

Отчет по заданию №7

Кондратенко Федор, гр 13632/1

2019 г.

Модель

Для имитационного моделирования в Simscape Multibody была составлена следующая модель:

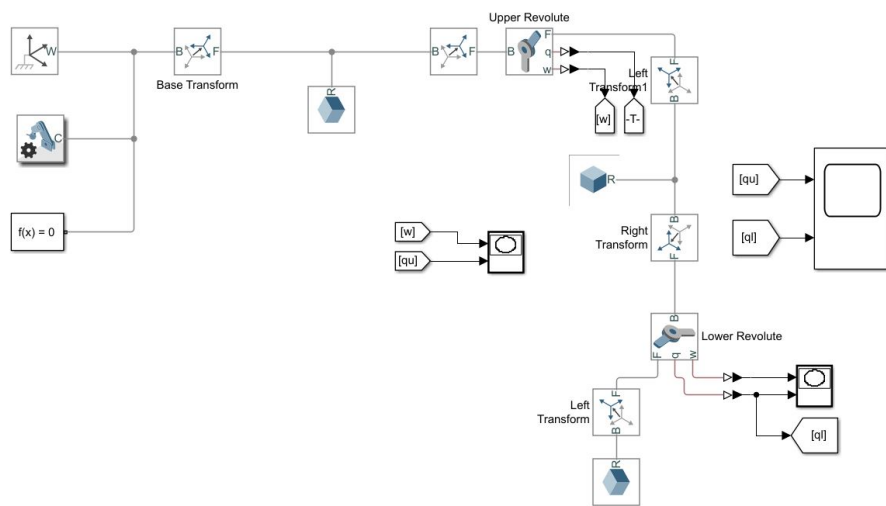


Рис. 1: Блок-схема модели

Внешний вид маятника:



Рис. 2: Онование – двенадцатигранник, звенья – параллелепипеды

Моделирование свободных колебаний

Отклонение верхнего маятника на 10 градусов от точки равновесия, нижний маятник имеет нулевые относительные начальные условия:

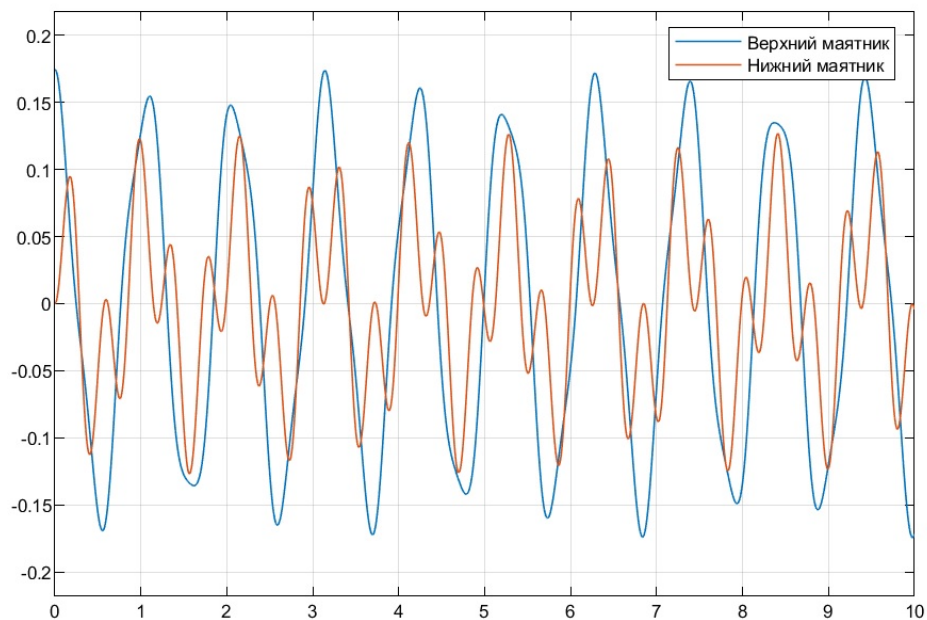


Рис. 3: Отклонение верхнего маятника на 10 градусов от положения равновесия

Период колебаний верхнего маятника – 1.121 с, частота $k = 5.0$ рад/с.

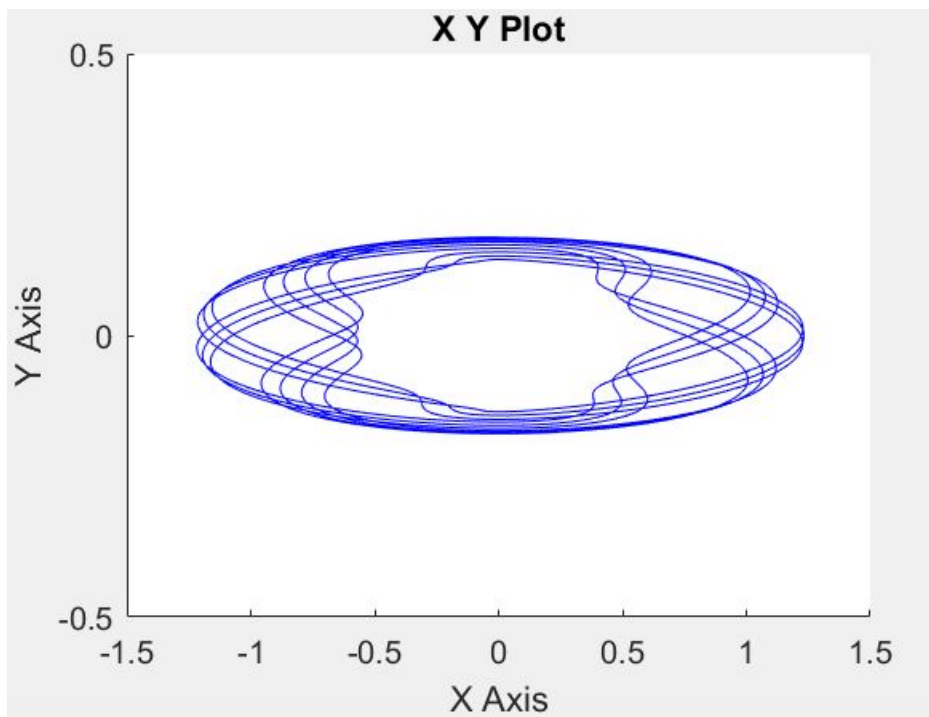


Рис. 4: Фазовая траектория верхнего маятника

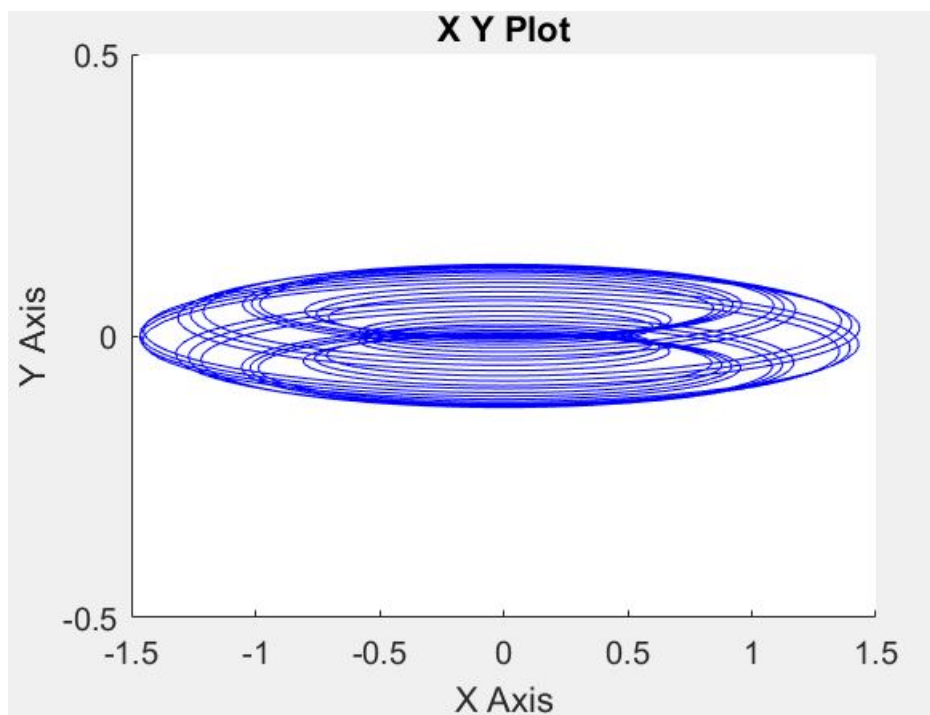


Рис. 5: Фазовая траектория нижнего маятника

Отклонение нижнего маятника на 10 градусов, верхний имеет нулевые начальные условия:

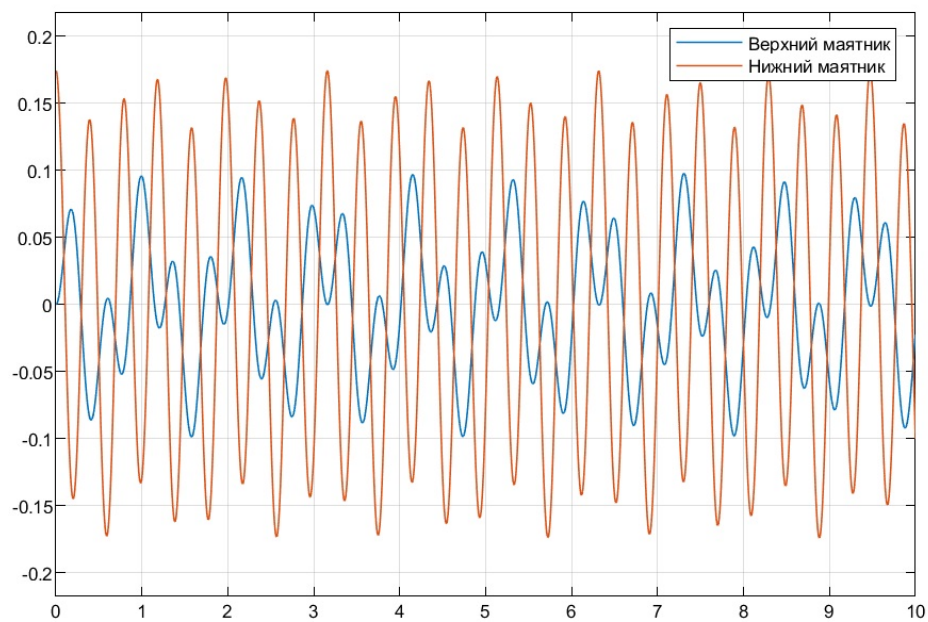


Рис. 6: Отклонение нижнего маятника на 10 градусов

Период колебаний – 0.424 с, $k = 14.81$ рад/с. Фазовые траектории маятников:

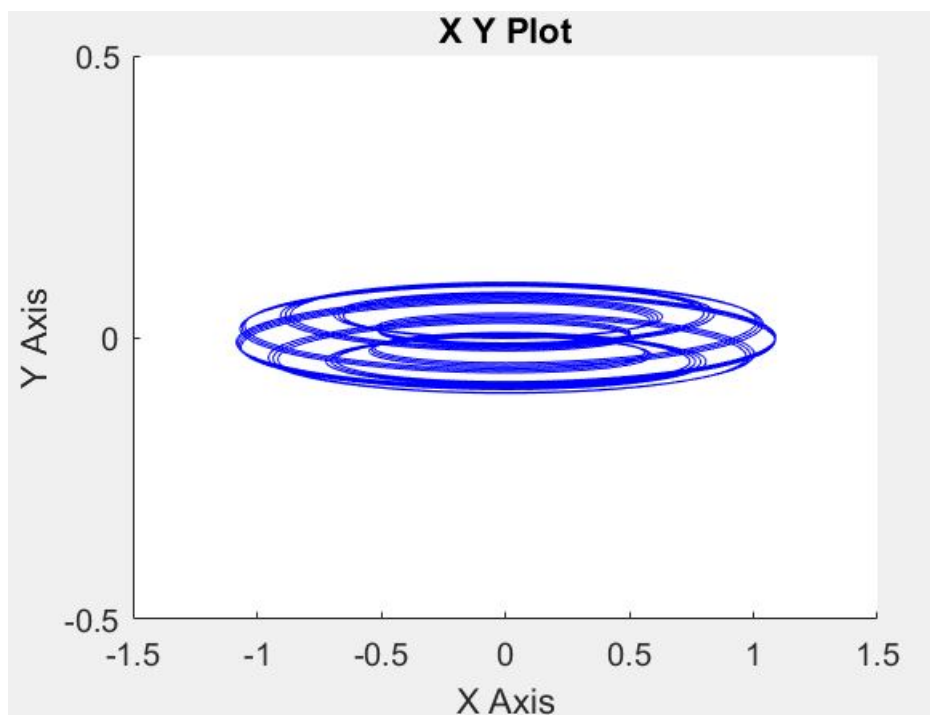


Рис. 7: Фазовая траектория верхнего маятника

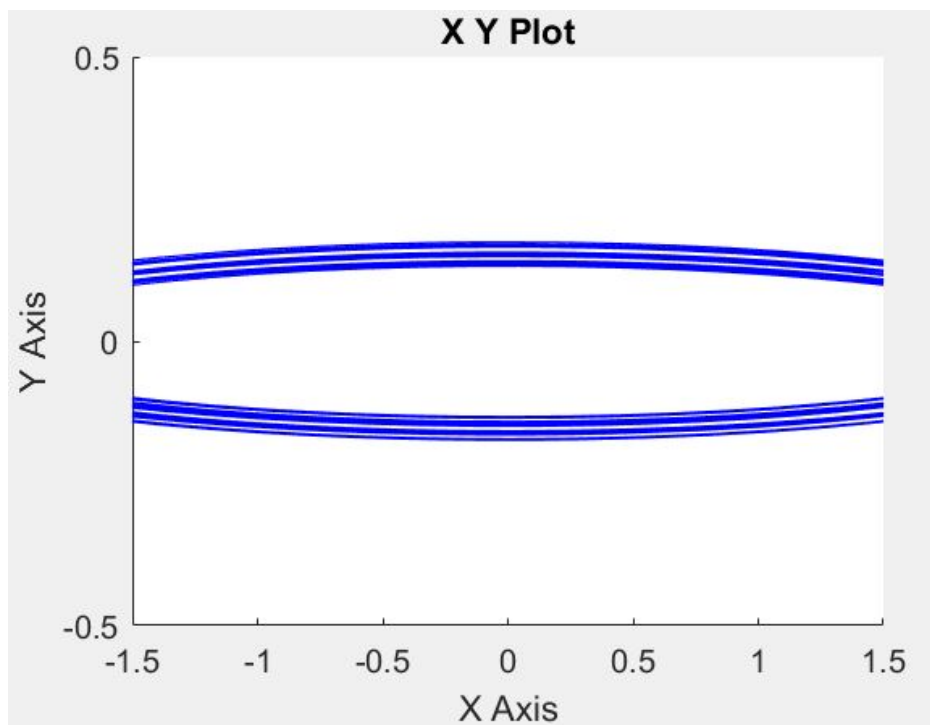


Рис. 8: Фазовая траектория нижнего маятника

Главные колебания

Первая форма главных колебаний – маятники качаются синхронно, колебания происходят синфазно – оба маятника отклоняются в одну и ту же сторону:

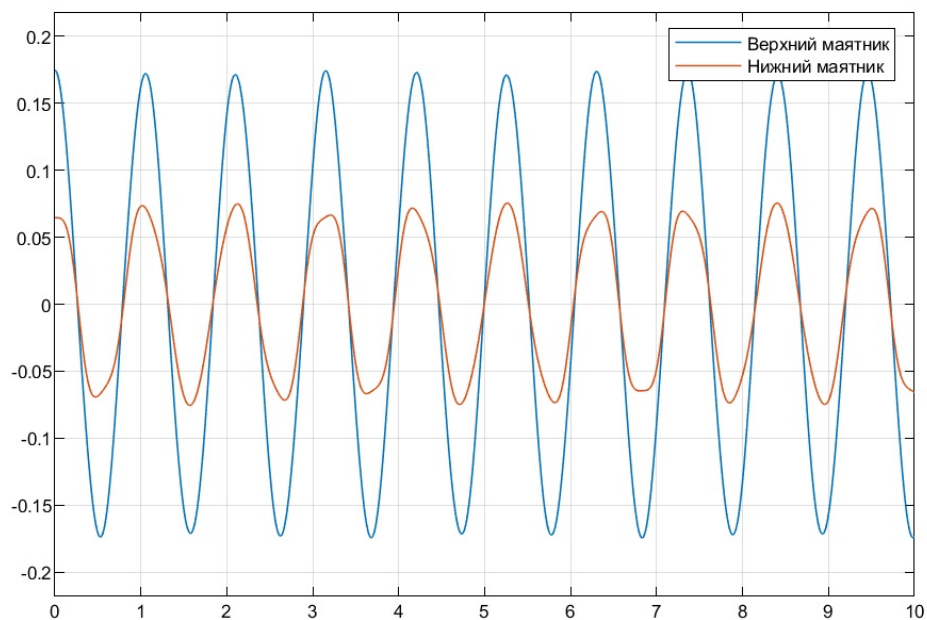


Рис. 9: Синфазные колебания получены при угле отклонения верхнего маятника 10 градусов, отклонение нижнего маятника – 3.7

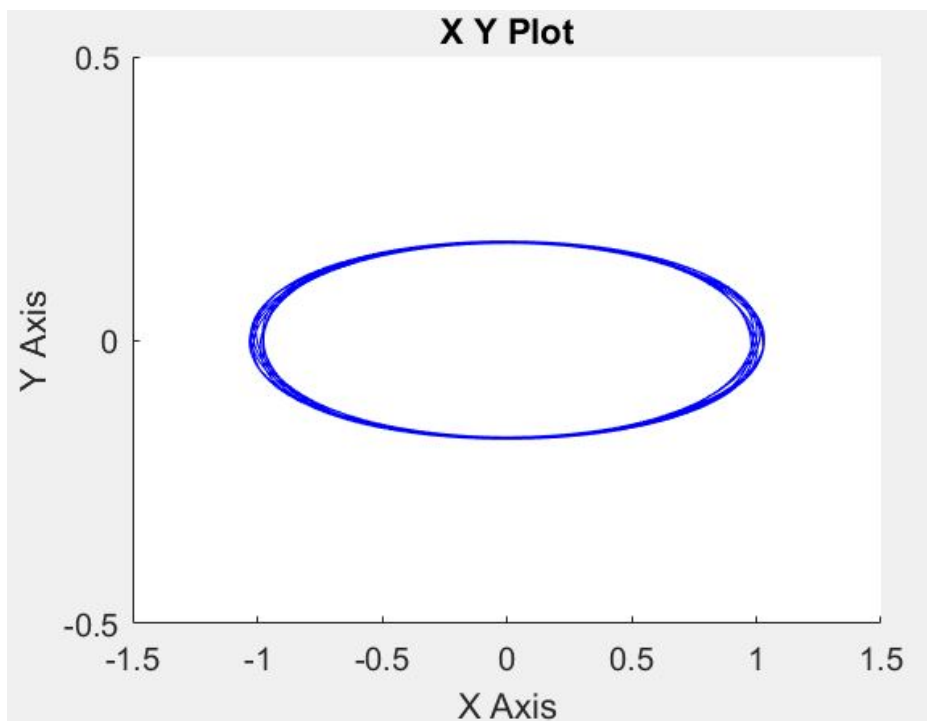


Рис. 10: Фазовая траектория верхнего маятника

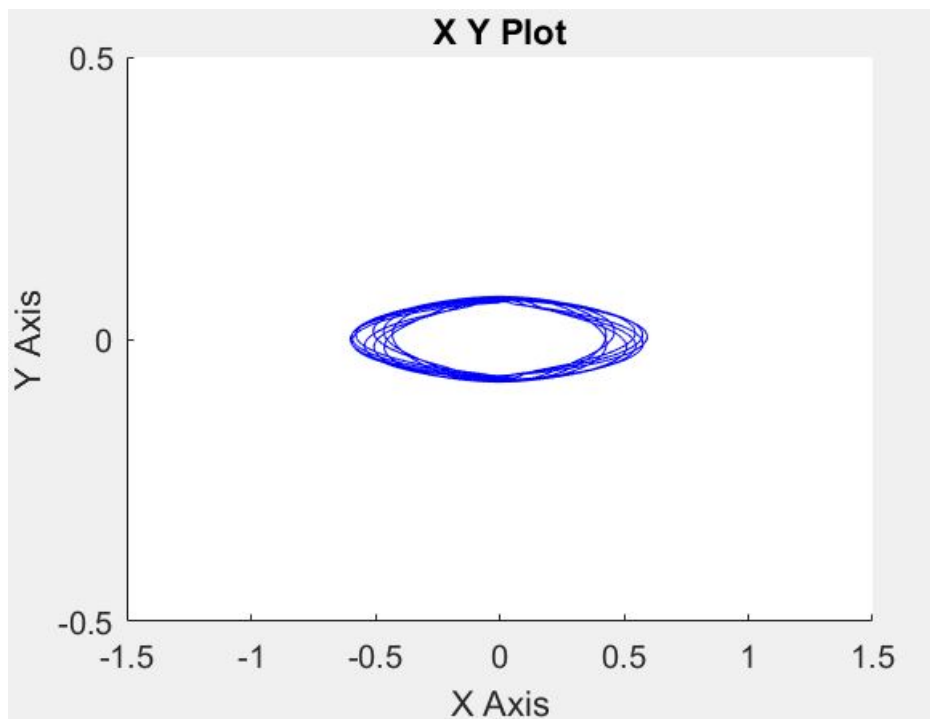


Рис. 11: Фазовая траектория нижнего маятника

Период синфазных колебаний – $\tau = 1.073$, амплитуда верхнего маятника – 0.1745, нижнего – 0.075. Частота $k = \frac{2\pi}{\tau} = 5.855$.
Вторая форма главных колебаний – маятники отклоняются в противоположные стороны.

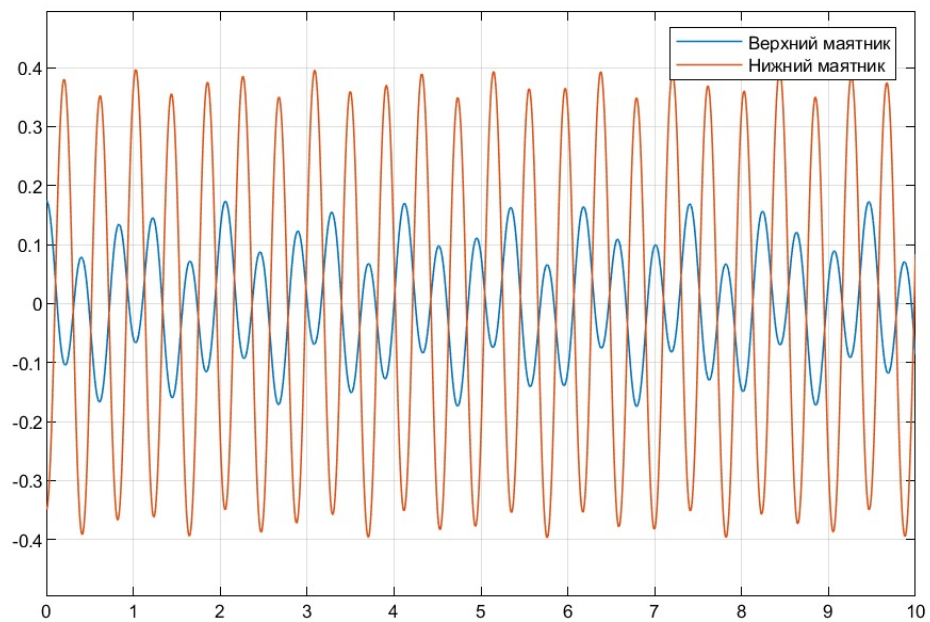


Рис. 12: Колебания в противофазе, получены при угле отклонения верхнего маятника в 10 градусов, нижнего – 21

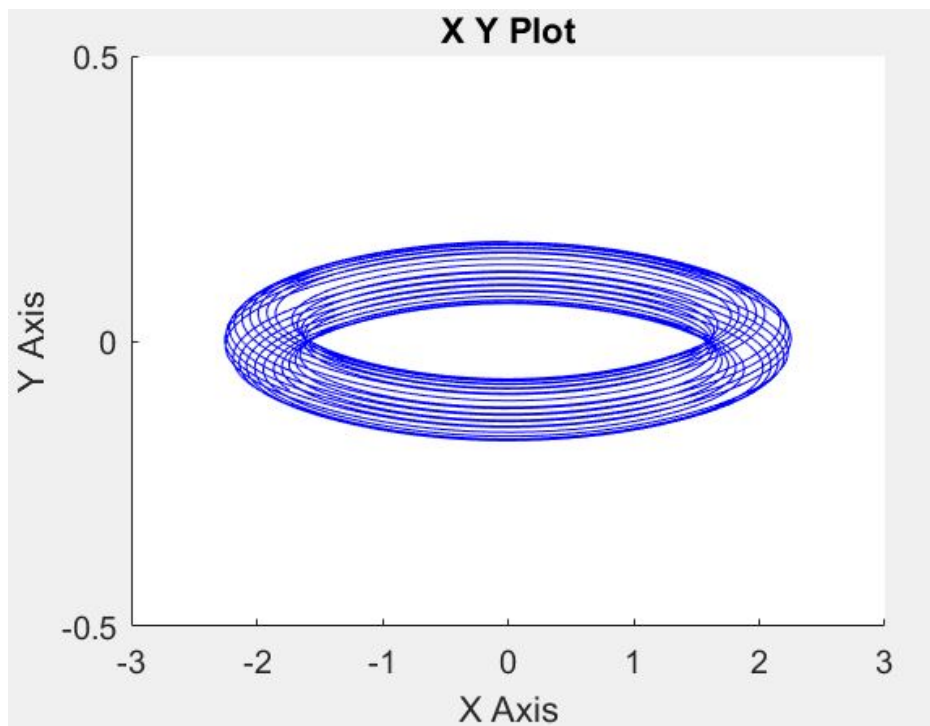


Рис. 13: Фазовая траектория верхнего маятника

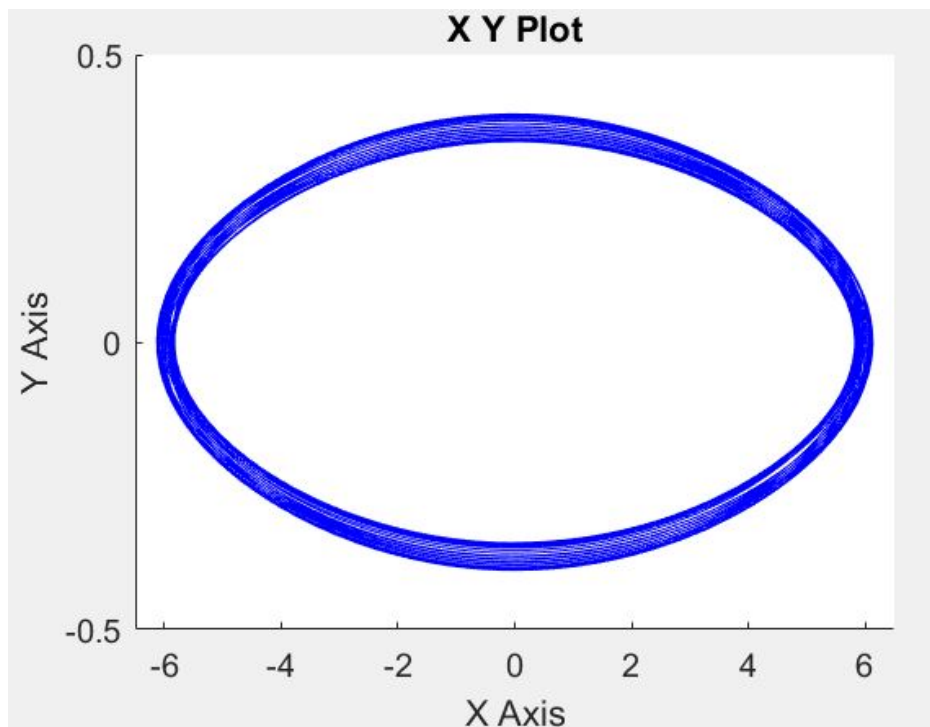


Рис. 14: Фазовая траектория нижнего маятника

Период противофазных колебаний – $\tau = 0.412$, амплитуда верхнего маятника – 0.1745, нижнего – 0.39. Частота $k = \frac{2\pi}{\tau} = 15.25$

Частоты главных колебаний очень близки к парциальным частотам системы. Можно утверждать, что вы-

полняется неравенство:

$$k_{lower} < k_{sin} < k_{anti} < k_{upper}$$

Линейный анализ и вынужденные колебания

Линейный анализ

Для определения собственных частот системы был проведен линейный анализ системы:

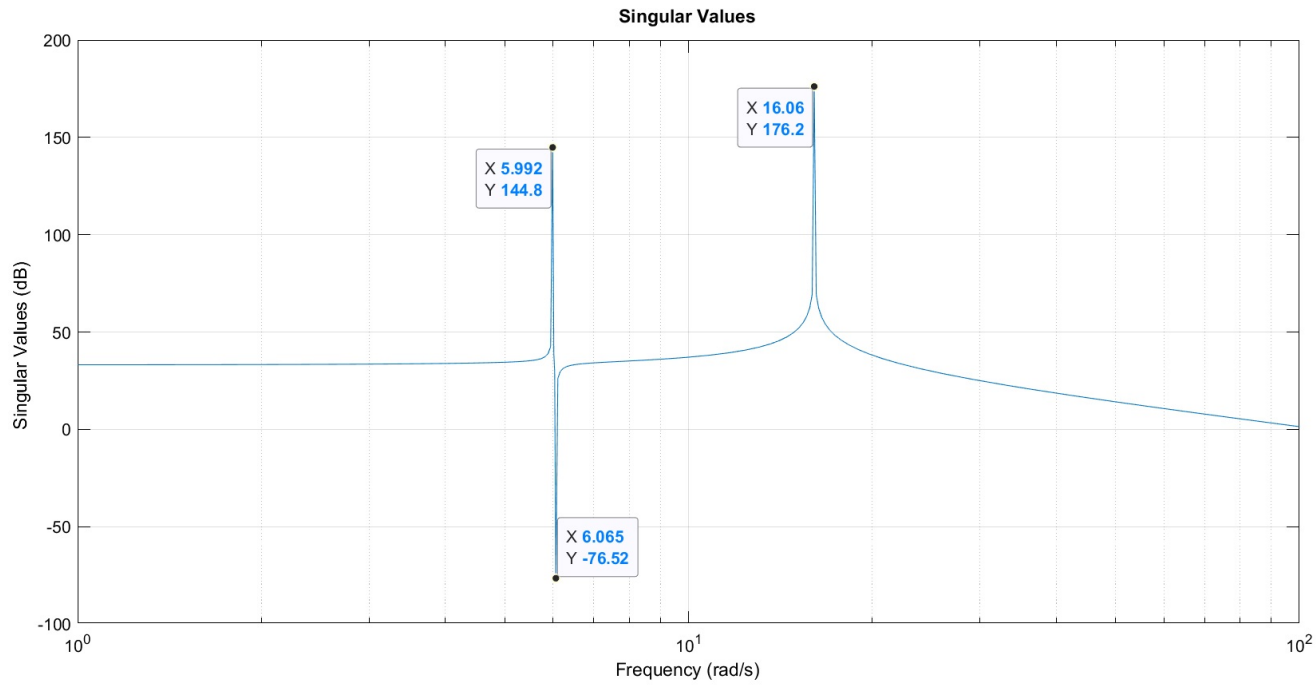


Рис. 15: Singular Value Plot, $k_1 = 5.992$, $k_{gash} = 6.065$, $k_2 = 16.06$

После этого в схему была добавлена периодический вынуждающий момент амплитудой 0.001 Нм.

Вынужденные колебания

Колебания на первой резонансной частоте:

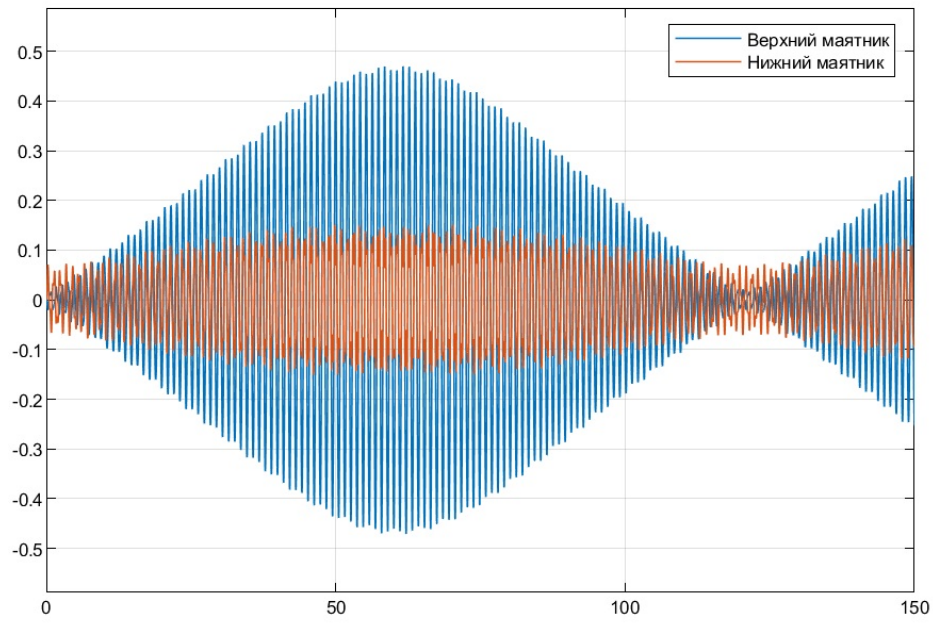


Рис. 16: $k_1 = 5.992$, $A_{lower} = 0.1511$, $A_{upper} = 0.47$, период биений $\tau = 61.631$ с

Колебания на частоте синфазных колебаний:

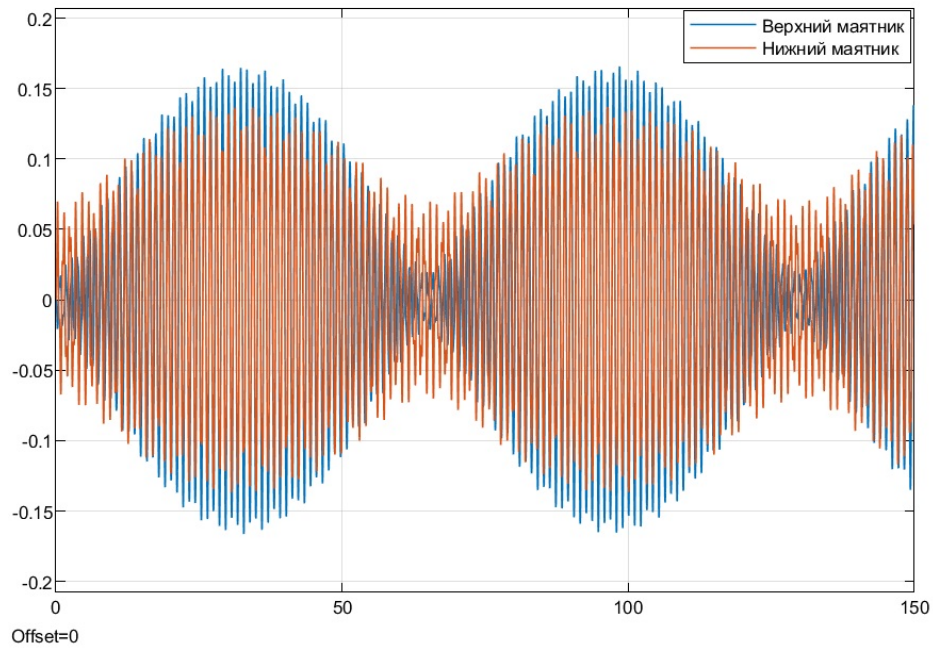


Рис. 17: $k_{sin} = 5.855$, $A_{lower} = 0.14$, $A_{upper} = 0.16$, период биений $\tau = 64.514$ с

Видно сходство колебаний на этих двух частотах, причем при колебаниях во втором случае амплитуда колебаний верхнего маятника меньше. Периоды биений примерно равны.

Колебания на второй резонансной частоте:

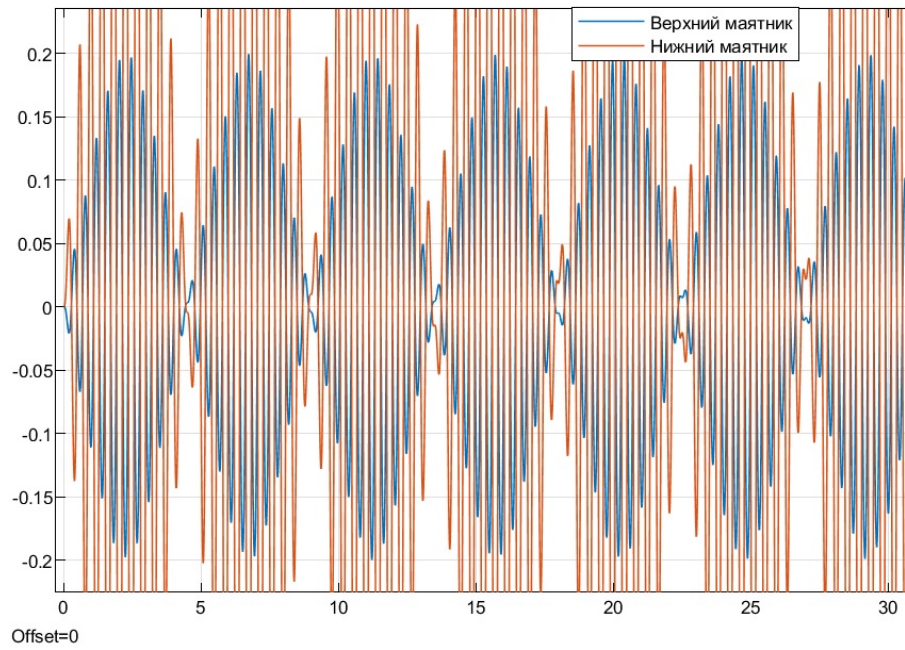


Рис. 18: $k_2 = 16.06$, $A_{lower} = 0.62$, $A_{upper} = 0.1993$, период биений $\tau = 4.503$ с

Если на первой резонансной частоте резко возрастает амплитуда колебаний верхнего маятника, то на второй резонансной частоте резко возрастает амплитуда колебаний нижнего маятника, уменьшается период биений. Колебания на частоте противофазных колебаний:

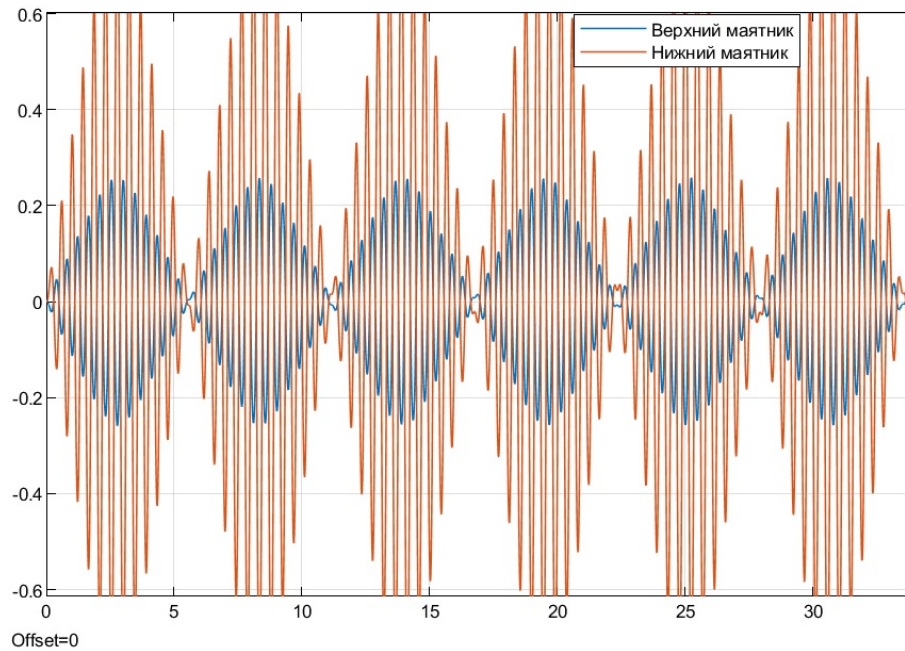


Рис. 19: $k_{gegen} = 15.25$, $A_{lower} = 0.8$, $A_{upper} = 0.2582$, период биений $\tau = 5.771$ с

Видно сходство с колебаниями на второй резонансной частоте, но период биений и амплитуда колебаний обоих маятников больше, чем в предыдущем случае. Колебания на частоте гашения:

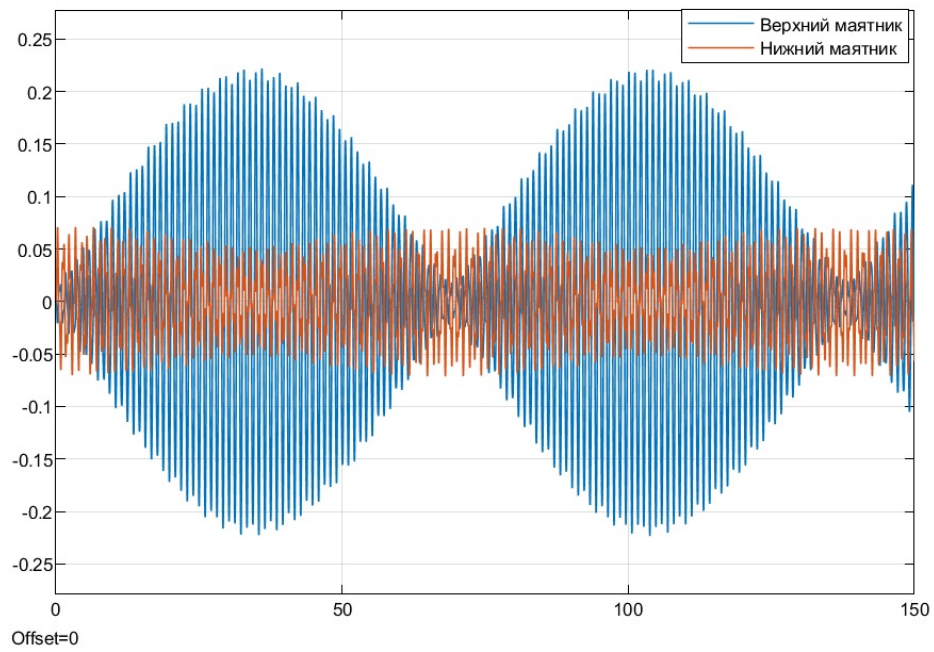


Рис. 20: $k_{gash} = 6.065$, $A_{lower} = 0.071$, $A_{upper} = 0.22$, период биений $\tau = 69.476$ с

Как видно из графика, происходит периодическое уменьшение амплитуды колебаний нижнего маятника до 0.05, но полного гашения не происходит. Вместе с уменьшением амплитуды нижнего маятника происходит возрастание амплитуды верхнего.