Решить задачу компенсации возмущения для нелинейного объекта вида

$$\begin{cases}\dot{x}_1 = x_2,\\ \dot{x}_2 = cos(x_2 - x_2^2) + sin(x_1 x_2^2) - 2x_1 - x_2 + u + f,\end{cases}$$

где $f = \cos\theta t$. Частота θ неизвестна. Параметры фильтров при параметризации переменной f и параметры гурвицевой матрицы $A_{ж}$ выбрать произвольно.

Выполнение:

Примем допущение равенства матриц $b = d$

Тогда

$$b' = d = \begin{bmatrix}0\\1\end{bmatrix}$$

Теперь произведём линеаризацию системы путём занесения нелинейных функций в новое управление. Запишем систему в привычном виде ВСВ:

$$u'' = u' + sin(x_1 x_2^2) - 2x_1$$

$$\begin{cases}\dot{x}_1 = x_2,\\ \dot{x}_2 = -2x_1 - x_2 + u + f.\end{cases}$$

$$\begin{matrix}\dot{x}_1\\ \dot{x}_2\end{matrix} = \begin{bmatrix}0 & 1\\ -2 & -1\end{bmatrix} x + \begin{bmatrix}0\\1\end{bmatrix} u'' + \begin{bmatrix}0\\1\end{bmatrix} f$$

Далее введем оценку внешнего возмущения и параметризируем её:

$$\hat{f} = \theta_f^T \widehat{\xi_f}$$

Рассмотрим структуру наблюдателя вектора ξ_f:

$$\hat{\xi}_f = \eta + Nx,$$
$$\dot{\eta} = A_{0f}\eta + (A_{0f}N - NA)x - Nbu$$
$$Nd = b_{0f}.$$

Матрицы A_{0f} и b_{0f} известны и для нашей системы примут вид:

$$A_{0f} = \begin{matrix}0 & 1\\ -k_{f0} & -k_{f1}\end{matrix}, b_{0f} = \begin{matrix}0\\1\end{matrix}.$$

где $k_{f0} = 3, k_{f1} = 3$

Теперь рассмотрим изменившееся стабилизирующее управление в связи с внешним воздействием, также введя оценку неизвестного параметра θ:

$$u = -Kx + \widehat{\theta_f^T}\widehat{\xi_f}$$

Матрицу стационарных обратных связей получим из решения уравнения Сильвестра, то есть модальным управлением:

$$AM - M\Gamma = bH$$
$$K = HM^{-1}$$

Г – спектр желаемых собственных значений и матрицу выхода H подберем таким образом, чтобы они были управляемыми:

```
M = 2×2
     -0.3022    0.0161
     -0.8643   -0.0087
```

```
K = 1×2
     51.6000  -19.2000
```

Оценка определяется с помощью алгоритма адаптации:

$$\dot{\hat{\theta}} = \gamma \hat{\xi}_f b^T P x, \qquad \hat{\theta}(0) = 0,$$

где P – решение уравнения Ляпунова вида:

$$A_M^T P + P A_M = -Q,$$

$$A_M = A - b' K - \text{матрица замкнутой системы}$$