

Задача автокаталитической химической реакции, происходящей на поверхности катализатора.

$$\begin{aligned}\frac{dx}{dt} &= k_1 z - k_{-1} x - k_3 x z + k_{-3} y - k_2 z^2 x, \\ \frac{dy}{dt} &= k_3 x z - k_{-3} y, \\ z &= 1 - x - 2y, \\ 0 \leq x \leq 1, \quad 0 \leq y \leq 1, \quad 0 \leq x + 2y \leq 1.\end{aligned}$$

Вначале был произведён параметрический анализ относительно параметра  $k_2$  (Рис. 1 – 10). Были найдены стационарные решения и помечены точки бифуркации (узло-седловая бифуркация и бифуркация Андронова-Хопфа). Расчёты проводились для различных значений параметров  $k_{-1}$  (Рис. 1 – 5) и  $k_{-3}$  (Рис. 6 – 10).

Затем был выполнен двухпараметрический анализ относительно параметров  $k_1$  и  $k_2$  (Рис. 11 – 13). Был сделан параметрический портрет системы (Рис. 11), на котором были построены линии нейтральности и кратности, выделены области различного поведения решения, а также отмечена точка "троекратного равновесия". Точка Такенса-Богданова оказалась далеко от предлагаемых значений  $k_1$  и  $k_2$  и в рассмотрение не попала. После этого был изображён фазовый портрет системы для параметров из области автоколебаний. На Рис. 12 помещены неустойчивое стационарное решение как пересечение двух линий, предельный цикл, а также несколько траекторий решений, которые сходятся к данному циклу. Периодический характер решений приведён на Рис. 13, где приведена зависимость решения задачи от времени.

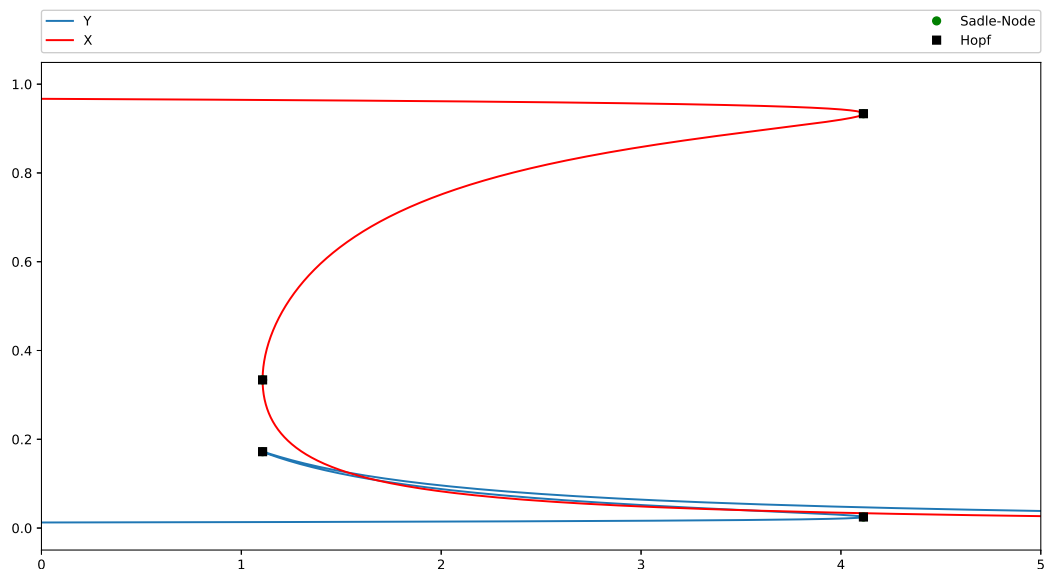


Рис. 1.  $k_1 = 0.12$ ,  $k_{-1} = 0.001$ ,  $k_3 = 0.0032$ ,  $k_{-3} = 0.002$

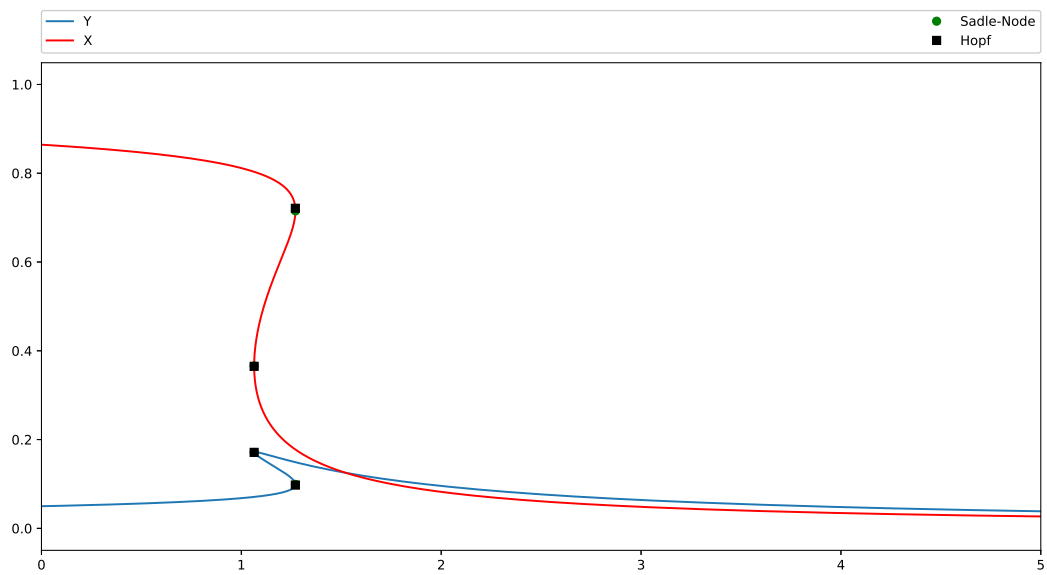


Рис. 2.  $k_1 = 0.12$ ,  $k_{-1} = 0.005$ ,  $k_3 = 0.0032$ ,  $k_{-3} = 0.002$

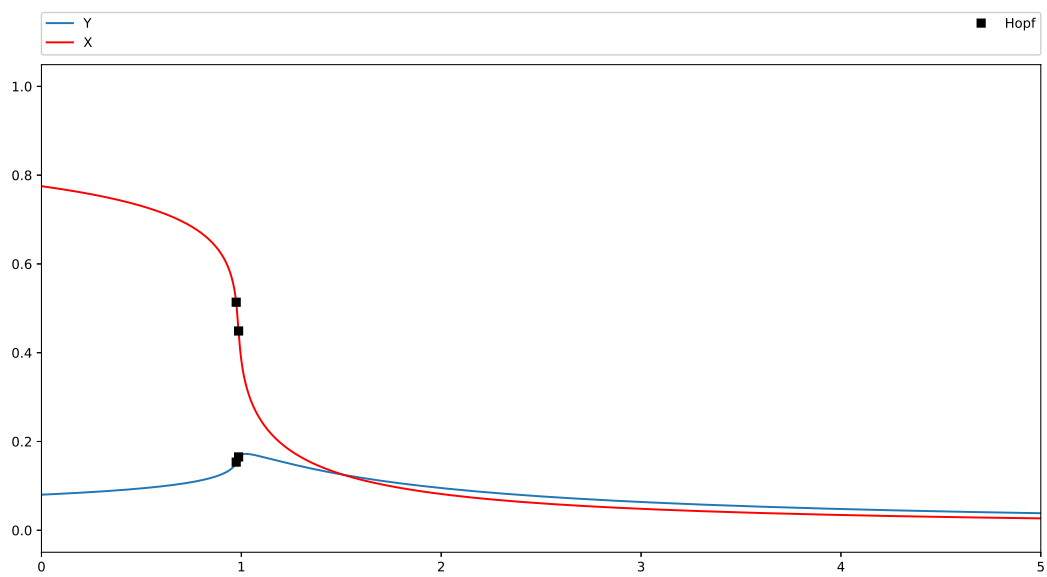


Рис. 3.  $k_1 = 0.12$ ,  $k_{-1} = 0.01$ ,  $k_3 = 0.0032$ ,  $k_{-3} = 0.002$

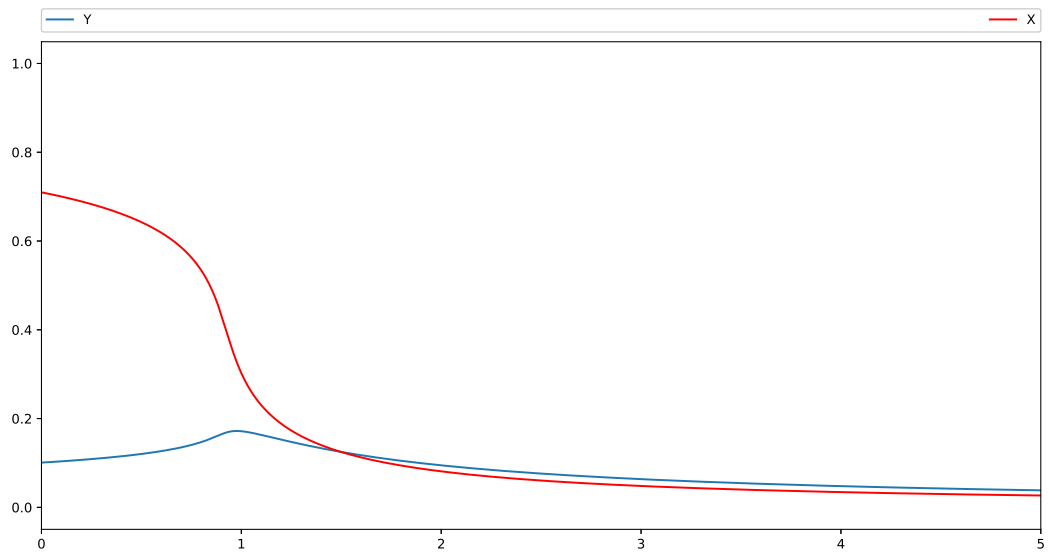


Рис. 4.  $k_1 = 0.12$ ,  $k_{-1} = 0.015$ ,  $k_3 = 0.0032$ ,  $k_{-3} = 0.002$

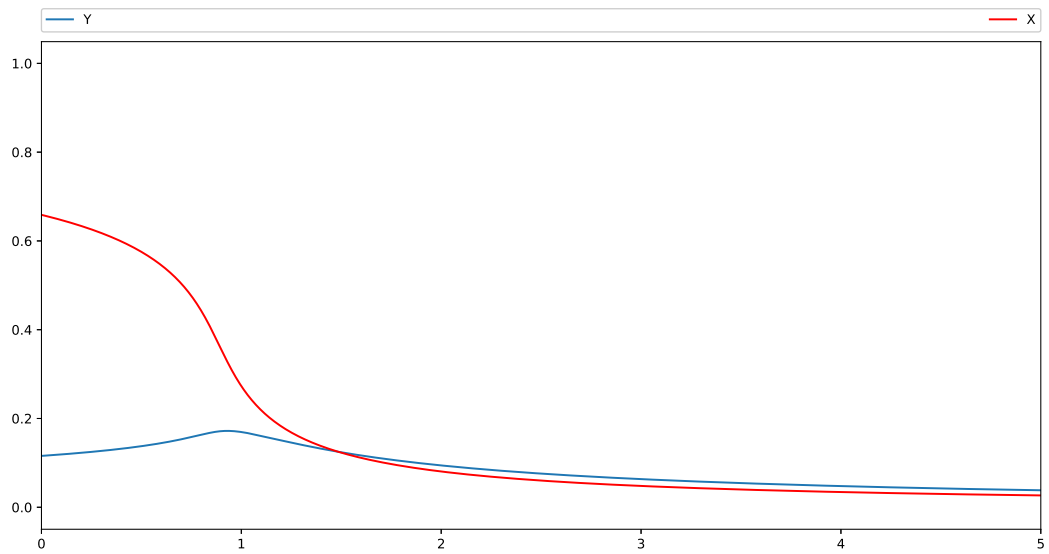


Рис. 5.  $k_1 = 0.12$ ,  $k_{-1} = 0.02$ ,  $k_3 = 0.0032$ ,  $k_{-3} = 0.002$

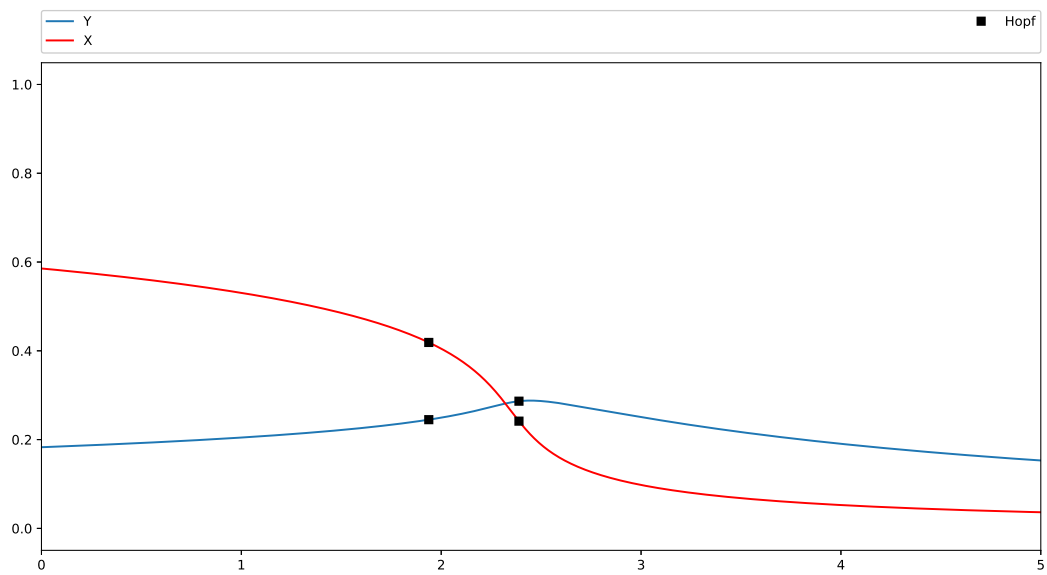


Рис. 6.  $k_1 = 0.12$ ,  $k_{-1} = 0.01$ ,  $k_3 = 0.0032$ ,  $k_{-3} = 0.0005$

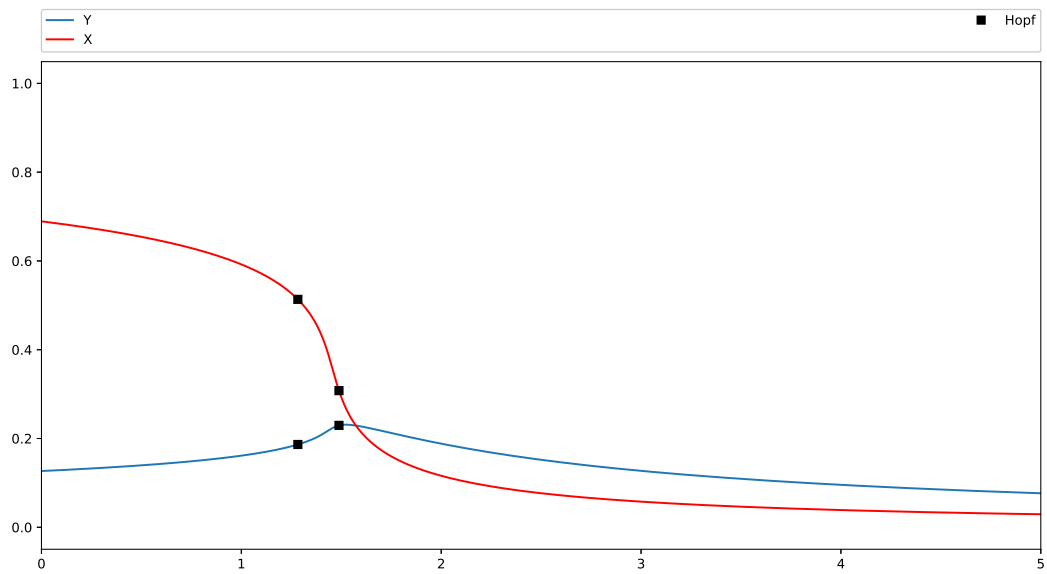


Рис. 7.  $k_1 = 0.12$ ,  $k_{-1} = 0.01$ ,  $k_3 = 0.0032$ ,  $k_{-3} = 0.001$

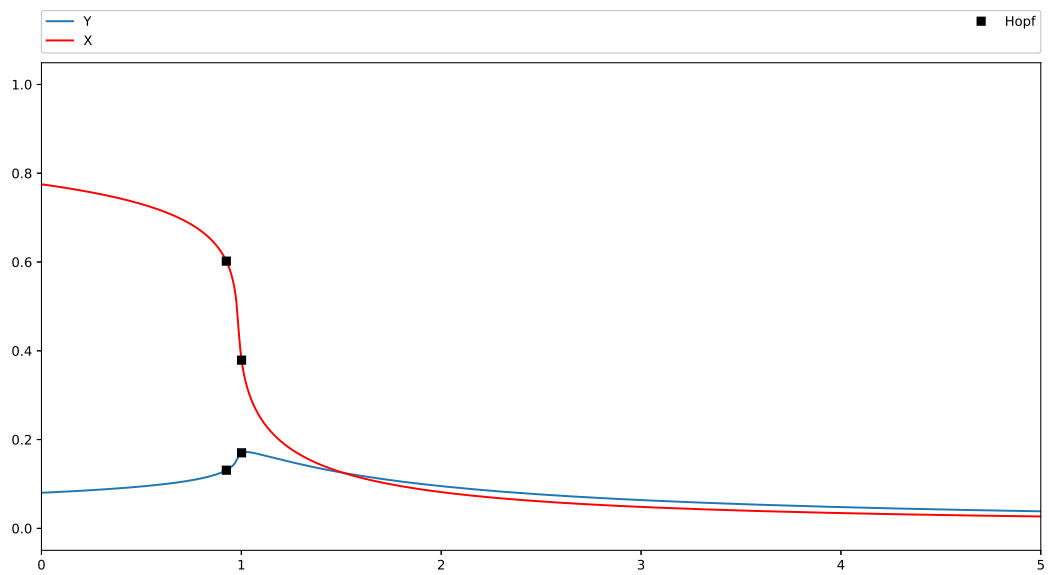


Рис. 8.  $k_1 = 0.12$ ,  $k_{-1} = 0.01$ ,  $k_3 = 0.0032$ ,  $k_{-3} = 0.002$

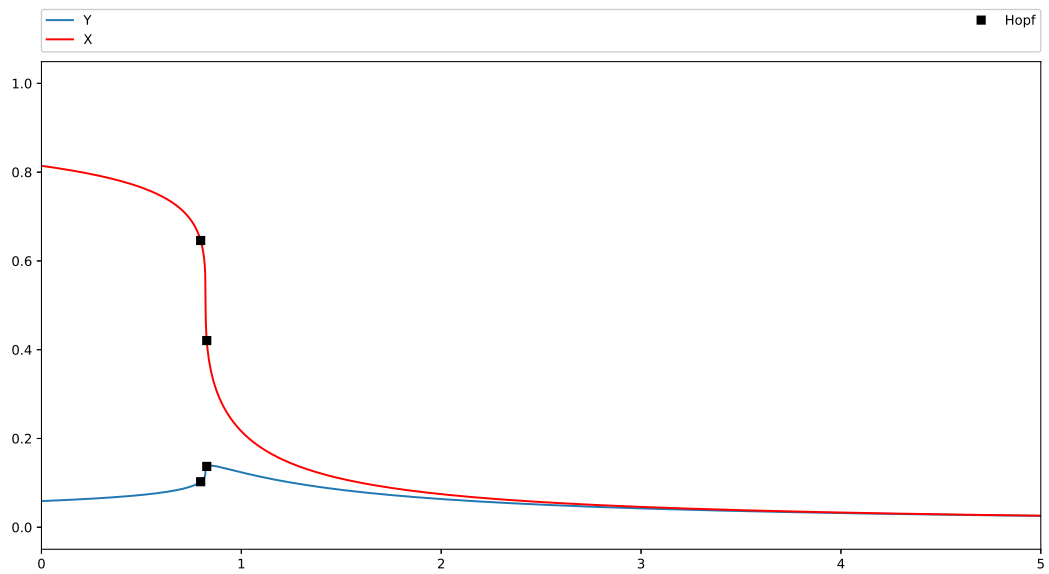


Рис. 9.  $k_1 = 0.12$ ,  $k_{-1} = 0.01$ ,  $k_3 = 0.0032$ ,  $k_{-3} = 0.003$

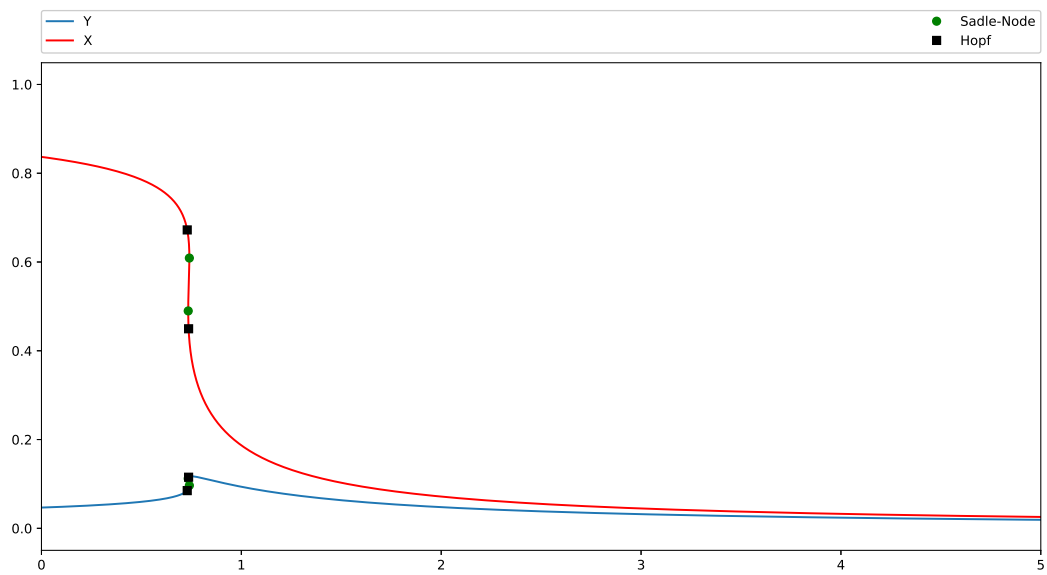


Рис. 10.  $k_1 = 0.12$ ,  $k_{-1} = 0.01$ ,  $k_3 = 0.0032$ ,  $k_{-3} = 0.004$

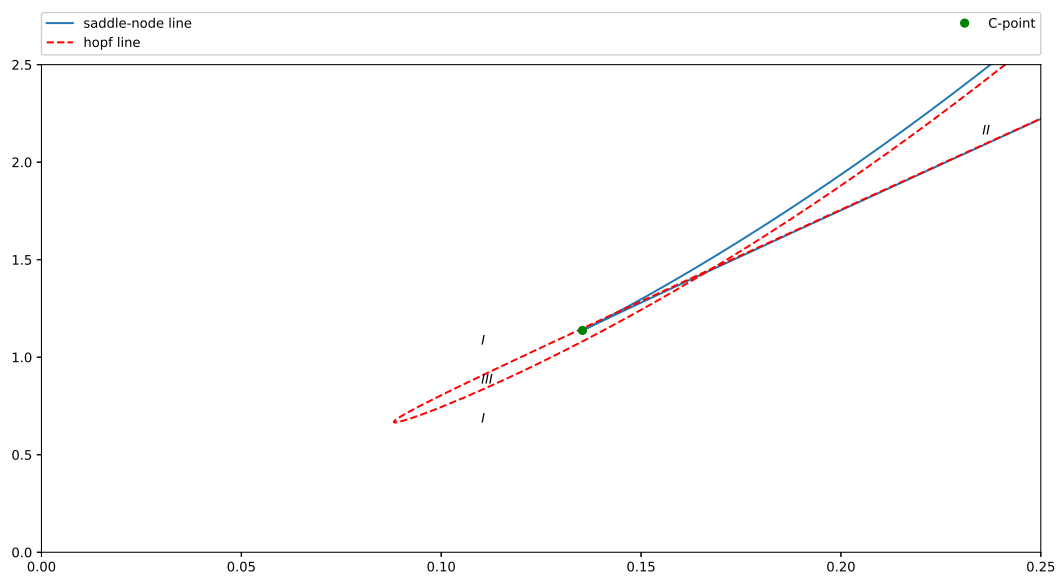


Рис. 11.  $k_{-1} = 0.01$ ,  $k_3 = 0.0032$ ,  $k_{-3} = 0.002$

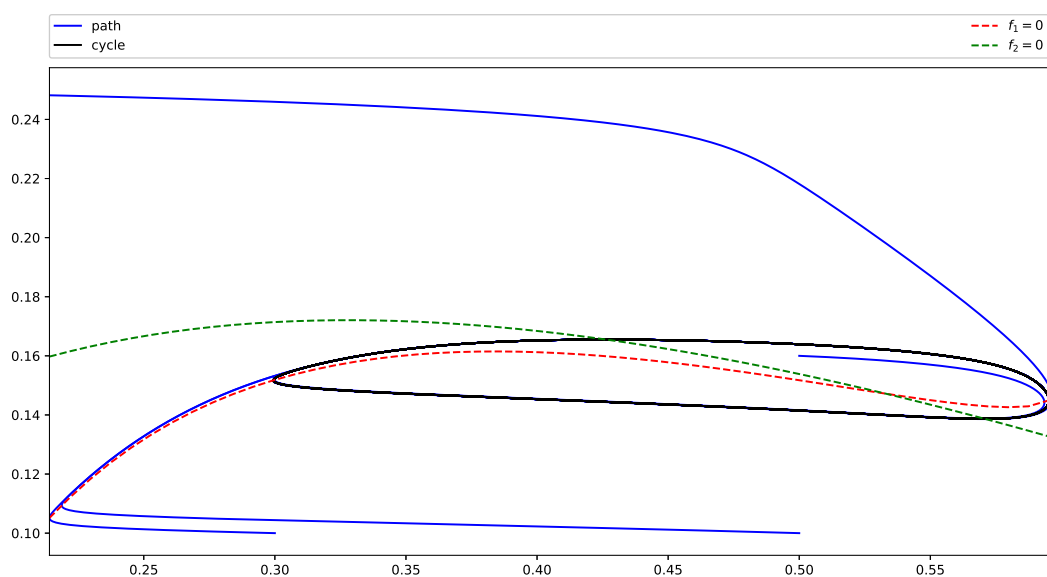


Рис. 12. Фазовый портрет при  $k_1 = 0.11$ ,  $k_2 = 0.86$ ,  $k_{-1} = 0.01$ ,  $k_3 = 0.0032$ ,  $k_{-3} = 0.002$

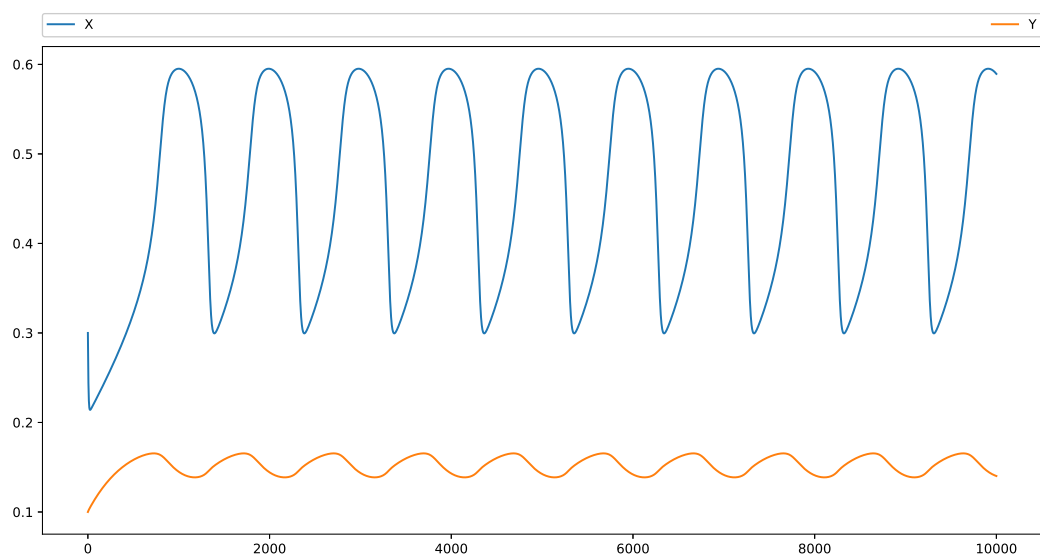


Рис. 13. Зависимость решения от времени при  $k_1 = 0.11$ ,  $k_2 = 0.86$ ,  $k_{-1} = 0.01$ ,  $k_3 = 0.0032$ ,  $k_{-3} = 0.002$