**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 $\mu_0$ - нулевой момент функции распределения кристаллов по размерам, характеризующий общее количество частиц в единице объёма реактора; $\mu_1$ - 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; $\eta_1$ - скорость роста кристаллов; $\eta_2$ - 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

## Работа 1.2

### Аналитическое решение

### Алгоритм программы

### Графики

### Код

## Работа 1.3

### Аналитическое решение

### Алгоритм программы

### Графики

### Код

## Работа 1.4

### Аналитическое решение

### Алгоритм программы

### Графики

### Код

## Работа 1.5

### Аналитическое решение

### Алгоритм программы

### Графики

### Код

## Работа 1.6

### Аналитическое решение

### Алгоритм программы

### Графики

### Код

# Выводы