

Отчет по заданию №3.1

Кондратенко Федор, гр 13632/1

19 марта 2019 г.

1. Теоретическая часть

Схема установки:

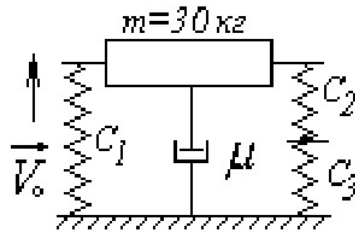


Рис. 1: Схема установки

Исходные данные: $V_0 = 3.5\text{ м/с}$, $C_1 = 2.25\text{ Кн/м}$, $C_2 = 4\text{ Кн/м}$, $C_3 = 6\text{ Кн/м}$. $b = 1200\text{ Нс/м}$.

Эквивалентная жесткость пружины:

$$C = \frac{C_2 * C_3}{C_2 + C_3} + C_1 = 4650$$

Дифференциальное уравнение колебания груза без учета сил трения и без воздействия на него внешних сил имеет вид:

$$mx'' + cx = 0$$

С трением:

$$mx'' + bx' + cx = 0$$

Собственная частота системы:

$$k = \sqrt{\frac{c}{m}} = 12.44989$$

Блок-схема вычисления собственной частоты модели: Период колебаний груза без учета трения:

$$T = \frac{2\pi}{k} = 0.5047$$

Собственная частота колебани с учетом трения:

$$k_1 = \sqrt{k^2 - \left(\frac{b}{2m}\right)^2}$$

Для указанных в задании параметров невозможно рассчитать частоту колебаний с учетом демпфирования, поскольку подкоренное выражение отрицательно.

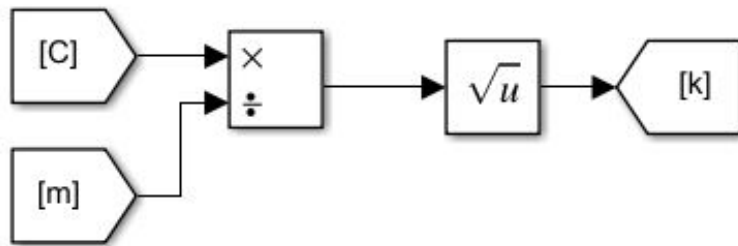


Рис. 2: Блок-схема вычисления собственной частоты

2. Моделирование колебаний груза без трения

Уравнение:

$$x'' = -\frac{c}{m}x$$

Блок-схема:

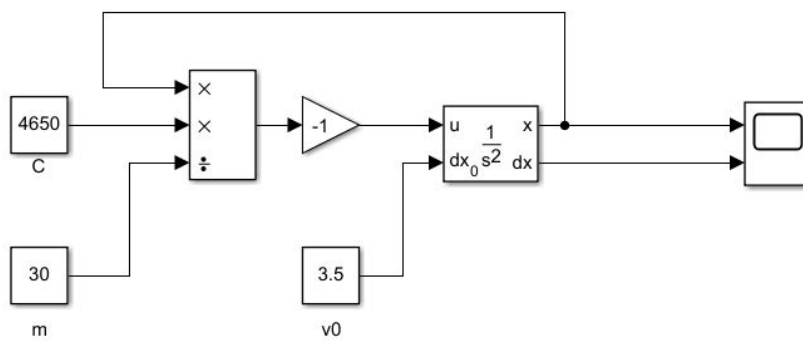


Рис. 3: Блок-схема

График колебаний:

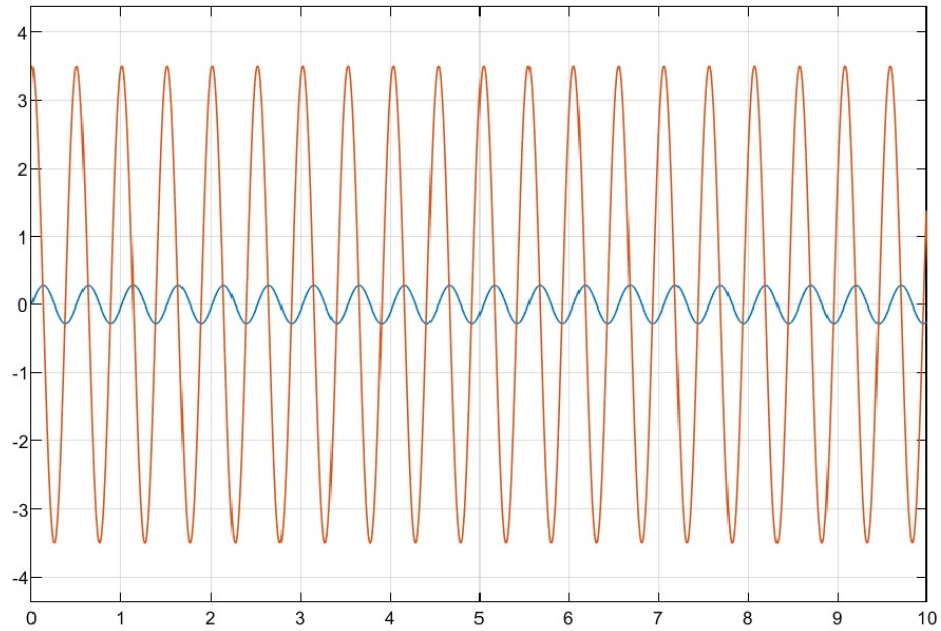


Рис. 4: График координат и скорости груза

3. Моделирование колебаний груза с учетом вязкого трения

Дифференциальное уравнение колебаний при наличии вязкого трения:

$$x'' = -\frac{1}{m}(bx' + cx)$$

Блок-схема:

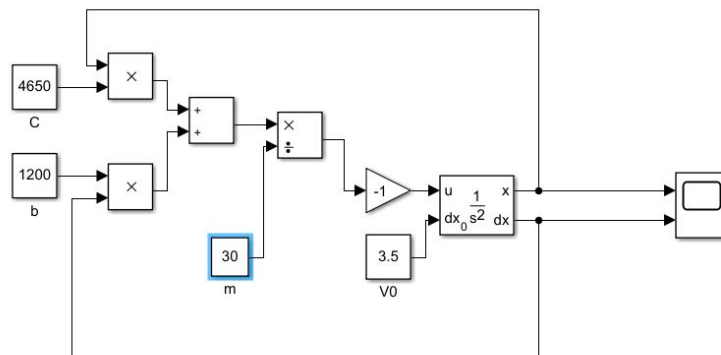


Рис. 5: Блок-схема для моделирования колебаний с учетом вязкого трения

График колебаний груза:

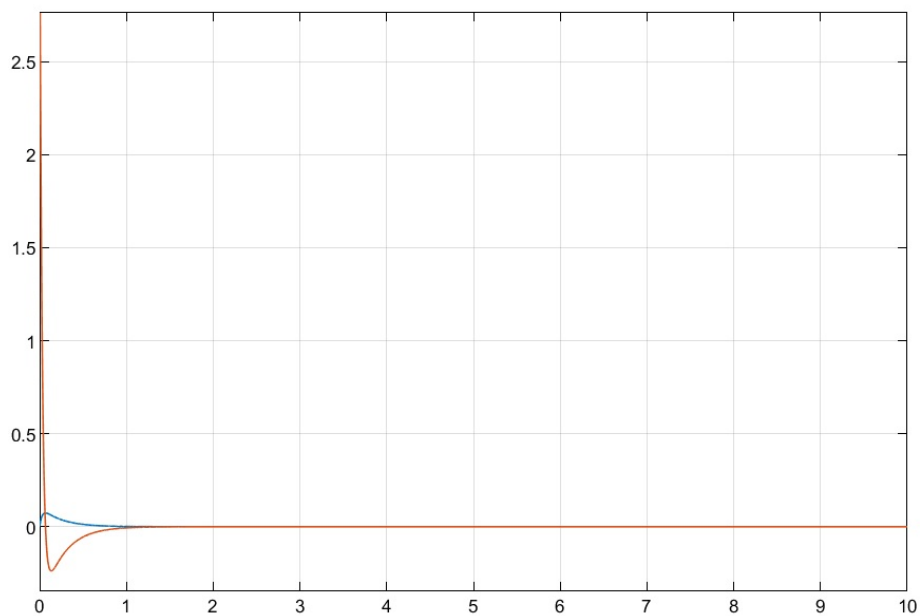


Рис. 6: Колебания груза с учетом трения

Как можно видеть из графика, колебаний груза не происходит. Колебание с отрицательным демпфированием:

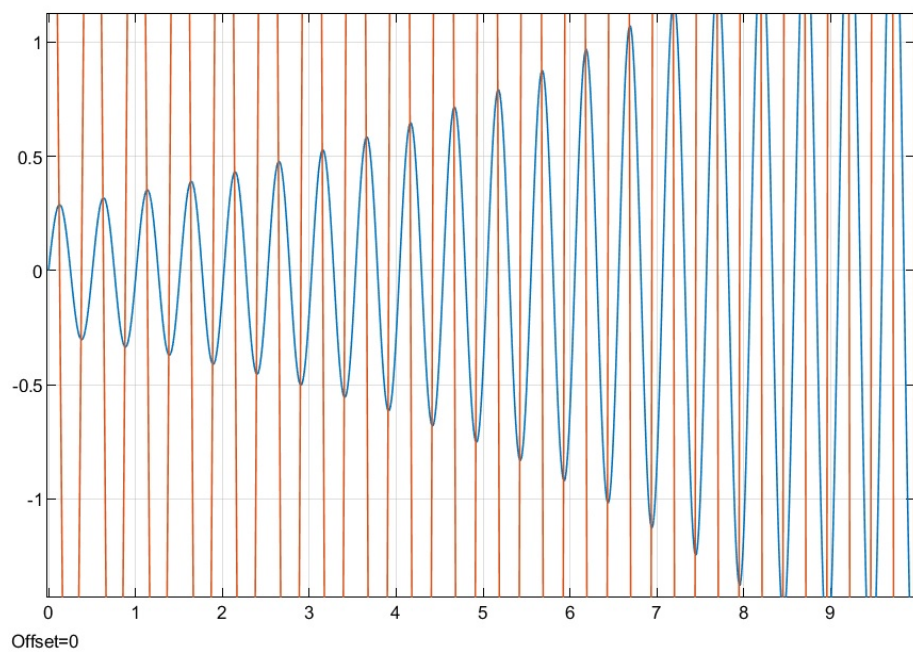


Рис. 7: График колебаний с отрицательным демпфированием

Из графика видно, что амплитуда экспоненциально растет.

Резонанс, биение, бигармонический процесс

Резонанс без сопротивления:

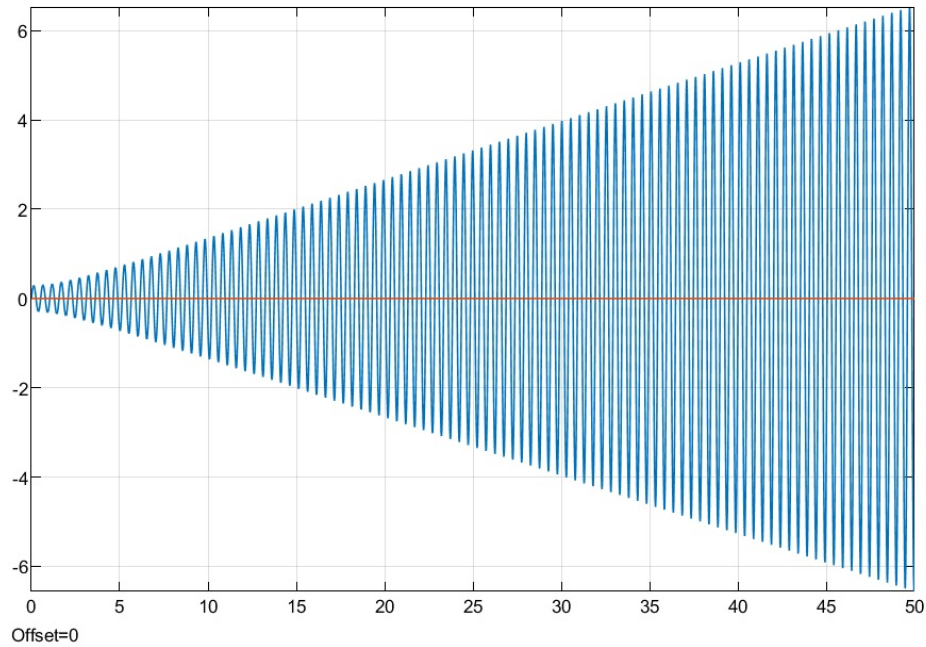


Рис. 8: Резонанс без сопротивления, $\omega = k = 12.45$

Как видно из графика, амплитуда линейно растёт. Резонанс с сопротивлением удалось получить только при уменьшении коэффициента демпфирования:

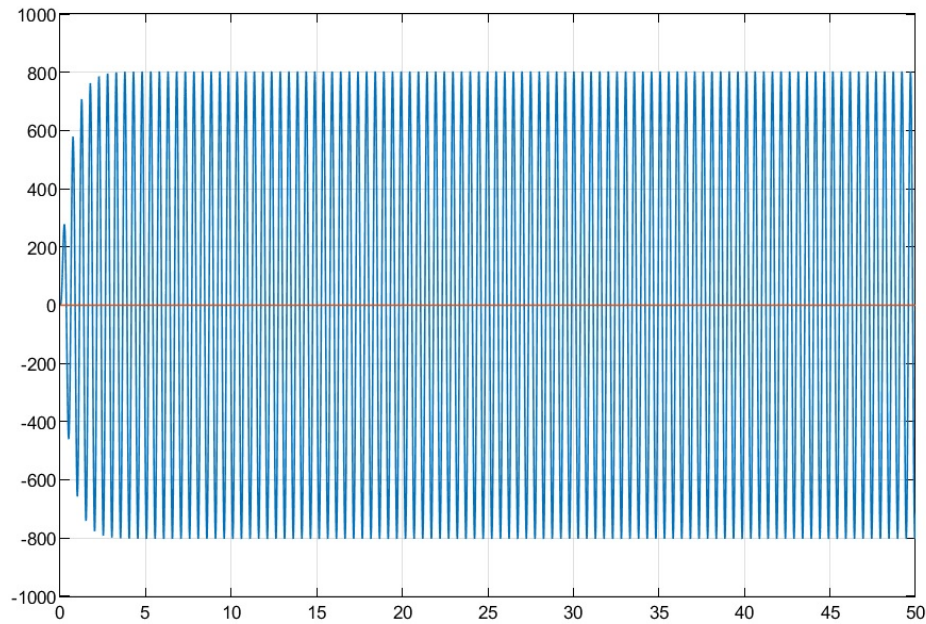


Рис. 9: Резонанс с сопротивлением, коэффициент демпфирования уменьшен до $b = 100$, $\omega = k = 12.45$

Биение без сопротивления. Амплитуда изменяется по гармоническому закону:

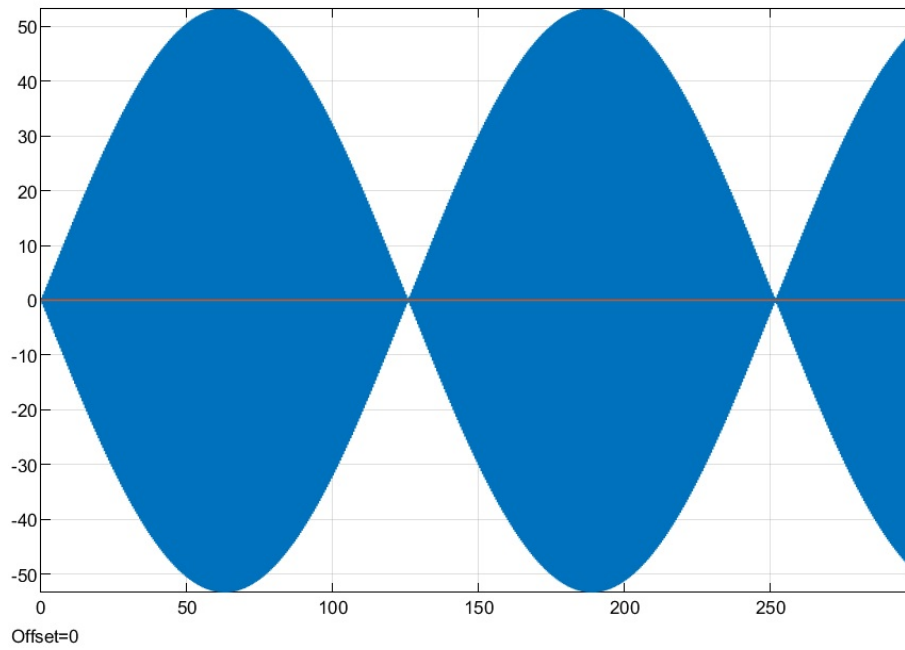


Рис. 10: Биение без сопротивления $b = 0, k = 12.45, \omega = 12.3$

Биение с сопротивлением удалось получить при очень маленьком коэффициенте демпфирования:

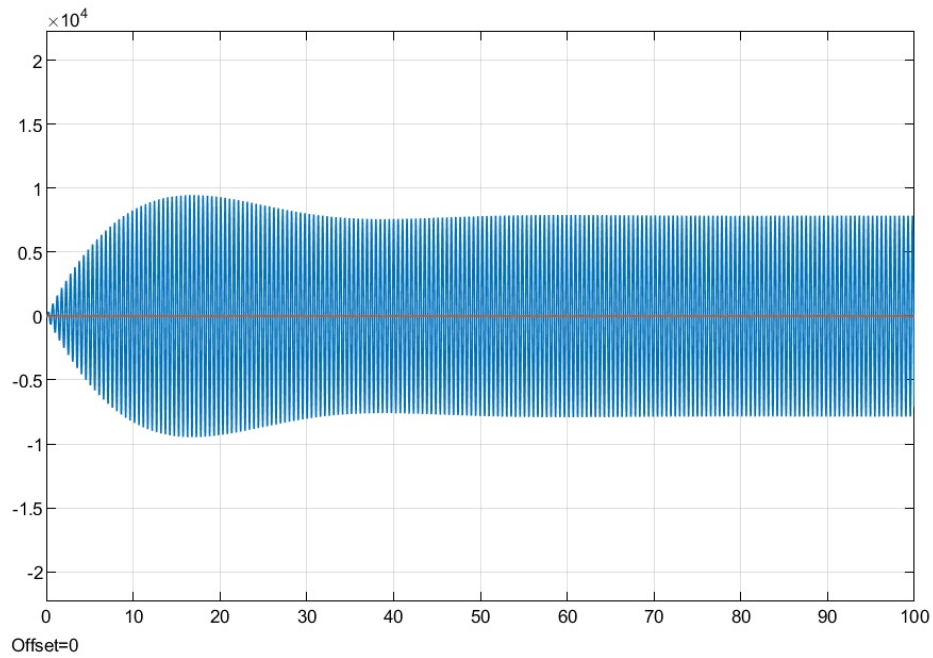


Рис. 11: Биение с сопротивлением, коэффициент демпфирования $b = 5, k = 12.45, \omega = 12.3$

Бигармонический процесс без сопротивления:

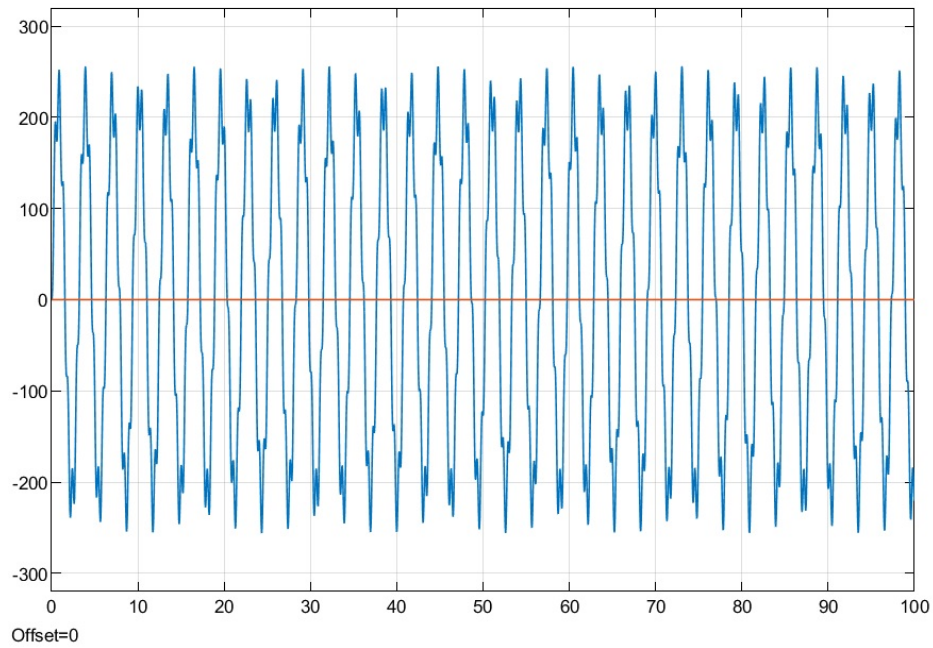


Рис. 12: Бигармонический процесс без сопротивления, $b = 0, \omega = 2, k = 12.45$

Бигармонический процесс с сопротивлением:

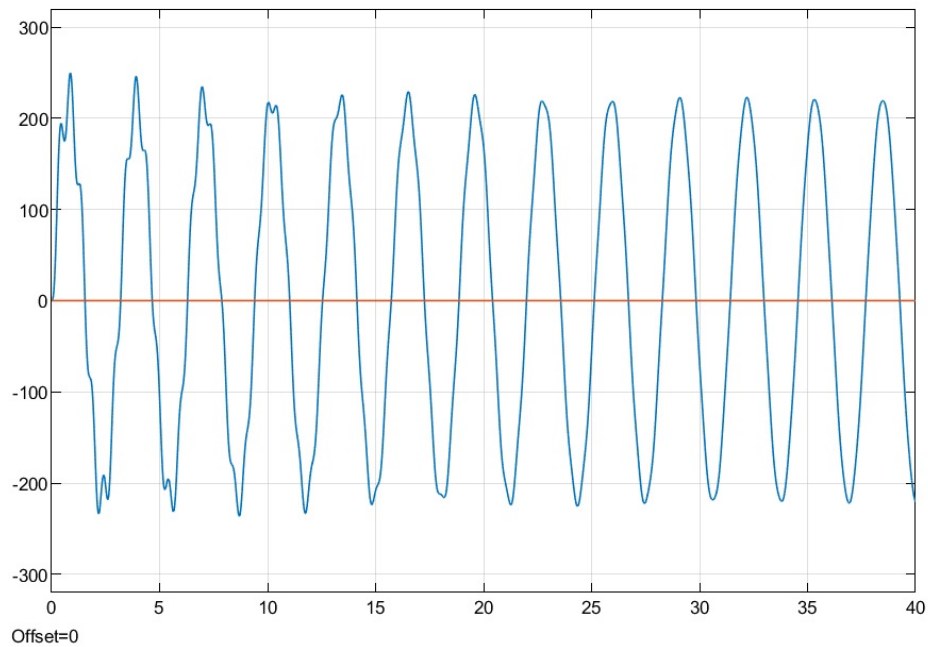


Рис. 13: Бигармонический процесс с сопротивлением, $b = 5, \omega = 2, k = 12.45$

На графике отчетливо виден период в 20-25 секунд, в течение которого бигармонический процесс прекращается, остаются лишь вынужденные колебания.

Итоговая схема, использованная для моделирования:

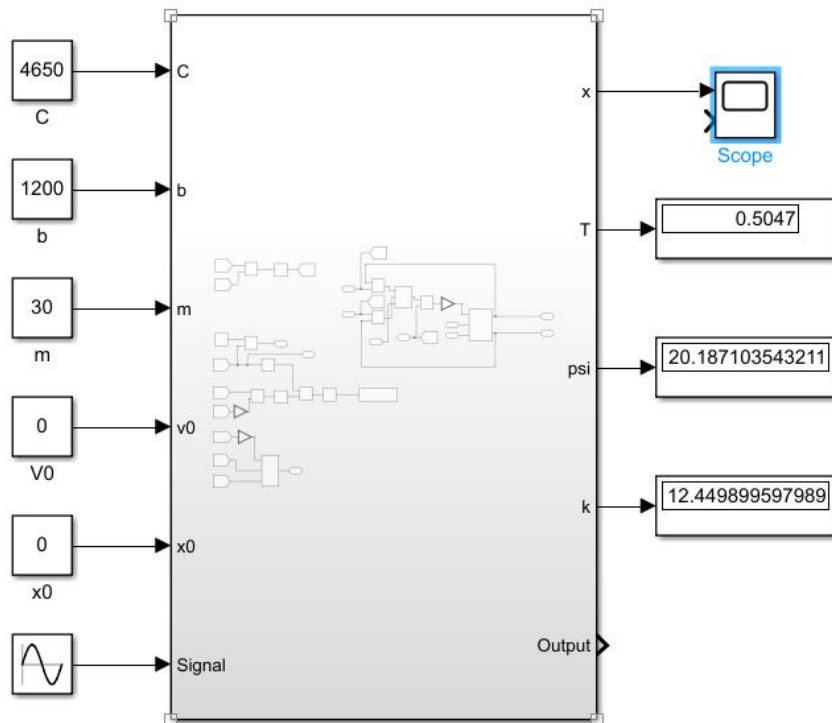


Рис. 14: Блок-схема модели

Блок-схема подсистемы:

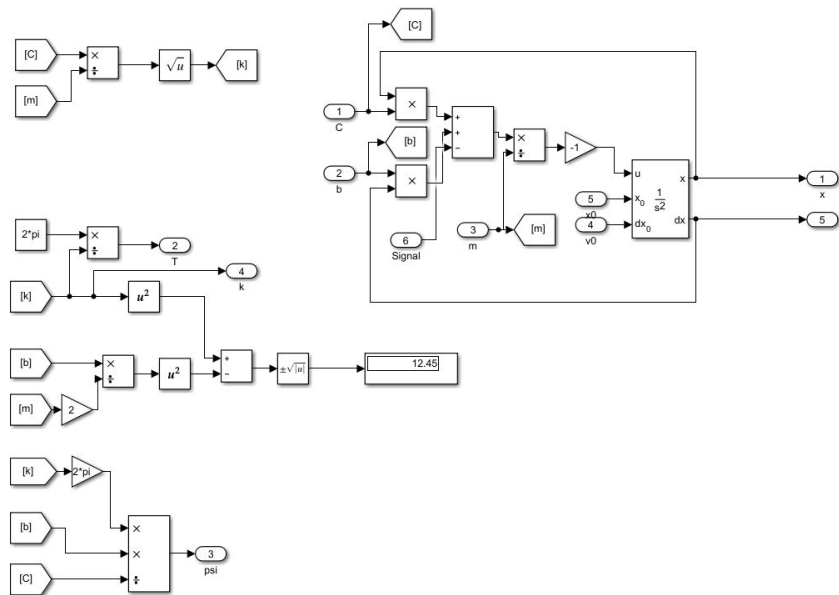


Рис. 15: Подсистема модели