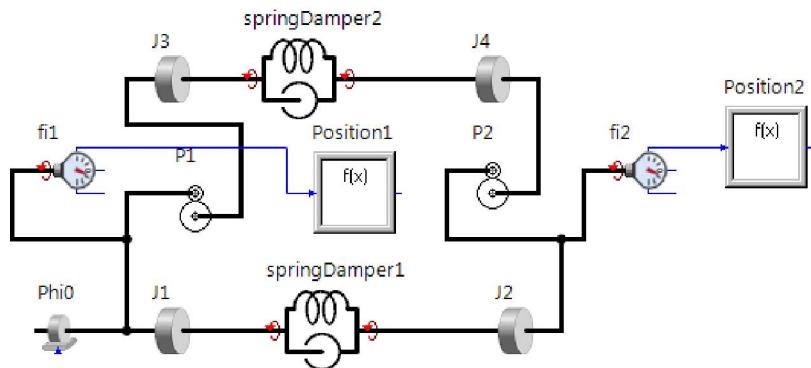


Рисунок 6 – Динамическая модель класса II модификация 2

Построенные выше динамические модели цикловых механизмов на программном комплексе SimulationX позволяют автоматически получить моменты, ускорения, скорости, перемещения и другие важные характеристики, провести анализ собственных частот и форм колебаний.

В работе И.И. Вульфсона [1] для типовых динамических моделей (см. таблица 1) приведено подробное математическое описание и аналитические расчеты различных колебательных режимов. Однако практическое применение полученных результатов работы [1] достаточно сложно для инженеров при расчете конкретных механизмов. Поэтому применение программного комплекса SimulationX, для расчета типовых динамических моделей цикловых механизмов, позволяет быстро получить результаты пригодные для динамического анализа.

Предлагается следующая последовательность при расчете конкретных цикловых механизмов.

По конструктивной схеме механизма, необходимо подобрать подходящую типовую модель из таблицы 1. Далее произвести расчет типовой модели на программном комплексе SimulationX и провести анализ результатов. Полученные результаты можно использовать для более детального исследования механизма с использованием математических моделей, разработанных в работе [1].

Пример.

На рис.7 показана конструктивная схема машины, состоящей из 3 цикловых механизмов. Как видно из рис 7, для данной схемы подходит типовая динамическая модель класса II модификации I (табл. 1)

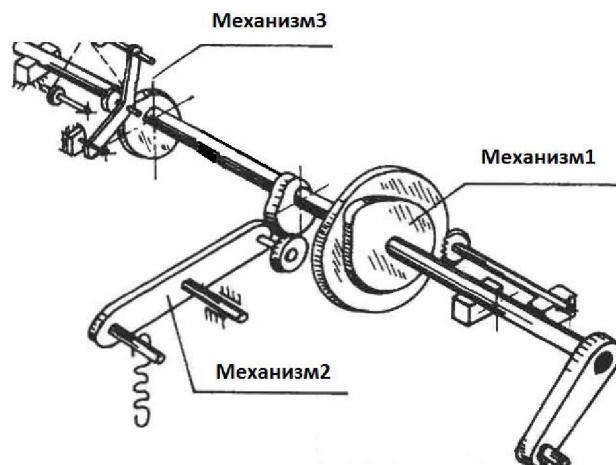


Рисунок 7 – Конструктивная схема машины, состоящей из 4 цикловых механизмов

На рисунке 8 показана динамическая модель на SimulationX машины, состоящей из 3 цикловых механизмов, согласно типовой динамической модели класса II модификации I (табл. 1)

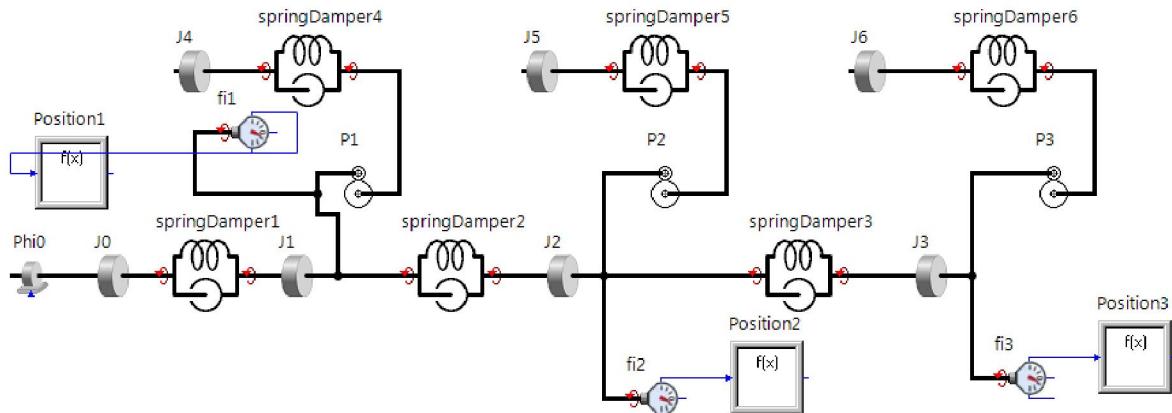


Рисунок 8 – Динамическая модель на SimulationX машины, состоящей из 3 цикловых механизмов

В результате расчета модели получены следующие результаты. На рис.9-11 показаны угловые перемещения и скорости рабочих органов 1, 2 и 3 механизмов.

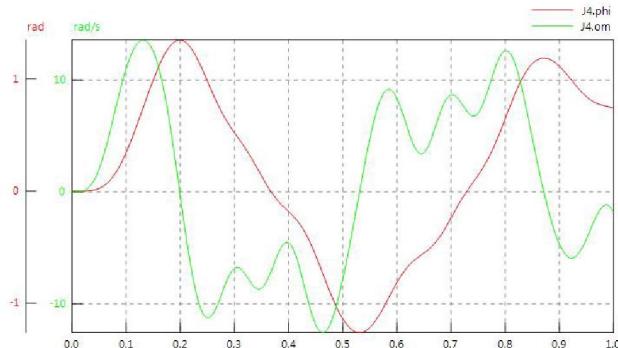


Рисунок 9 – Угловые перемещения и скорости рабочего органа 1-го механизма

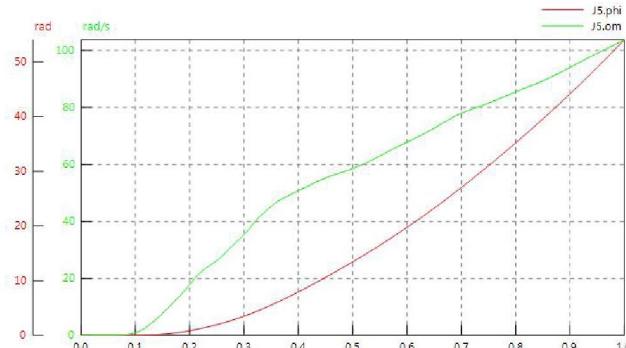


Рисунок 10 – Угловые перемещения и скорости рабочего органа 2-го механизма

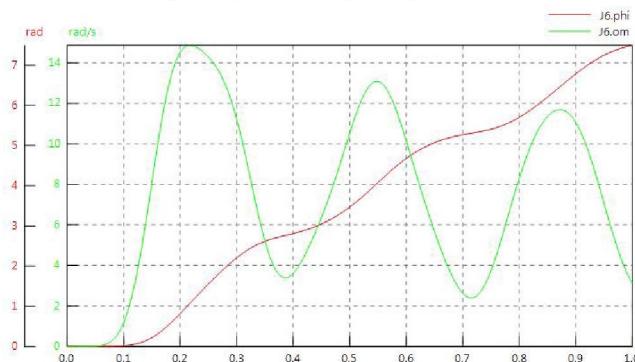


Рисунок 11 – Угловые перемещения и скорости рабочего органа 3-го механизма

На рис 12 показаны собственные частоты машины. На рис. 13 приведена диаграмма Кемпбелла.

No.	Value	f [Hz] (undamped)	f [Hz] (damped)	D [-]	Time Constant [s]
f1	-0.001136±1.7967 i	0.28596	0.28596	0.00063224	880.31
f2	-0.19201±19.596 i	3.1189	3.1187	0.0097982	5.2081
f3	-0.34623±26.439 i	4.2083	4.2079	0.013094	2.8883
f4	-1.308±51.13 i	8.1402	8.1375	0.025573	0.76454
f5	-1.4438±54.295 i	8.6444	8.6414	0.026581	0.69264
f6	-109.78±455.97 i	74.644	72.57	0.23407	0.0091093

Рисунок 12 – Собственные частоты машины

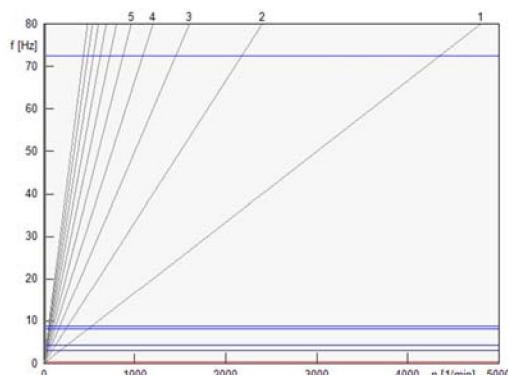


Рисунок 13 – Диаграмма Кемпбелла

Вывод

Программный комплекс Simulation X хорошо подходит для расчета типовых динамических моделей цикловых механизмов и позволяет провести анализ для различных динамических режимов.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Вульфсон И.И. Динамические расчеты цикловых механизмов.-Л.: Машиностроение, 1976. - 328с.
- 2 Сайт фирмы ITI GmbH (разработчик SimulationX) -<http://www.simulationx.com/>

REFERENCES

- 1 Vul'fson I.I. *Dinamicheskie raschety ciklovyh mehanizmov.* L., Mashinostroenie, 1976. 328, (in Russ.)
- 2 Sajt firmy ITI GmbH (razrabotchik SimulationX) -<http://www.simulationx.com/>

Резюме

Жомартов А.А., Уәлиев Г.

(Академик Θ.А. Жолдасбеков атындағы Механика және машинатану институты, Алматы)

SIMULATIONX БАҒДАРЛАМАЛАР ЖЫЛЫНТЫҒЫНДА ЦИКЛДІ МЕХАНИЗМДЕРДІҢ ТИПТИК ДИНАМИКАЛЫҚ ҮЛГІЛЕРИ

Жұмыста циклді механизмдердің типтік динамикалық үлгілері графикалық көріністер мен нәтижелердің және өзіндік жиілік пен тербелу пішінін автоматты түрде талдау жасауды Simulationx бағдарламалар жылыштығында жақсы есептелеу мүмкін екендігін көрсетеді.

Тірек сөздер: циклді механизмдер, машина-автомат, динамикалық үлгі, серпімділік, SimulationX.

Summary

A.A. Jomartov, G. Ualiyev

(Institute of Mechanics & Mechanical Engineering, Almaty)

TYPICAL DYNAMIC MODELS OF CYCLIC MECHANISMS ON SOFTWARE COMPLEX SIMULATIONX

In this paper we show that the typical dynamic models of cyclic mechanisms may be well designed for the software package SimulationX with instant graphical representation and analysis of the results and the automatic analysis of natural frequencies and vibration modes.

Keywords: cyclic mechanisms, automatic machine, dynamical model, elasticity, SimulationX.

Поступила 09.01.2014 г.