Автопилот стабилизации бокового движения состоит из канала руля направления, который часто называют каналом курса, и канала элеронов, который называют также каналом крена. Сервоприводы каналов руля направления и элеронов могут иметь жесткие, изодромные или скоростные обратные связи, при этом не обязательно одинаковые для обоих каналов.

**Автопилот крена с жесткой обратной связью**

Закон управления канала элеронов имеет вид

(1)

где - сигнал заданного угла крена;

и - передаточные числа, которые необходимо рассчитать, исходя из заданного времени входа в крен и требования о монотонности переходного процесса по крену (допускается перерегулирование, не превосходящее 5%).

Движение системы самолет-автопилот крена с жесткой обратной связью при управляющем возмущении описывается системой уравнений

(2)

Из уравнений (2) находится передаточная функция

Эта передаточная функция не имеет нулей, поэтому переходный процесс по крену определяется только корнями характеристического уравнения

(4)

Переходный процесс по крену будет иметь перерегулирование, не превосходящие 5%, если безразмерный коэффициент демпфирования характеристического уравнения (4), равный

будет удовлетворять неравенству Примем , тогда (5) перепишем как

Характеристическое уравнение (4) имеет в этом случае два кратных корня , причем

(6)

Тогда

Время регулирования для системы второго порядка по трубке , если характеристическое уравнение имеет кратные корни, определяется формулой

Исключая с помощью зависимости (8) из выражения (7) величину , окончательно получим

Преобразуем систему уравнений (2) для построения структурной схемы:

Структурная схема системы самолет-автопилот крена с жесткой обратной связью (без сервопривода), полученная по системе уравнений:

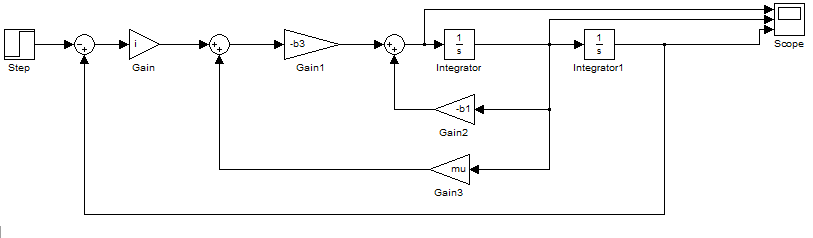
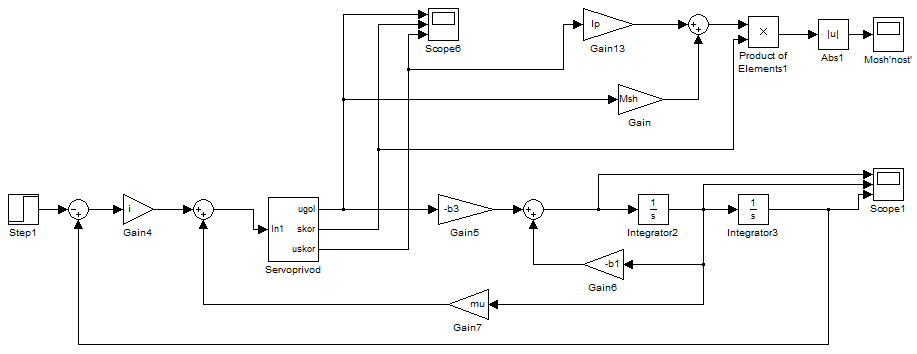


Схема моделирования:



На вход системы подается заданное значение угла крена с помощью блока “Step 1”.

Блок “Servoprivod” является моделью сервопривода с передаточной функцией

– постоянная времени сервопривода;

- коэффициент демпфирования сервопривода.

Блок “Scope6” отображает угол поворота (ugol), угловую скорость (skor) и угловое ускорение (uskor) сервопривода.

Блок “Scope1” отображает угол, угловую скорость и угловое ускорение самолета по тангажу.

Блок “Mosh’nost’” отображает модуль мощности сервопривода, вычисляемой по формуле

- угол поворота сервопривода;

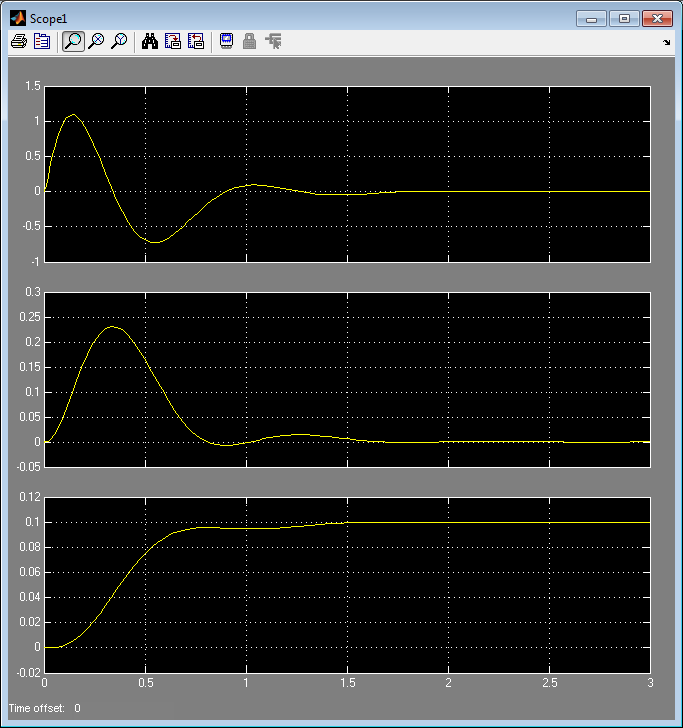
- угловая скорость сервопривода;

- угловое ускорение сервопривода;

- момент инерции сервопривода относительно его оси вращения;

- коэффициент шарнирного момента сервопривода.

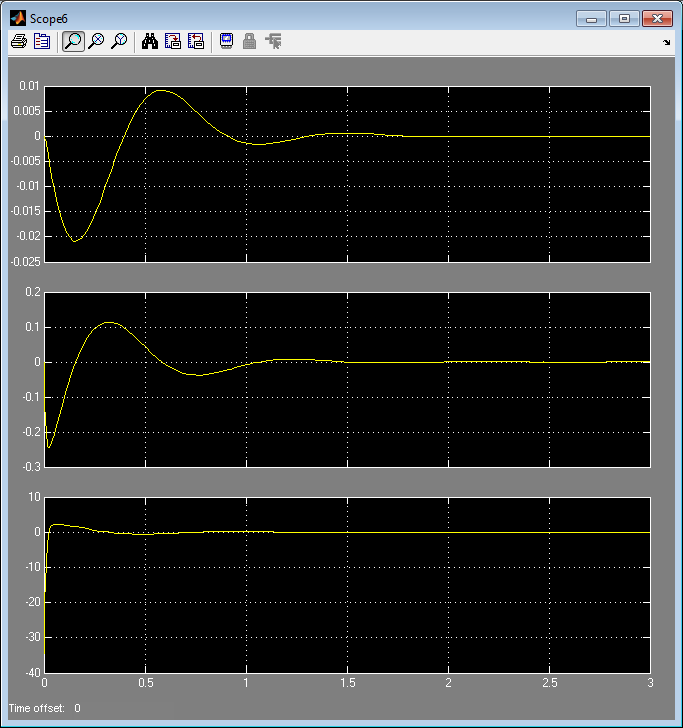
**Результаты моделирования**

****

Угловое ускорение, угловая скорость и угол поворота самолета по тангажу (сверху вниз, соответственно).

Переходной процесс по углу поворота соответствует заданным требованиям:

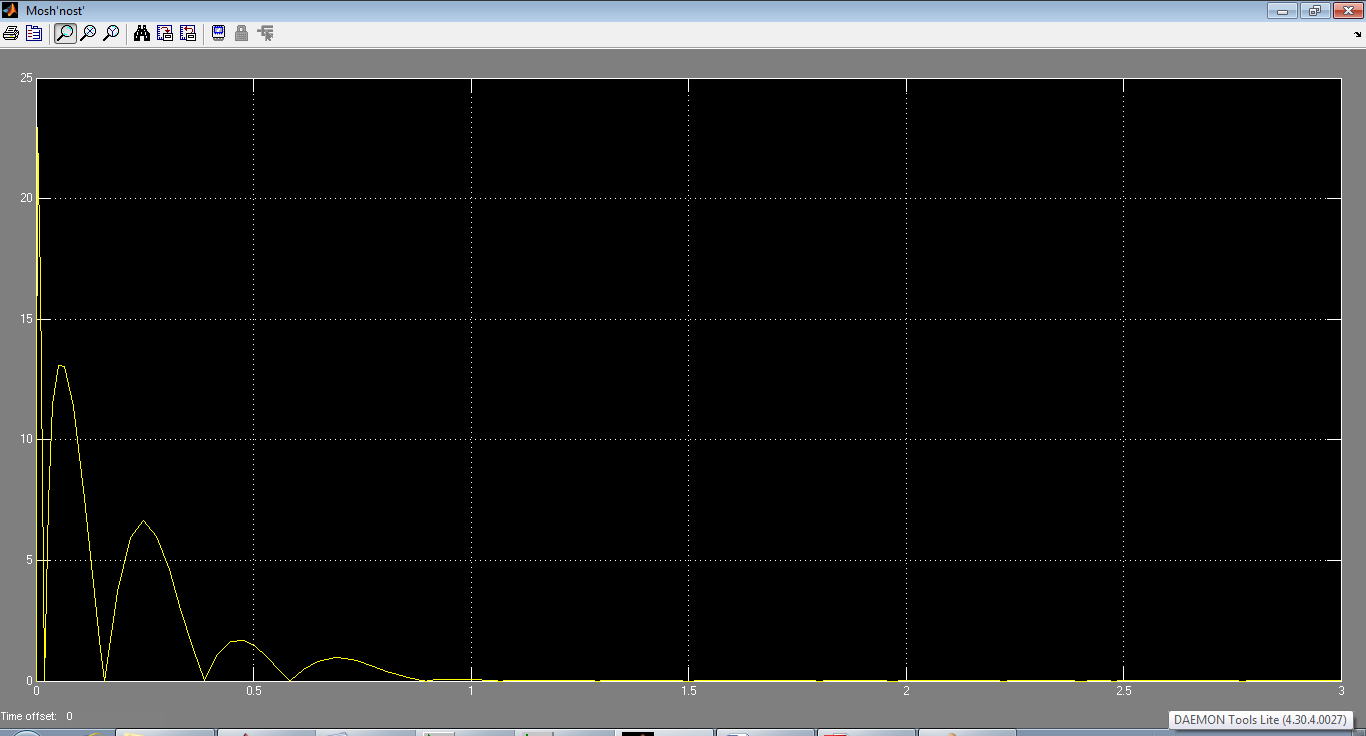
* время регулирования меньше 1 секунды;
* переходной процесс апериодический (нет колебание относительно заданного значения), т.е. отсутствует перерегулирование.

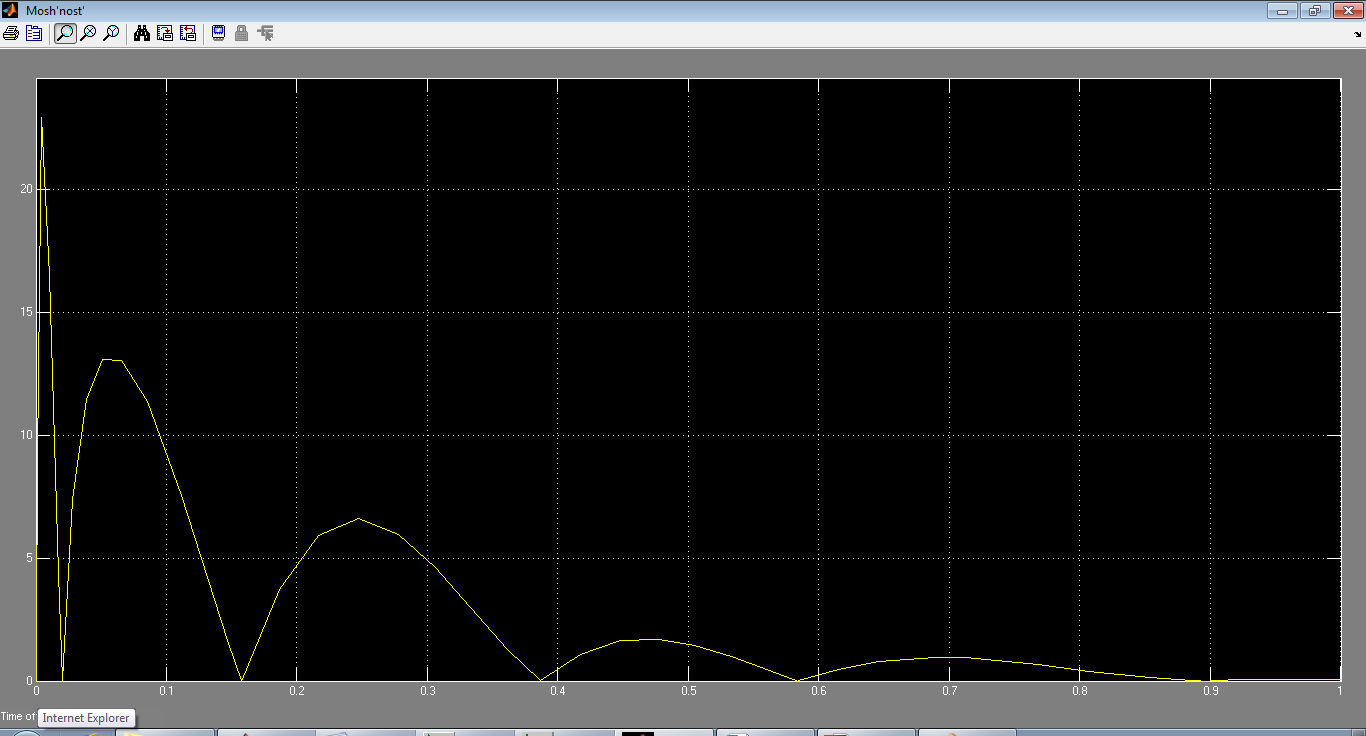


Угол поворота, угловая скорость и угловое ускорение сервопривода (сверху вниз, соответственно).

По абсолютной величине угол поворота на порядок меньше угловой скорости, а угловая скорость на порядок меньше углового ускорения, что соответствует реальным данным.

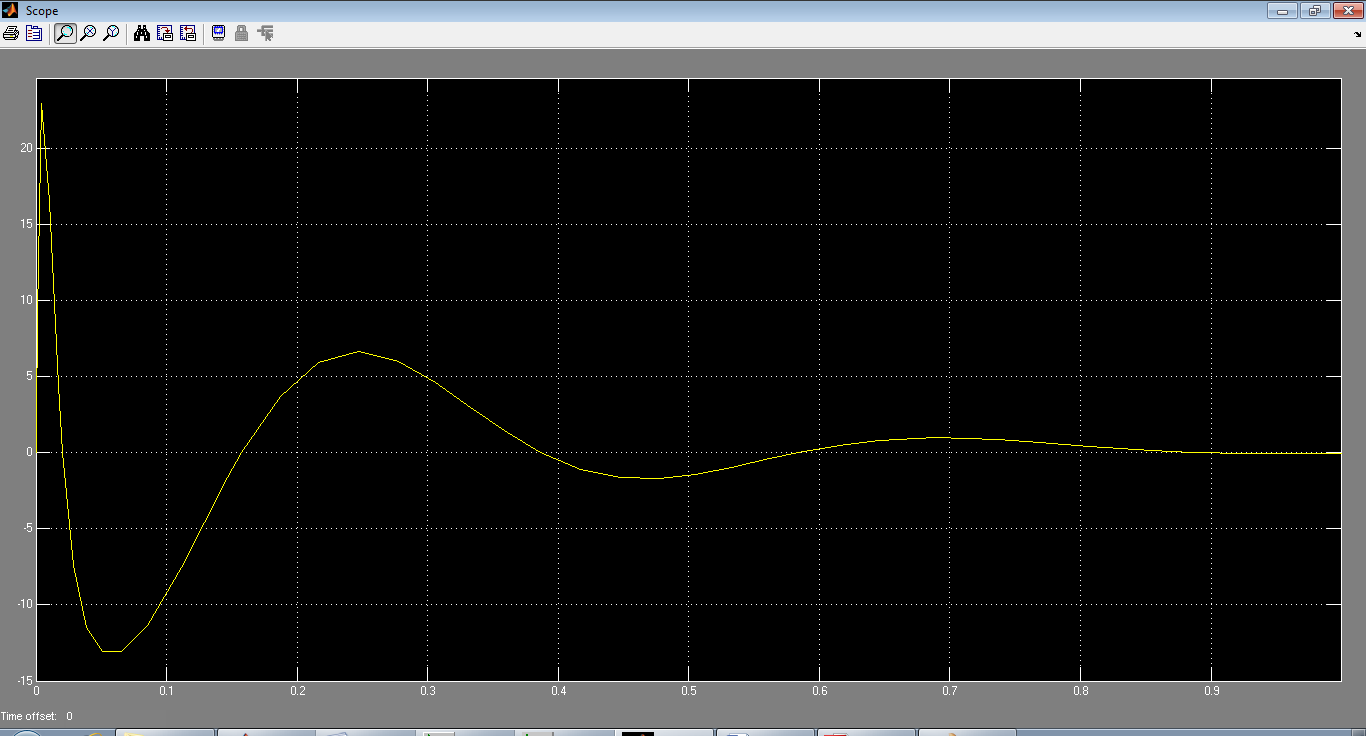
**Мощность сервопривода**





Полученные графики соответствуют реальным данным.

Представленный ниже график показывает мощность на сервоприводе, а не модуль мощности.



Наличие отрицательных участков на графике указывает на то, что при этом сервопривод работает в режиме генератора.

**Вывод:**

1. Математическая модель описания системы самолет-автопилот крена с жесткой обратной связью соответствует реальной системе с достаточно высокой точностью.
2. Программа математического моделирования Mathlab позволяет вполне точно смоделировать реальные физические процессы. Несоответствие некоторых полученных характеристик реальным, вызвано «идеализацией» модели.