



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МОСКОВСКИЙ АВИАЦИОННЫЙ ИНСТИТУТ
(национальный исследовательский университет)»

Институт № 3

Кафедра № 301

Пояснительная записка к выполнению лабораторной
работы №2 по дисциплине
«Информационные технологии»

студенты гр. МЗО-201Б-22

Барулёнкова С.Л.

Платонов С.А.

Сухинин В.М.

Успенская В.И.

Устюжанина О.Д.

Принял: ст. преподаватель кафедры 301

_____ Булычев Р.П.

Цель работы: Изучение графических возможностей системы Matlab, применение математических моделей, а также использование дифференцирования. Представление физических процессов при помощи библиотеки Simulink.

Задание №1

Дано уравнение движения твёрдого тела. Найти уравнение его скорости и ускорения и их графики в зависимости от времени. Уравнение положения тела задано на рисунке 1.

$$\text{Уравнение положения тела: } x(a) = r \cdot \cos(a) + \sqrt{c^2 - r^2 \cdot \sin^2(a)}.$$

Рисунок 1. Примечание к заданию 1

Для варианта 1 имеются следующие входные данные: $r = 0.15$, $c = 0.3$.

Для того, чтобы найти уравнения скорости и ускорения, необходимо продифференцировать уравнение положения тела: для нахождения уравнения скорости взять производную первого порядка, а для уравнения ускорения — производную второго порядка. Данные методы известны из курса физики.

Модель в Simulink представлена на рисунке 2.

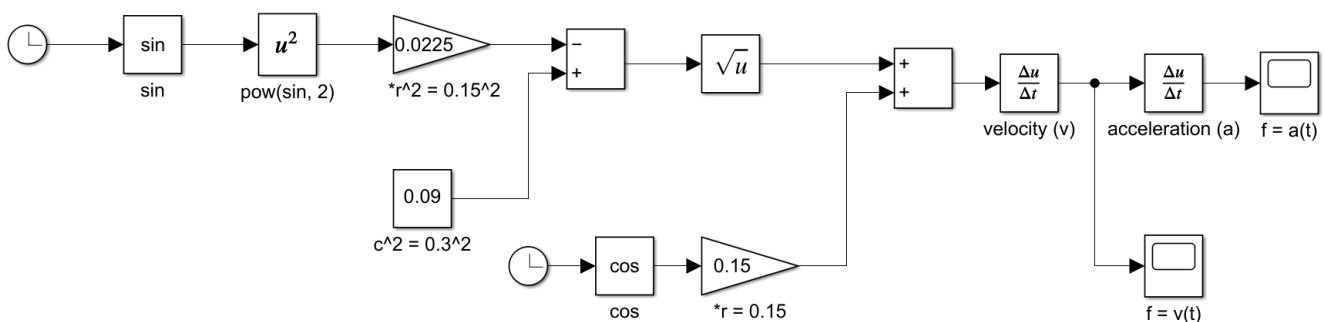


Рисунок 2. Модель для задания №1

Здесь блоки с дифференцированием обозначены следующим образом: velocity(v) — нахождение уравнения скорости, acceleration (a) — нахождение уравнения ускорения, в то время как $f = v(t)$ и $f = a(t)$ — графики зависимости скорости и ускорения от времени соответственно (представлены на рисунках 3, 4).

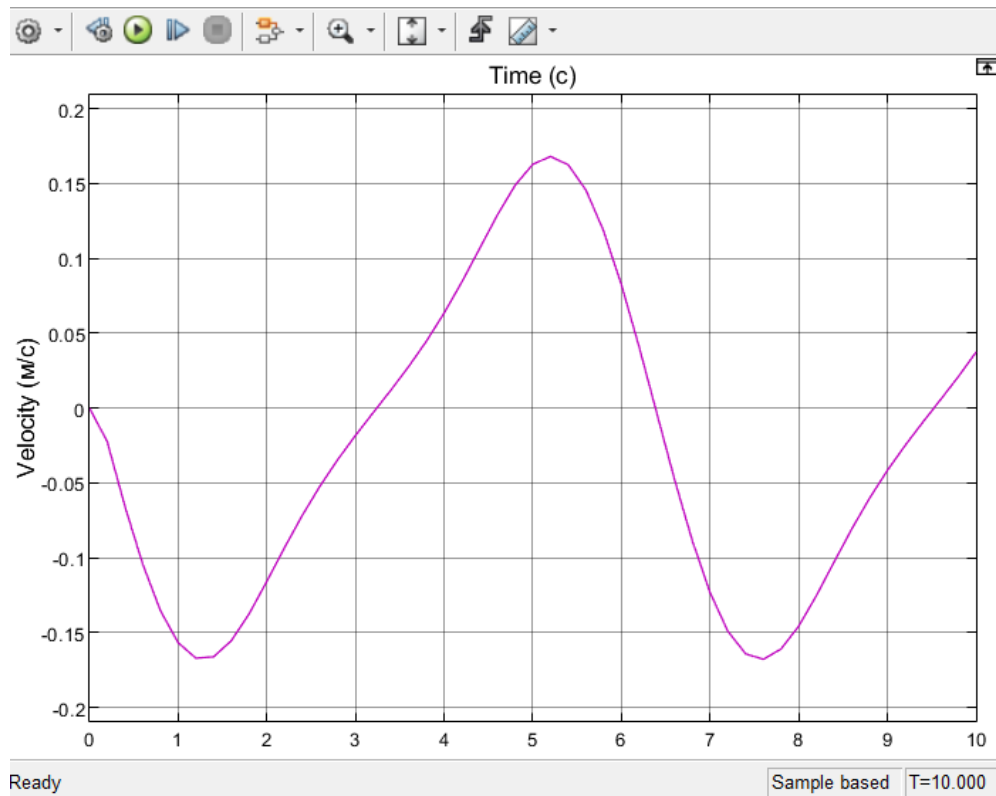


Рисунок 3. График зависимости скорости от времени

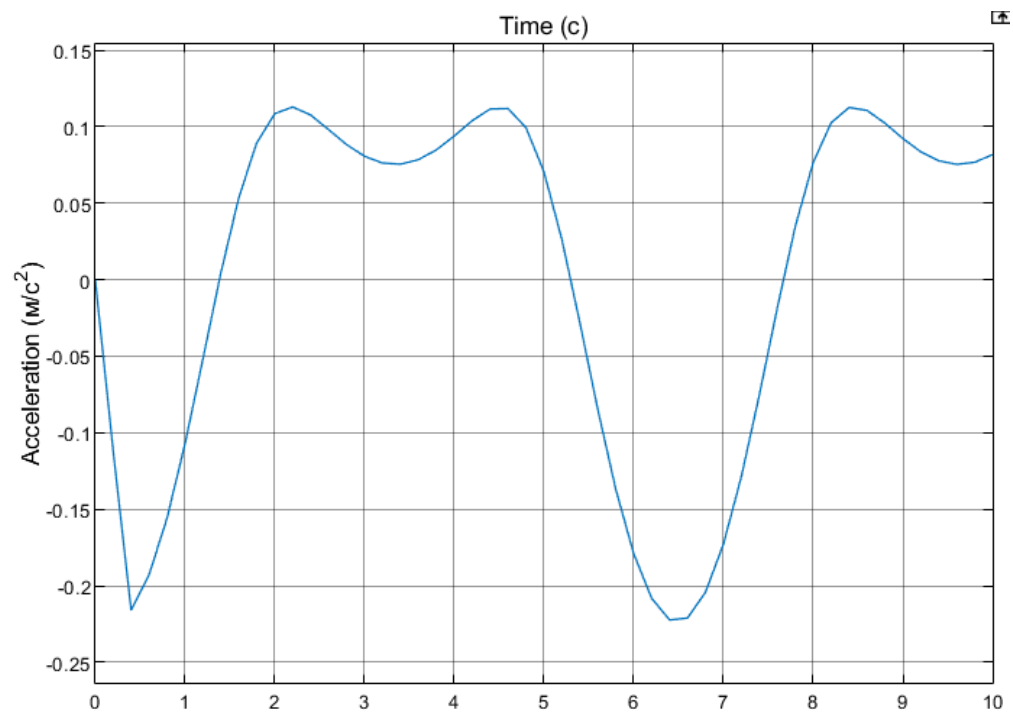


Рисунок 4. График зависимости ускорения от времени

Задание №2

Построить траекторию полета тела. Начальная скорость V_0 под углом относительно Земли θ . Сопротивлением ветра пренебречь. Входные данные представлены на рисунке 5.

$$V_z = V_{0z} - gt,$$

$$V_{0z} = V_0 \sin(\theta),$$

$$V_y = V_{0y} = V_0 \cos(\theta),$$

$$t_{max} = \frac{V_{0z}}{g}.$$

$V_0=250$ м/с, угол относительно Земли $\theta=70^\circ$;

Рисунок 5. Входные данные задачи №2 с условий к варианту 1

Построена при помощи блок-схемы в Simulink траектория полета тела (рис. 6), а также составлены основные уравнения, по которым строились графики.

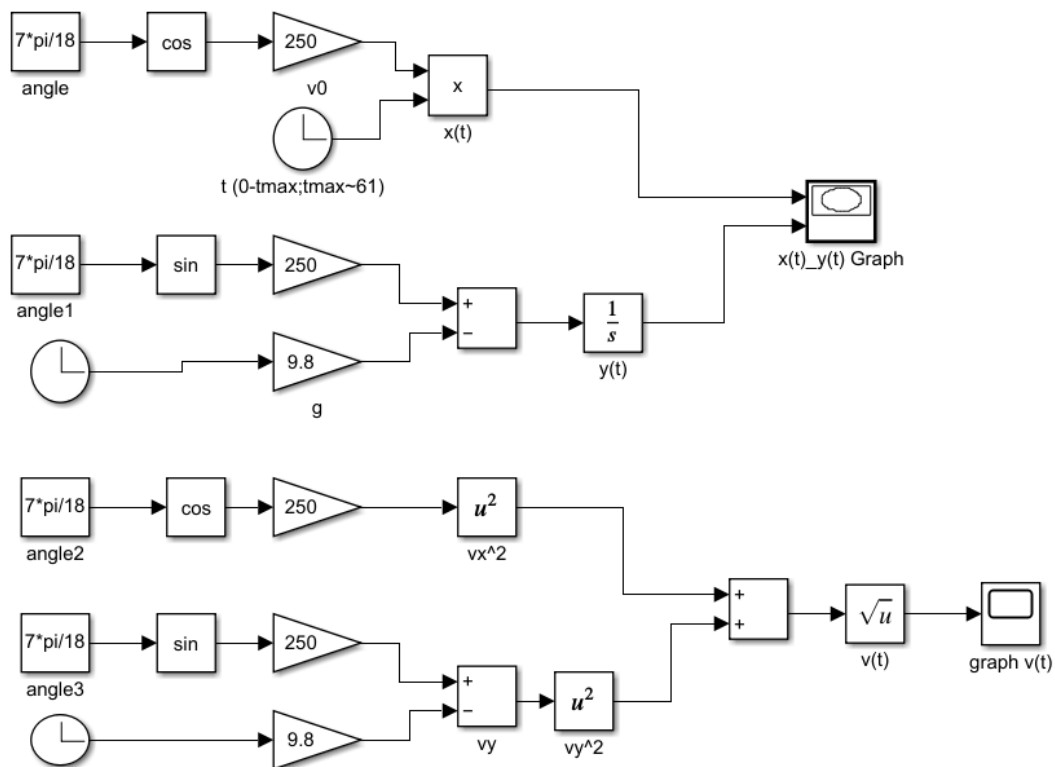


Рисунок 6. Блок-схема к заданию №2

Результирующая траектория полета построена на основе зависимости X и Y . Для того, чтобы отобразить траекторию, используется блок “ $x(t)_y(t)$ Graph”. Результат работы указанного блока представлен на рисунке 7.

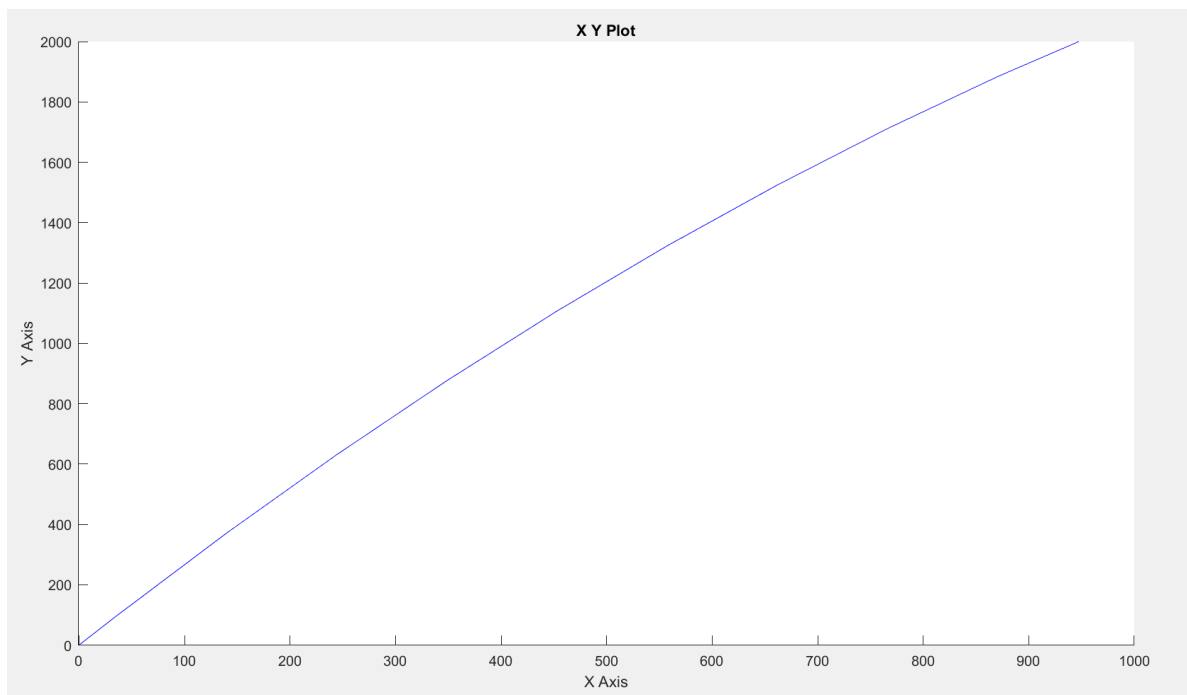


Рисунок 7. Траектория полета тела

Также, построен график зависимости скорости тела от некоего времени t , а для того, чтобы отобразить данный график, необходимым являлось выбрать блок “ $graph\ v(t)$ ”. Результат работы блок-схемы представлен на рисунке 8.

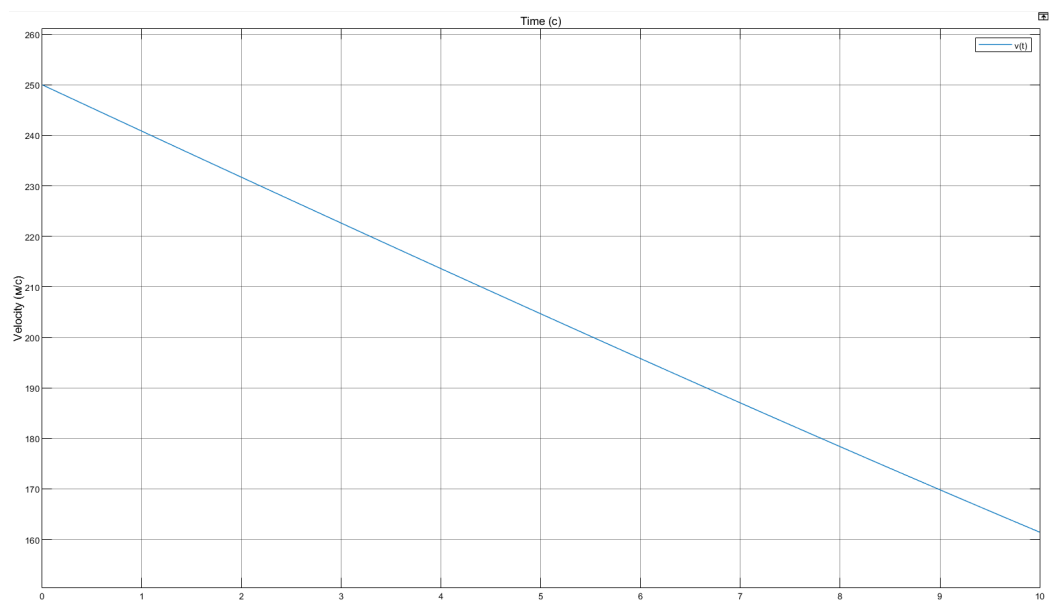


Рисунок 8. График зависимости скорости от времени.

Задание №3

В ходе выполнения задания номер 3 рассматривалась математическая модель продольного движения самолета (рис. 9). При нем быстрое (угловое) движение происходит по угловой скорости ω_z и углу атаки α , медленное (траекторное) движение – по скорости V и углу наклона траектории θ . В качестве входного сигнала используется отклонения руля высоты δ_B .

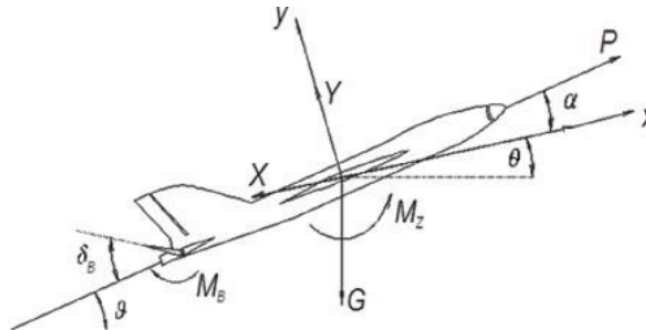
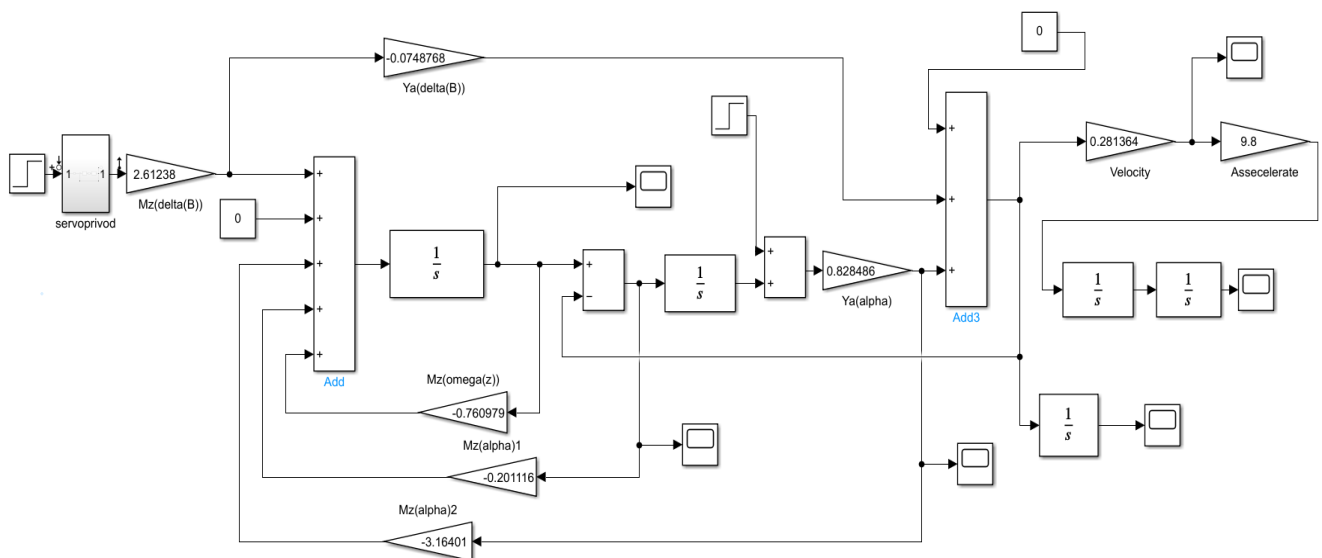


Рисунок 9. Математическая модель продольного движения самолета

Данной модели соответствует следующая блок-схема (структурная схема),



построенная в Simulink (рис. 10).

Рисунок 10. Схема, построенная в Simulink

Схема выше строилась аналогично той, что была предложена в файле с лабораторной работой с теми же числовыми данными.

В блоке “servoprivod” представлена следующая цепь (рис. 11):

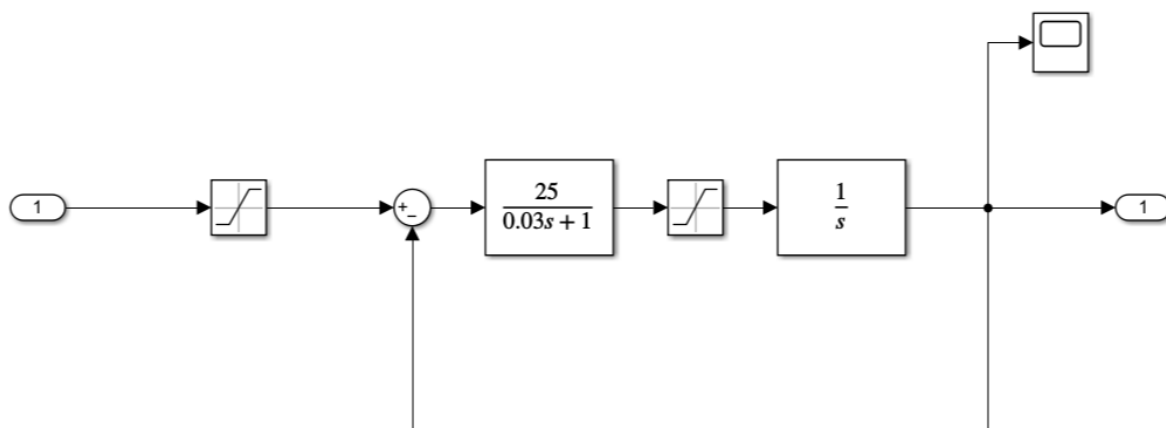


Рисунок 11. Маскированная подсистема. Блок “servoprivod”.

Затем были построены графические модели выходов по данной математической модели. Они представлены на рисунках 12-19.

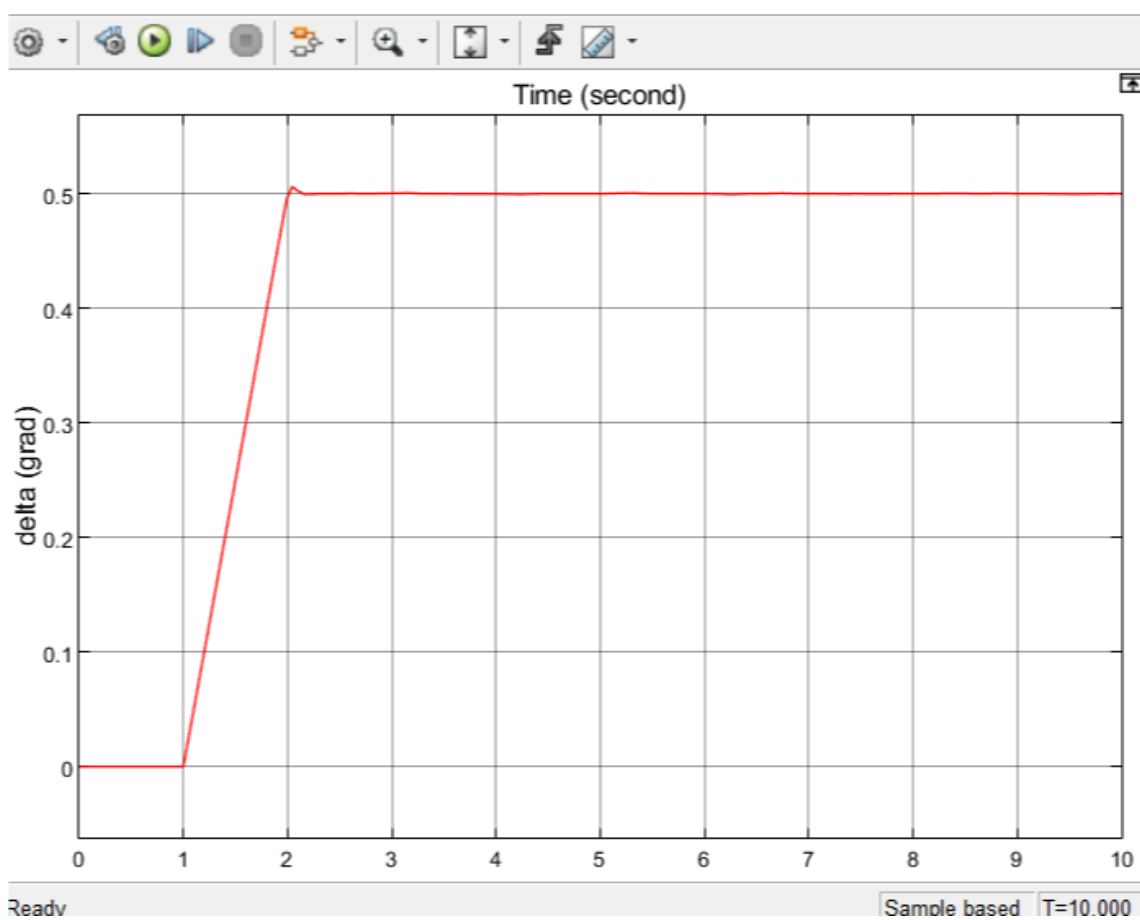


Рисунок 12. График для значения $M_z^{\delta B} = 2.61238$

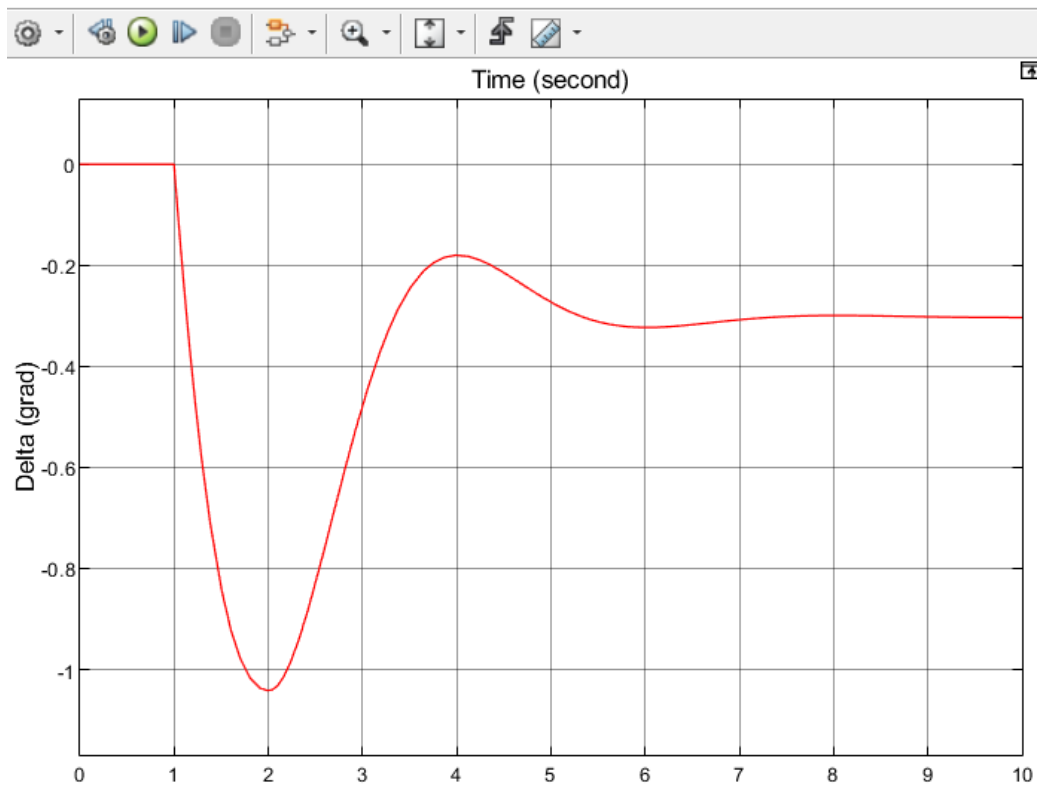


Рисунок 13. График для значения $Y_a^{\delta B} = -0.0748768$

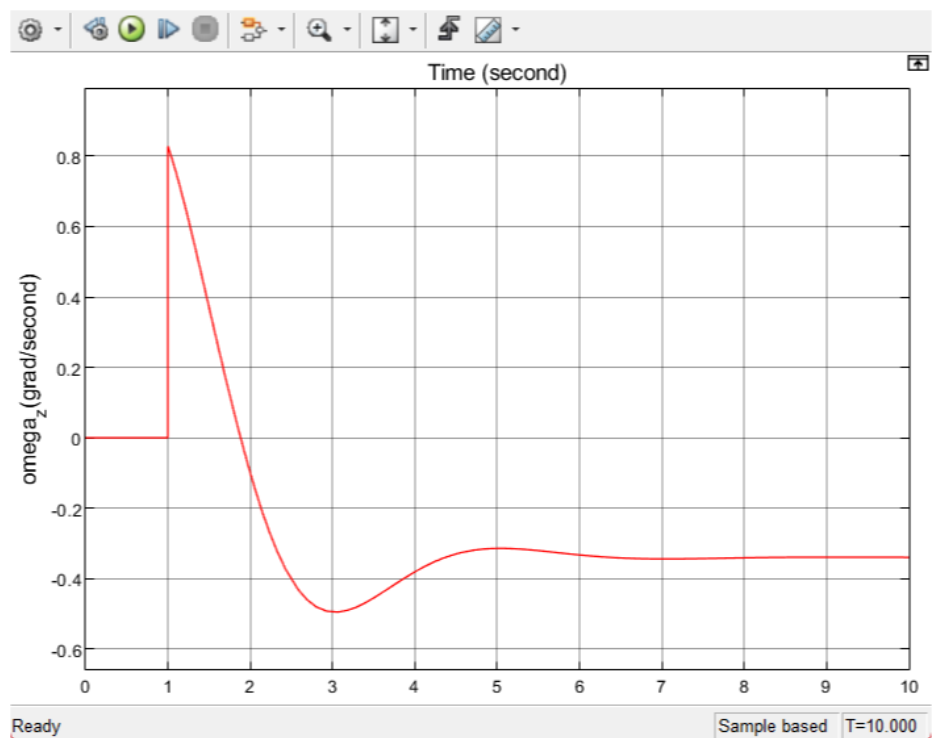


Рисунок 14. График для $M_z^{\omega z} = -0.760979$

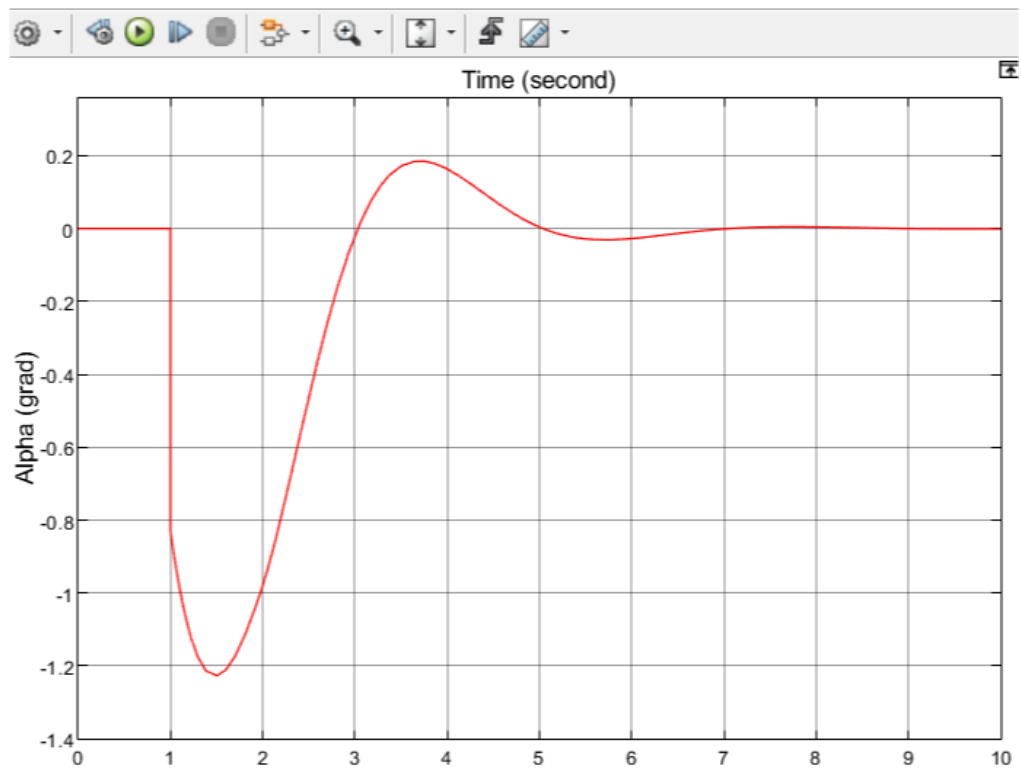


Рисунок 15. График для $M_z^\alpha = -0.201116$

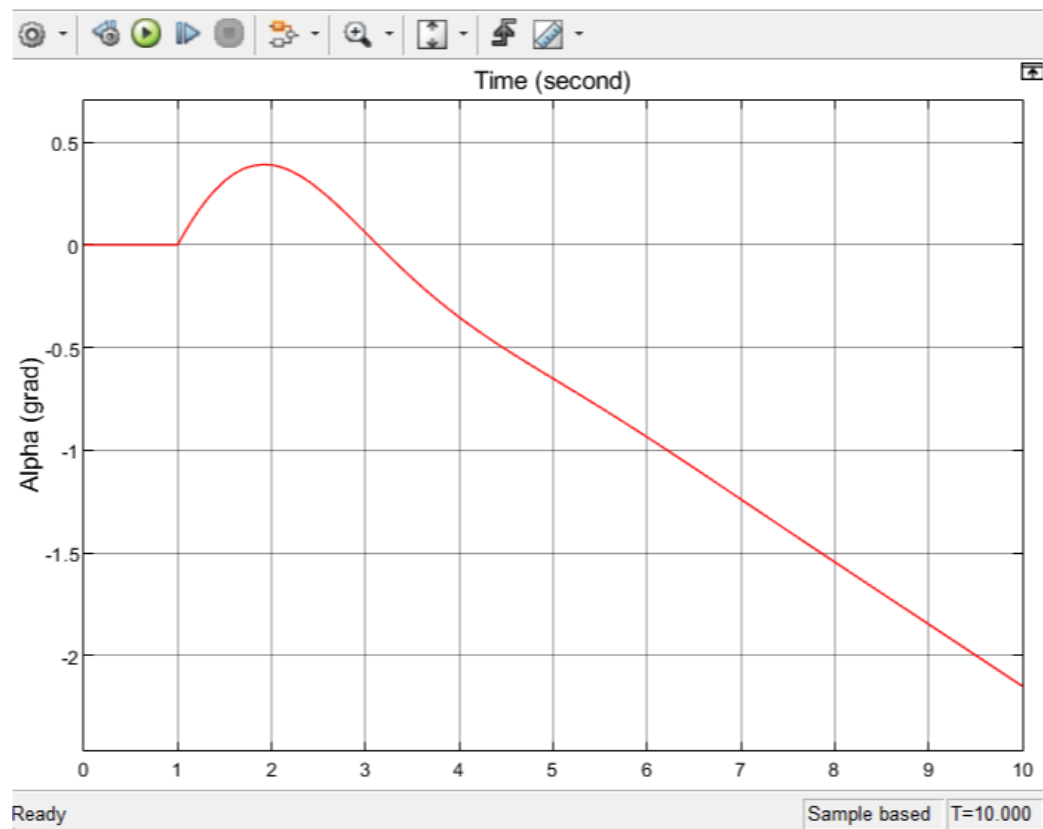


Рисунок 16. График для $M_z^\alpha = -3.16401$

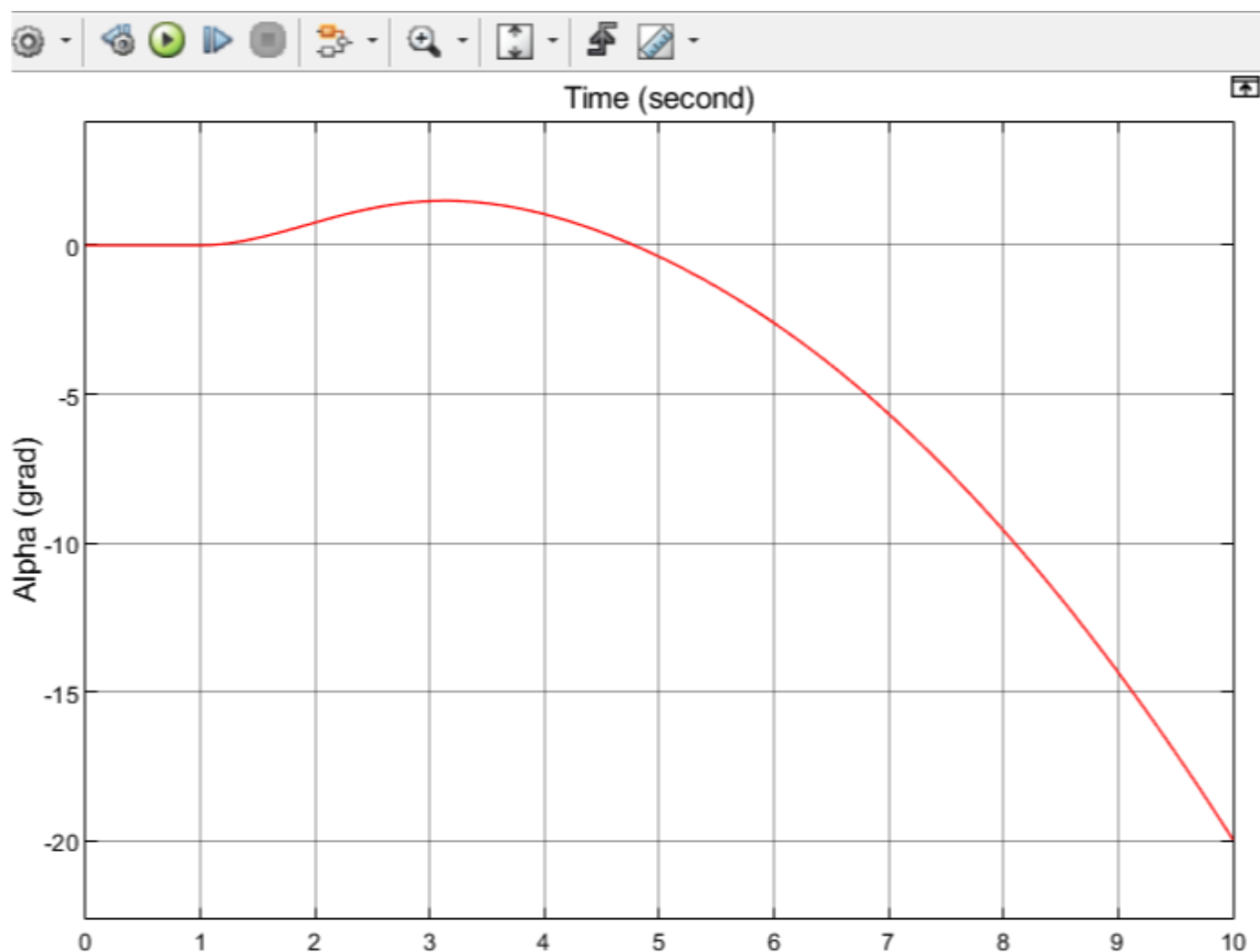


Рисунок 17. График для $Y_{\alpha}^a = 0.828486$

В ходе работы являлось необходимым построить амплитудно-фазовую характеристику (годограф), а также логарифмическую амплитудную и фазовую характеристики для системы. Они представлены на рисунках 18, 19 соответственно при помощи метода Model Linearizer. Представление графиков делалось при помощи следующих ресурсов: Bode Diagram с зависимыми характеристиками Phase (deg) и Magnitude (dB) по оси ординат и Frequency (rad/s) по оси абсцисс, Step Response с зависимыми характеристиками Amplitude и Time (seconds).

На рисунке 20 представлены значения в выбранных произвольно точках на графике амплитудно-фазовых характеристик и логарифмических амплитудных и фазовых характеристик для системы. Полученные данные применимы в исследовании системы на устойчивость и в исследовании ее запасов, так как это является классическим методом анализа линейных систем.

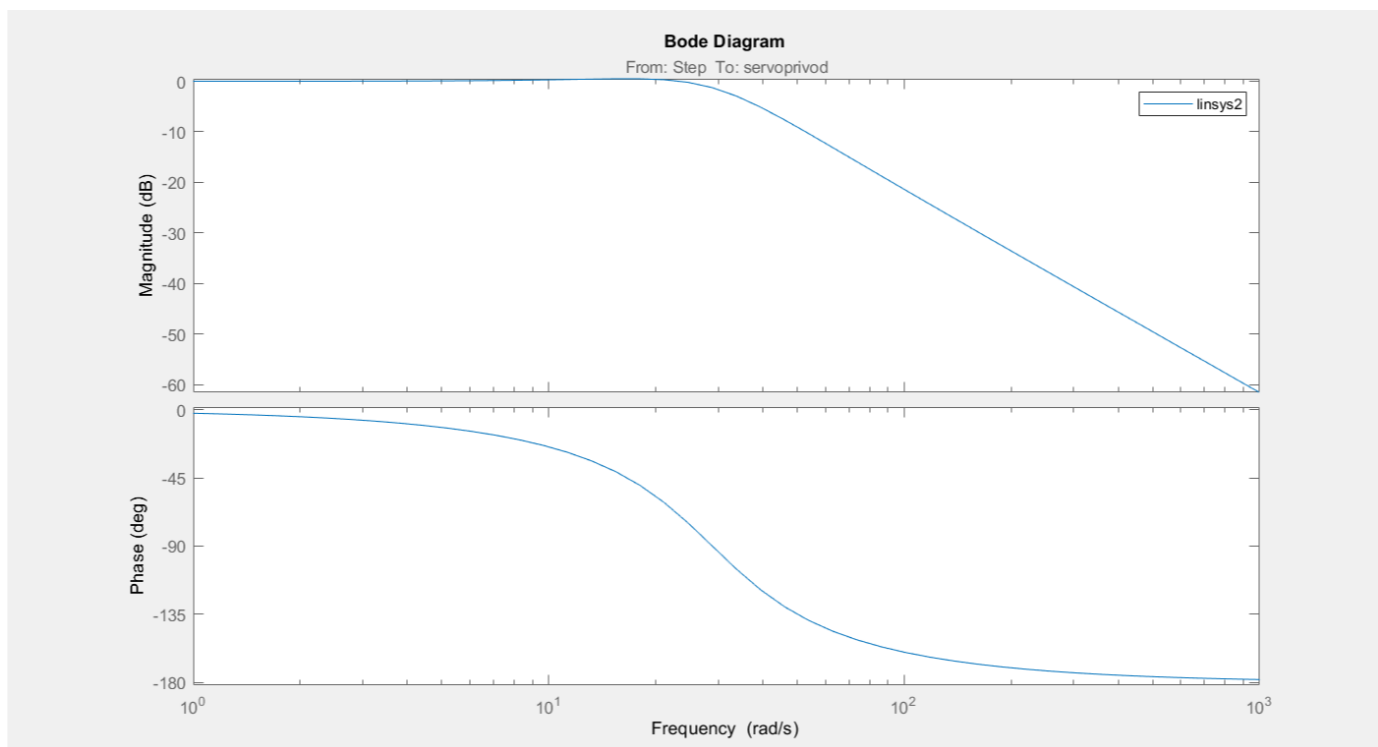


Рисунок 18. График с методом Bode Diagram

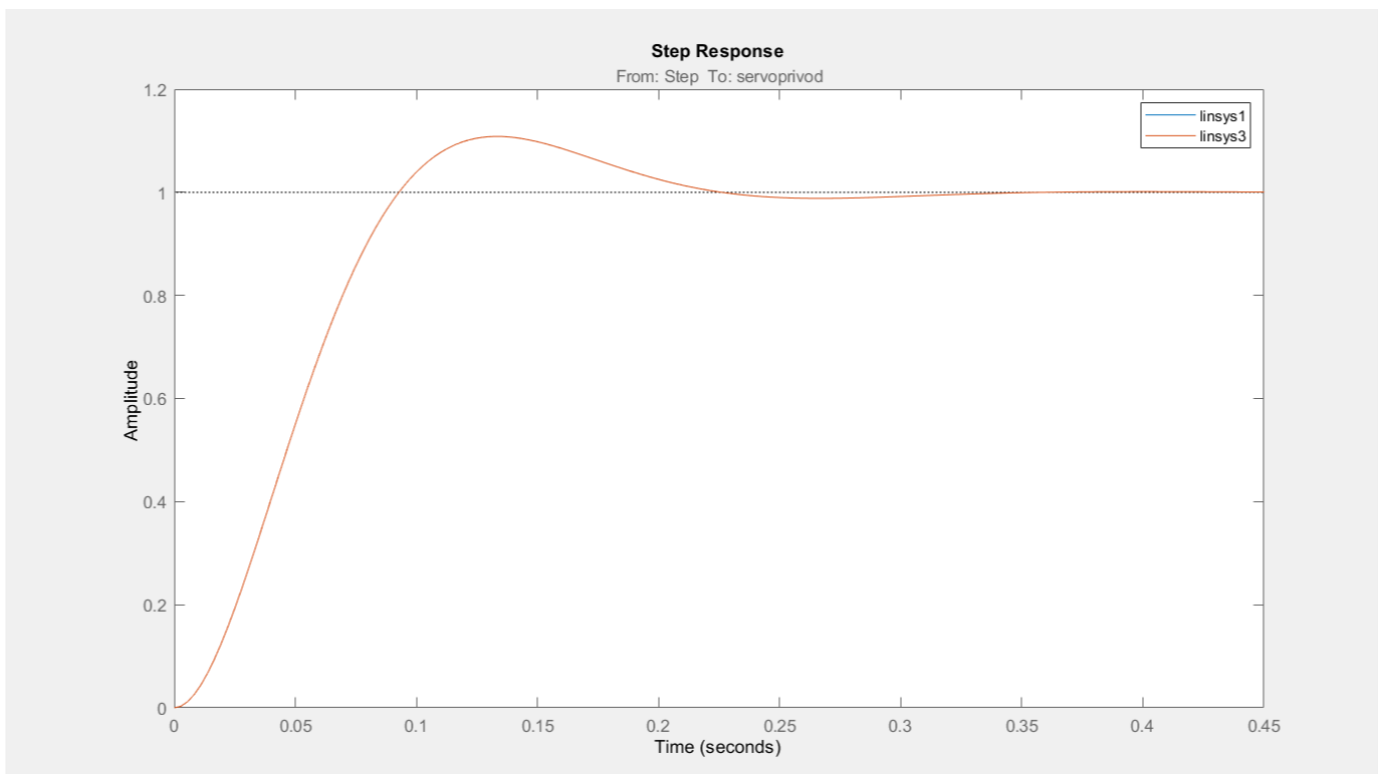


Рисунок 19. График с методом Step Response

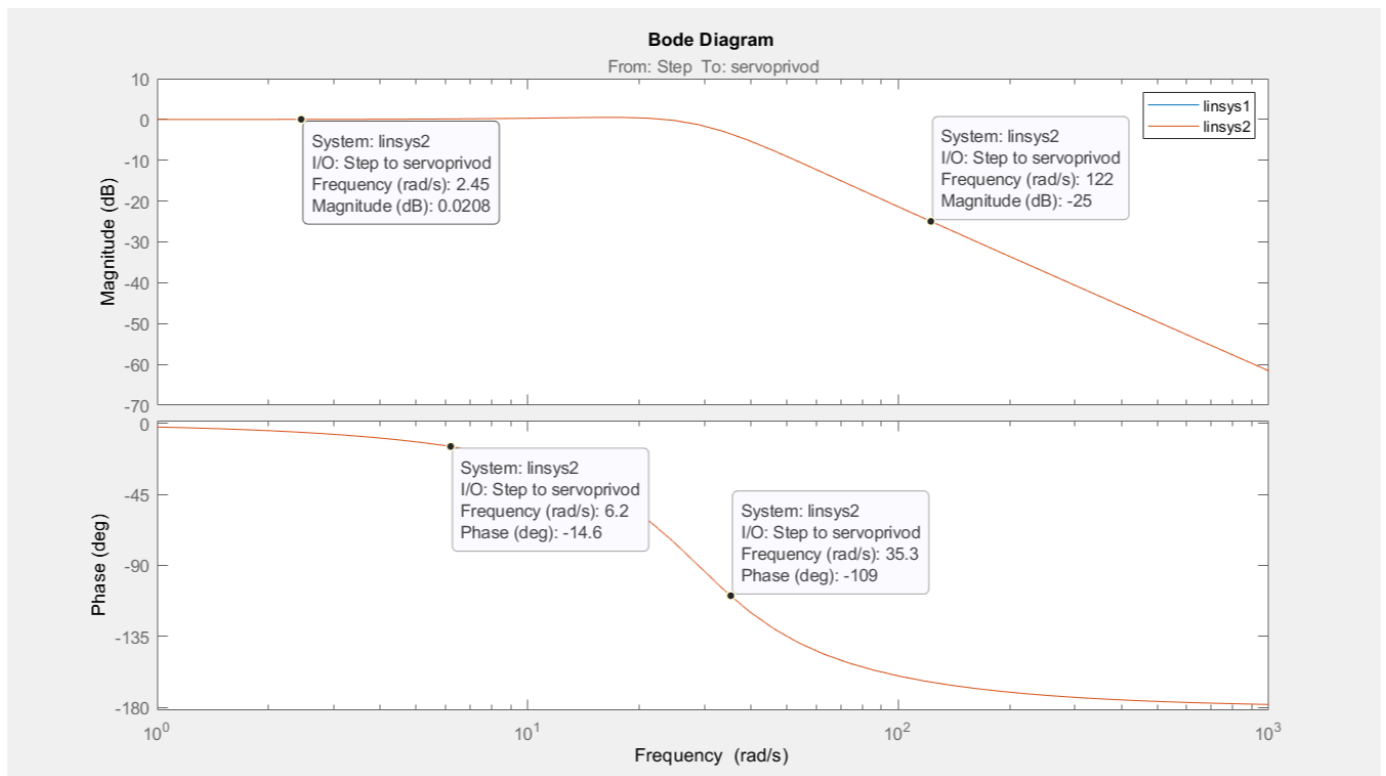


Рисунок 20. Амплитудно-фазовые характеристики системы

Полученные результаты в ходе Linearizer представлены на рисунках 21 (для Step Response) и 22-25 (для Body Diagram), они соответствуют результатам линеаризации при Body Diagram и Step Response.

Linearization Result:

From input "u1" to output "y1":
833.33

$$(s^2 + 33.33s + 833.3)$$

Рисунок 21. Результаты для Step Response

Linearization Result:

A =

	x1	x2
x1	-33.33	-1
x2	833.3	0

Рисунок 22. Результаты для Body Diagram 1

```
B =  
  u1  
x1  1  
x2  0
```

Рисунок 23. Результаты для Body Diagram 2

```
D =  
  u1  
y1  0
```

Рисунок 24. Результаты для Body Diagram 3

```
C =  
  x1 x2  
y1  0  1
```

Рисунок 25. Результаты для Body Diagram 4

Представленные значения означают следующее: $x1$ и $x2$ являются величинами, которые описывают продольное движение самолета, $y1$ соответствует выходной сигнал системы, а $u1$ в свою очередь является управляющим сигналом.

Вывод

При выполнении лабораторной работы №2 изучены способы задания определенных функций при помощи блочных схем в системе Matlab Simulink. Также, рассмотрены способы использования блоков и изучены методы запуска выходных данных в графическом виде. За основу построения блок-схем взяты полученные знания из прошлой лабораторной работы №1, посвященной построению графиков зависимостей в Matlab. В этой же работе одной из основополагающих задач является построить графики зависимостей при помощи Simulink, которые описывают работу линейных систем.

В ходе выполнения работы рассматривался разнообразный функционал Simulink, осуществлялась работа с такими функциями, как step, gain, sum, clock, saturation, scope, XY graph. Также применялись функции, отвечающие за математические операции: sin, cos (для проведения тригонометрических операций), transfer fcn (для задания дробных выражений), sqrt (для взятия арифметического корня из выражения), math (для возведения в степень выражения), sum (для суммирования или вычитания соответственно переменных и выражений). Математические функции необходимы для построения аналитической системы (т.е. графических зависимостей). Также для выполнения работы необходимо знать основы общей физики для исследования скорости и ускорения тела. Основной аппарат физики применялся для исследования математической модели продольного движения самолета.