Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

« Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева »

ОТЧЕТ ПО ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЕ №1

Вариант 7

Выполнил студент группы КС-36:	**Золотухин Андрей Александрович**
Ссылка на репозиторий:	https://github.com/CorgiPuppy/info-proccesses-systems-theory-labs
Принял:	Зинченко Дарья Ивановна
Дата сдачи:	26.11.25

Москва

2025

Оглавление

Описание задачи

1. Аналитическим способом найти стационарную точку и определить характер её устойчивости по 1-ому методу Ляпунова;
2. Написать программу, решающую систему ДУ и сттроящую следующие графики:
   1. фазовый портрет системы. Подберите начальные условия, шаг по времени и масштаб таким образом, чтобы тип точки и ее координаты на графике были очевидны (в случае неустойчивой точки начальные условия рекомендуется задавать как можно ближе к неподвижной точке). Число траекторий не меньше восьми!
   2. зависимости $x_1(t)$ и $x_2(t)$ - динамику системы во времени (таким образом, чтобы поведение системы в окрестности неподвижной точки и ее координаты были очевидны.) На одном графике должно быть несколько линий динамики при разных начальных условиях.

Работа 1.1

В реакторе идеального смешения непрерывного действия протекают реакции по схеме:

$$X \xrightarrow{k_1} Y,$$

$$X \xrightarrow{k_2} P.$$

Математическая модель реактора имеет вид:

$$\begin{cases} \frac{dx}{dt} = \frac{1}{\tau}(x_0 - x) - k_1 x, \\ \frac{dy}{dt} = -\frac{1}{\tau} y + k_1 x - k_2 y. \end{cases}$$

Значения параметров процесса: $x_0 = 6$, $k_1 = 2$, $k_3 = \frac{1}{3}$, $\tau = 1$.
Построить фазовый портрет системы - график в координатах (x, y).
Для решения использовать явную схему Эйлера:

$$\begin{cases} \frac{x^{n+1} - x^n}{\Delta t} = \frac{1}{\tau}(x_0 - x^n) - k_1 x^n, \\ \frac{y^{n+1} - y^n}{\Delta t} = \frac{1}{\tau} y^n + k_1 x^n - k_2 y^n. \end{cases}$$

Работа 1.2

Система уравнений:

$$\begin{cases} \frac{dx_1}{dt} = x_1 + 5, \\ \frac{dx_2}{dt} = \frac{2}{3} x_2 - 5. \end{cases}$$

Для решения использовать неявную схему Эйлера:

$$\begin{cases} \frac{x^{n+1} - x^n}{\Delta t} = f\big(x_1^{n+1}\big), \\ \frac{y^{n+1} - y^n}{\Delta t} = f\big(x_2^{n+1}\big). \end{cases}$$

Работа 1.3

Система уравнений:

$$\begin{cases} \frac{dx_1}{dt} = -\frac{2}{3} x_1 - 4, \\ \frac{dx_2}{dt} = \frac{2}{5} x_2. \end{cases}$$

Для решения использовать схему Эйлера:

$$\begin{cases} \frac{x_1^{n+1} - x_1^n}{\Delta t} = f\big(x_1^{n+1}\big), \\ \frac{x_2^{n+1} - x_2^n}{\Delta t} = f\big(x_2^n\big). \end{cases}$$

Работа 1.4

Математическая модель процесса кристаллизации в реакторе (с учётом растворения мелких частиц и кристаллизации крупных) имеет вид:

$$\begin{cases} \frac{d\mu_0}{dt} = k\mu_1 - b + q, \\ \frac{d\mu_1}{dt} = \mu_0(\eta_1 - \eta_2) + d, \end{cases}$$

где μ_0 - нулевой момент функции распределения кристаллов по размерам, характеризующий общее количество частиц в единице объёма реактора; μ_1 - первый момент функции распределения, характеризующий суммарный линейный размер кристаллов; k - константа скорости образования зародышей; $k\mu_1$ - скорость образования зародышей; b - скорость отбора зародышей; q - скорость пополнения крупными частицами; η_1 - скорость роста кристаллов; η_2 - скорость растворения кристаллов; d - суммарный линейный размер поступающих частиц.

Значения параметров процесса: $k = \frac{3}{7}$, $b = \frac{9}{2}$, $q = 3$, $\eta_1 = \frac{3}{7}$, $\eta = 1$, $\mathrm{d} = 2$.

Для решения использовать явную схему Эйлера:

$$\begin{cases} \frac{\mu_0^{n+1} - \mu_0^n}{\Delta t} = k\mu_1^n - b + q, \\ \frac{\mu_1^{n+1} - \mu_1^n}{\Delta t} = \mu_0^n(\eta_1 - \eta_2) + d. \end{cases}$$

Работа 1.5

Система уравнений:

$$\begin{cases} \frac{dx_1}{dt} = -2x_1 - 2x_2 + 6, \\ \frac{dx_2}{dt} = 3x_1 - 3x_2. \end{cases}$$

Для решения использовать схему Эйлера:

$$\begin{cases} \frac{x_1^{n+1} - x_1^n}{\Delta t} = f\left(x_1^{n+1}, x_2^n\right), \\ \frac{x_2^{n+1} - x_2^n}{\Delta t} = f\left(x_1^n, x_2^{n+1}\right). \end{cases}$$

Работа 1.6

Система уравнений:

$$\begin{cases} \frac{dx_1}{dt} = 333x_1 - x_2 + 2, \\ \frac{dx_2}{dt} = 4x_1 + 3x_2 + 7. \end{cases}$$

Для решения использовать схему Эйлера:

$$\begin{cases} \frac{x_1^{n+1} - x_1^n}{\Delta t} = f\left(x_1^{n+1}, x_2^n\right), \\ \frac{x_2^{n+1} - x_2^n}{\Delta t} = f\left(x_1^n, x_2^{n+1}\right). \end{cases}$$

Выполнение задачи

Работа 1.1

Аналитическое решение

Алгоритм программы

Графики

Код

Выполнение задачи

Работа 1.2

Аналитическое решение

Алгоритм программы

Графики

Код

Выполнение задачи

Работа 1.3

Аналитическое решение

Алгоритм программы

Графики

Код

Выполнение задачи

Работа 1.4

Аналитическое решение

Алгоритм программы

Графики

Код

Выполнение задачи

Работа 1.5

Аналитическое решение

Алгоритм программы

Графики

Код

Выполнение задачи

Работа 1.6

Аналитическое решение

Алгоритм программы

Графики

Код

Выводы