

**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 №9**

**Вариант 7**

**Выполнил студент группы КС-46: Золотухин Андрей Александрович**

Ссылка на репозиторий: [https://github.com/  
CorgiPuppy/  
info-processes-systems-theory-labs](https://github.com/CorgiPuppy/info-processes-systems-theory-labs)

Приняла: Зинченко Дарья Ивановна

Дата сдачи: 20.12.25

**Москва**

**2025**

## Оглавление

Описание задачи .....	3
Работа 9 .....	3
Выполнение задачи .....	4
Аналитическое решение .....	4
Графики .....	5
Код .....	19
Выводы .....	21

# Описание задачи

## Работа 9

Отображение:

$$x_{j+1} = \frac{1}{5} \alpha x_j (1 - x_j)$$

$$x \in [0; 1], \alpha \in [0; 20].$$

1. Найти неподвижные точки и значение параметра  $\alpha$ , при которых они будут устойчивы.
2. Построить бифуркационную диаграмму. Отметить точки бифуркации.
3. Построить точечные графики зависимости  $x_j = f(j)$  при следующих значениях  $\alpha$ : 5; 10; 15; 16; 17; 17.25; 17.5; 17.75; 17.85; 18; 18.5; 19; 20.

В качестве начального условия выбрать  $x_0 = 0.6$ . Фазовый портрет для каждого  $\alpha$  строить на отдельном графике.

# Выполнение задачи

## Аналитическое решение

На Рис. 1 представлено аналитическое решение.

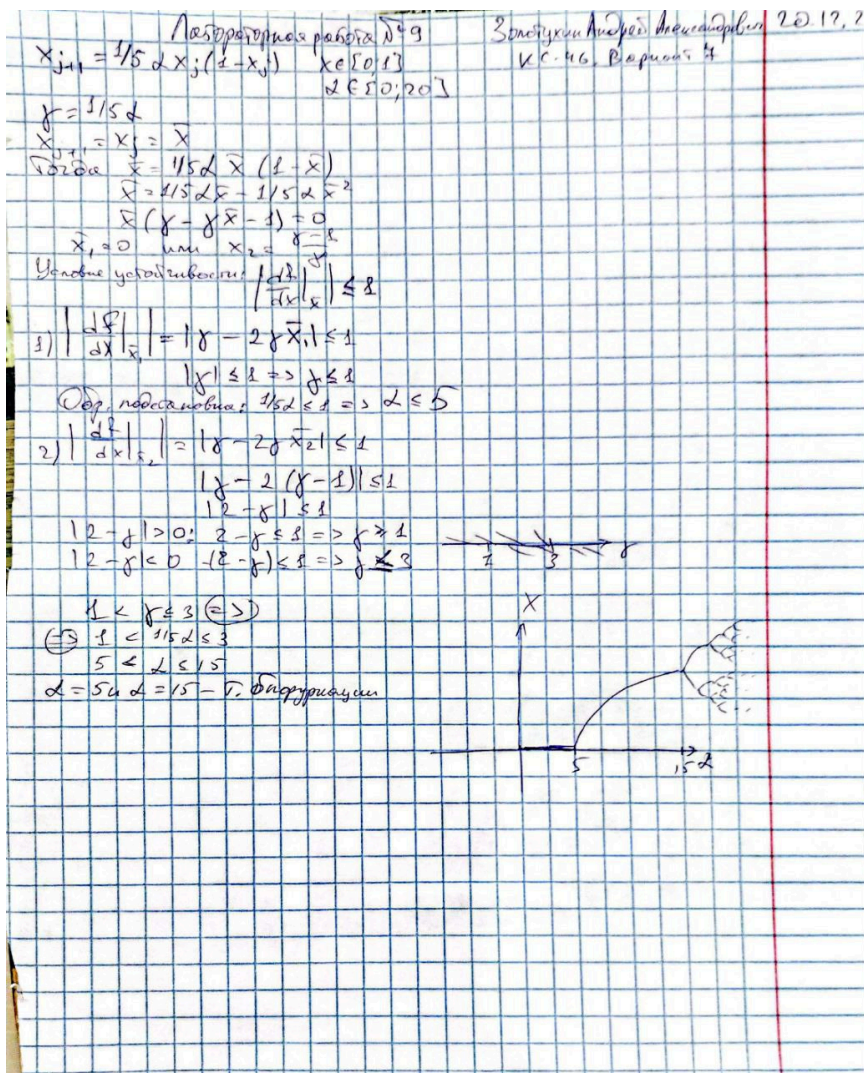


Рис. 1: Аналитическое решение.

## Графики

На Рис. 2 представлена бифуркационная диаграмма.

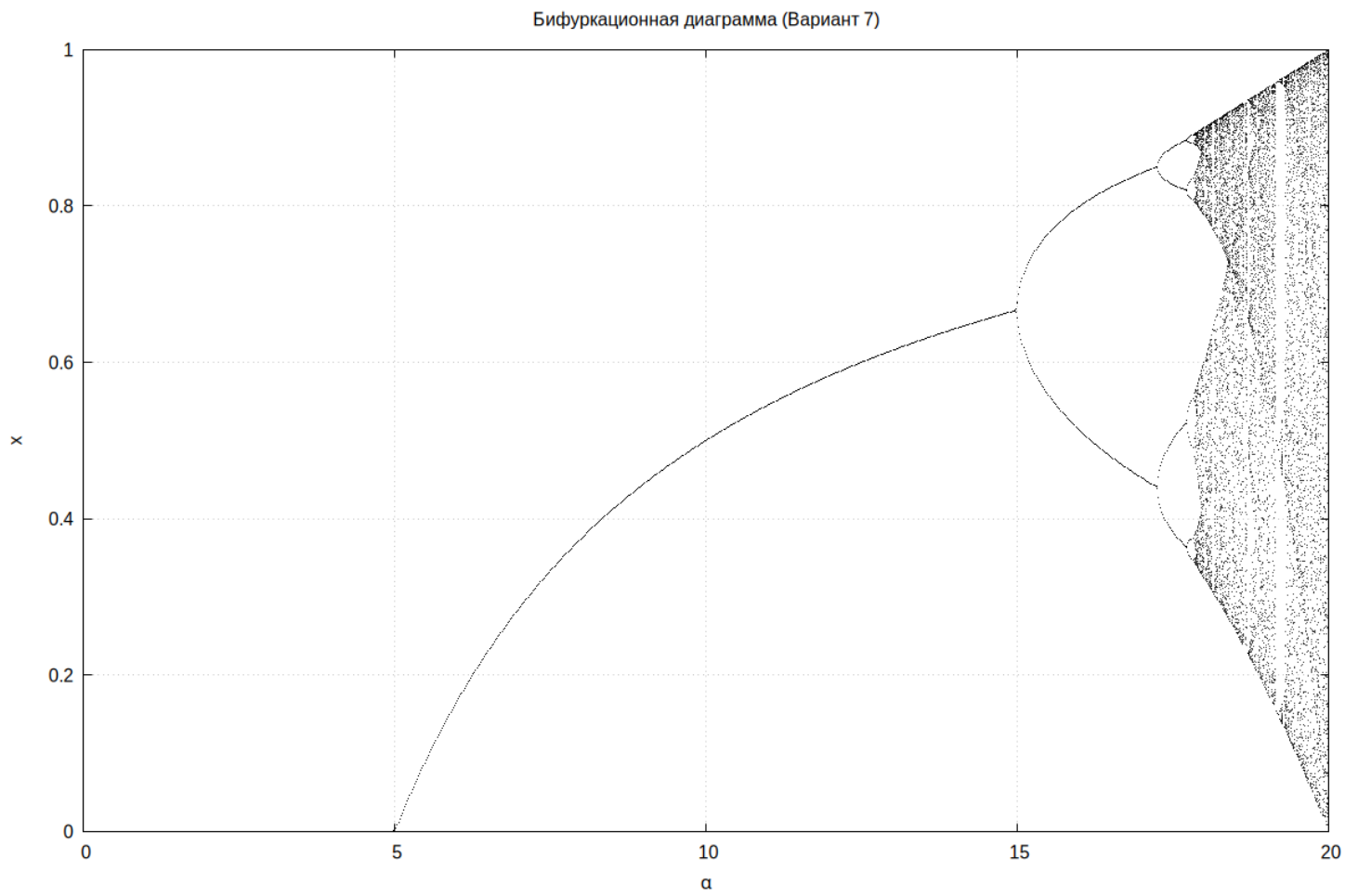


Рис. 2: Бифуркационная диаграмма.

На Рис. 3 представлен фазовый портрет при  $\dot{\alpha} = 5$ .

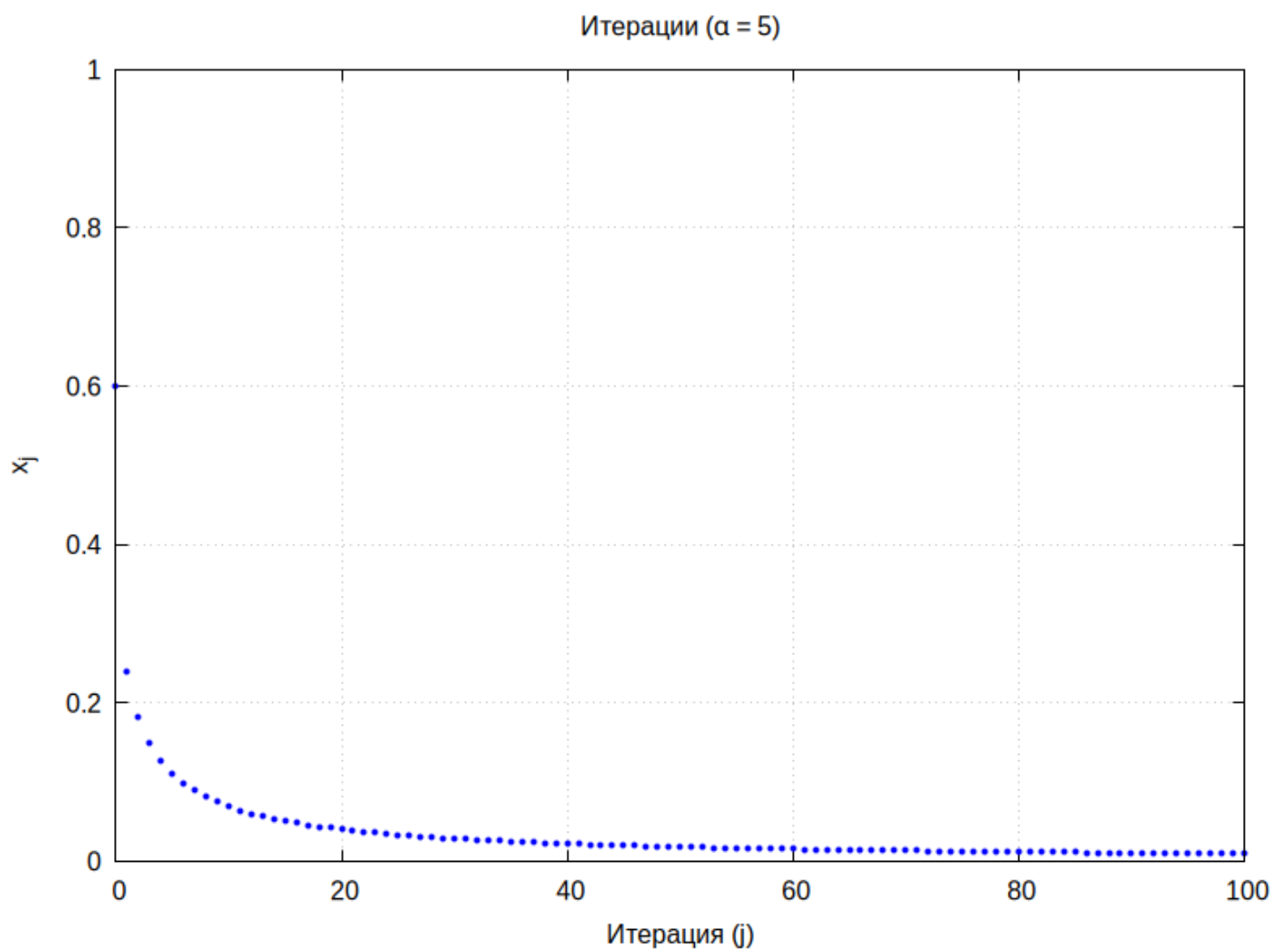


Рис. 3: Фазовый портрет при  $\dot{\alpha} = 5$ .

На Рис. 4 представлен фазовый портрет при  $\dot{\alpha} = 10$ .

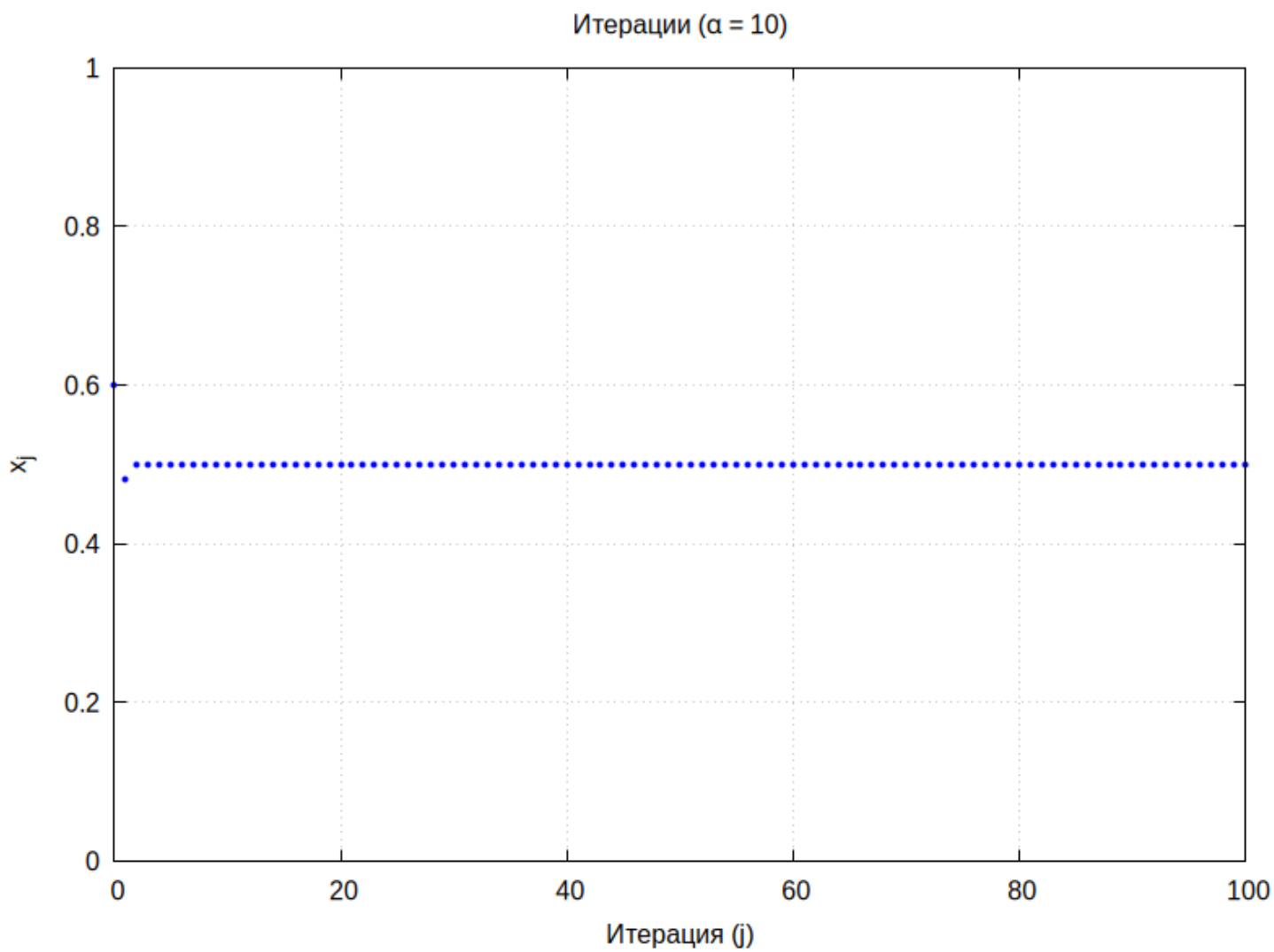


Рис. 4: Фазовый портрет при  $\dot{\alpha} = 10$ .

На Рис. 5 представлен фазовый портрет при  $\dot{\alpha} = 15$ .

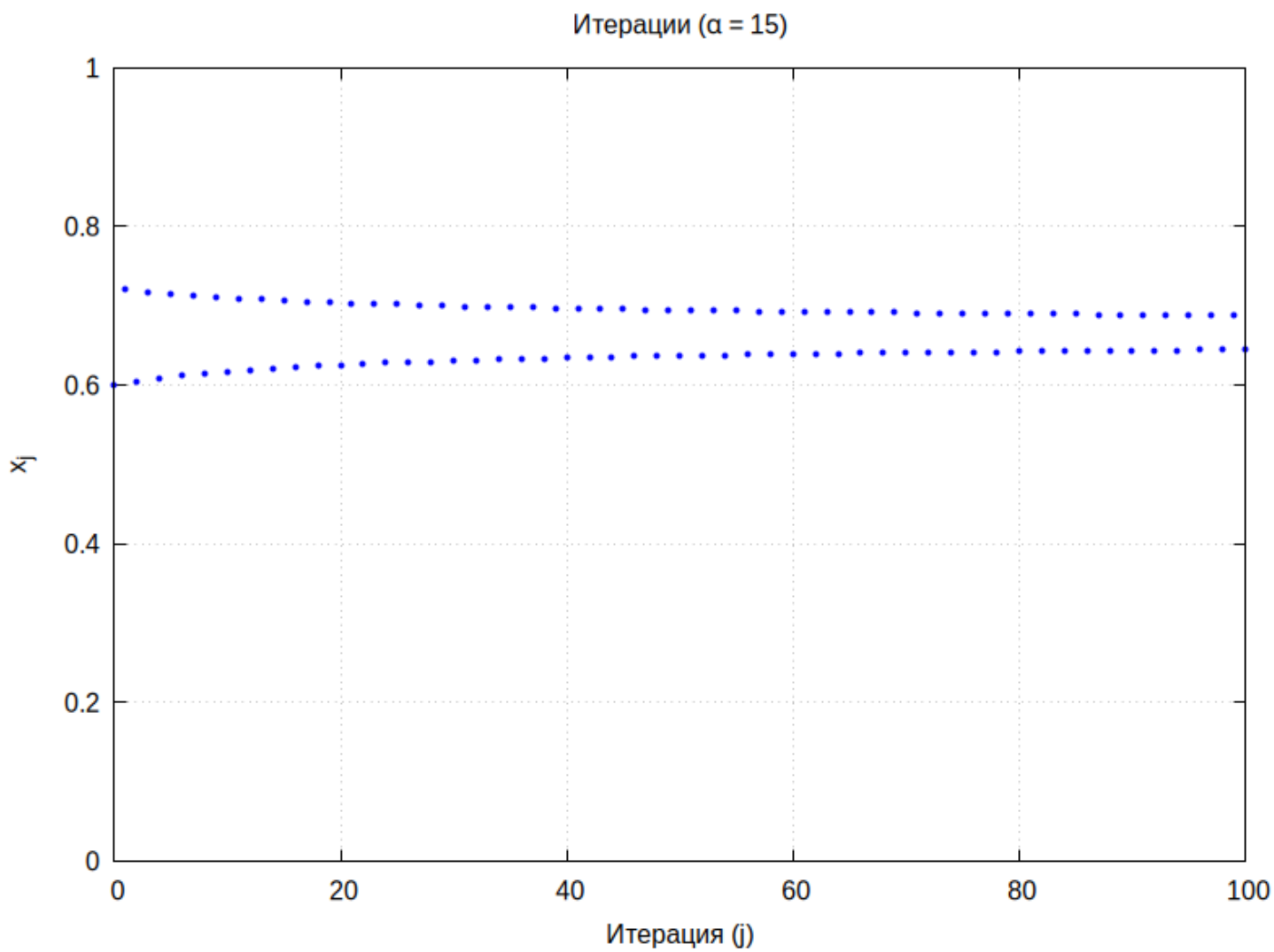


Рис. 5: Фазовый портрет при  $\dot{\alpha} = 15$ .

На Рис. 6 представлен фазовый портрет при  $\dot{\alpha} = 16$ .



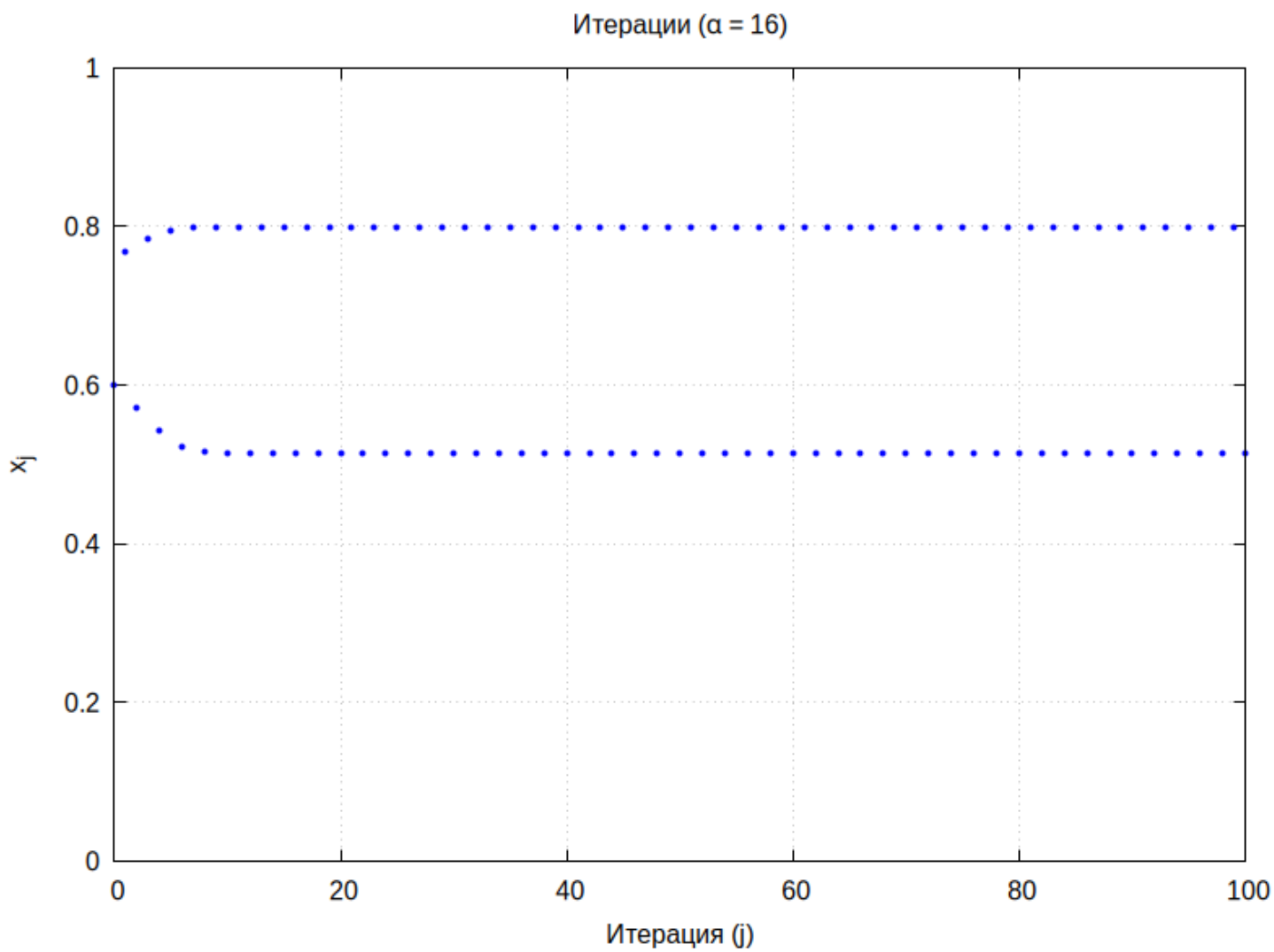


Рис. 6: Фазовый портрет при  $\dot{\alpha} = 16$ .

На Рис. 7 представлен фазовый портрет при  $\dot{\alpha} = 17$ .

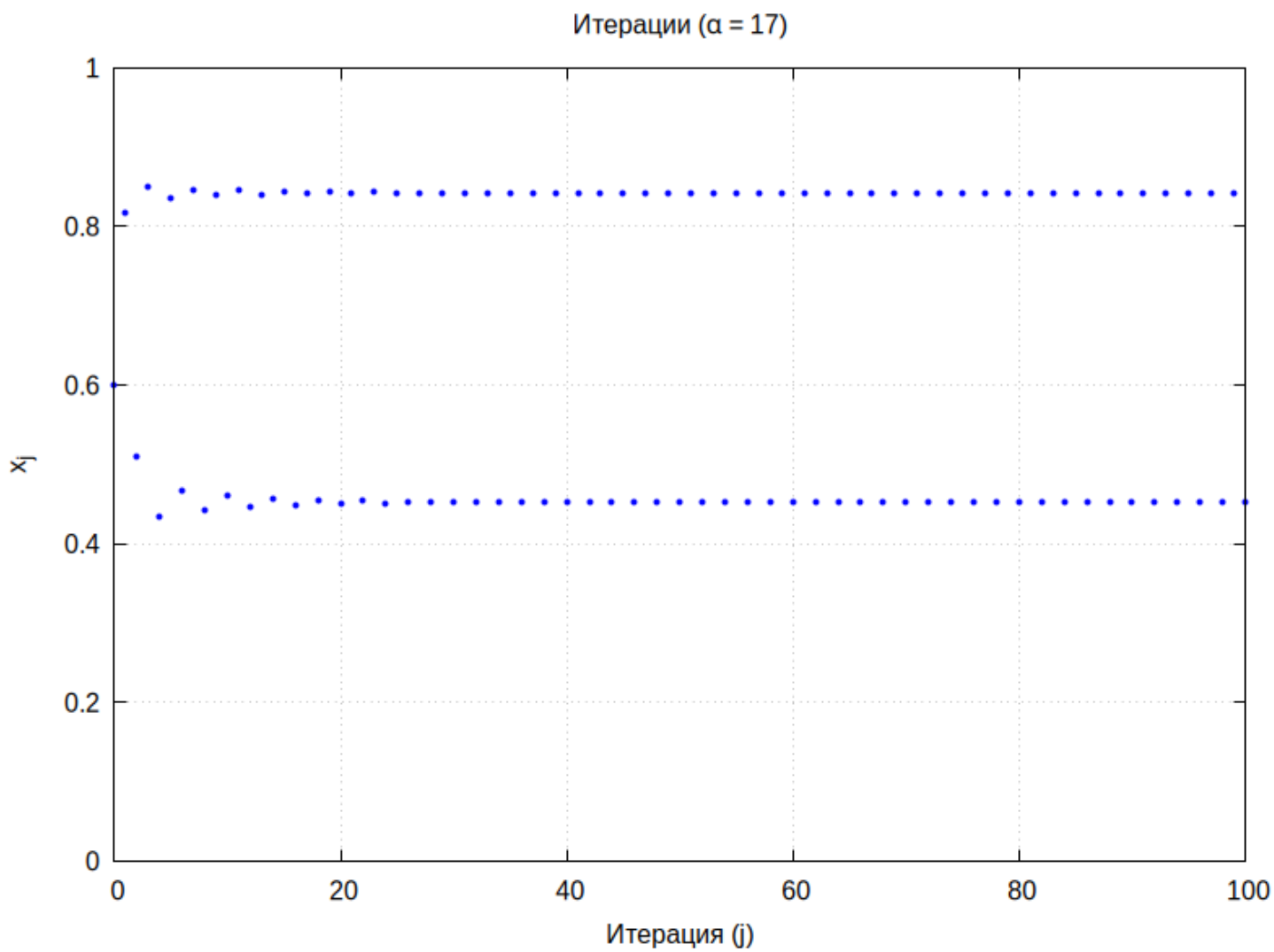


Рис. 7: Фазовый портрет при  $\dot{\alpha} = 17$ .

На Рис. 8 представлен фазовый портрет при  $\dot{\alpha} = 17.25$ .

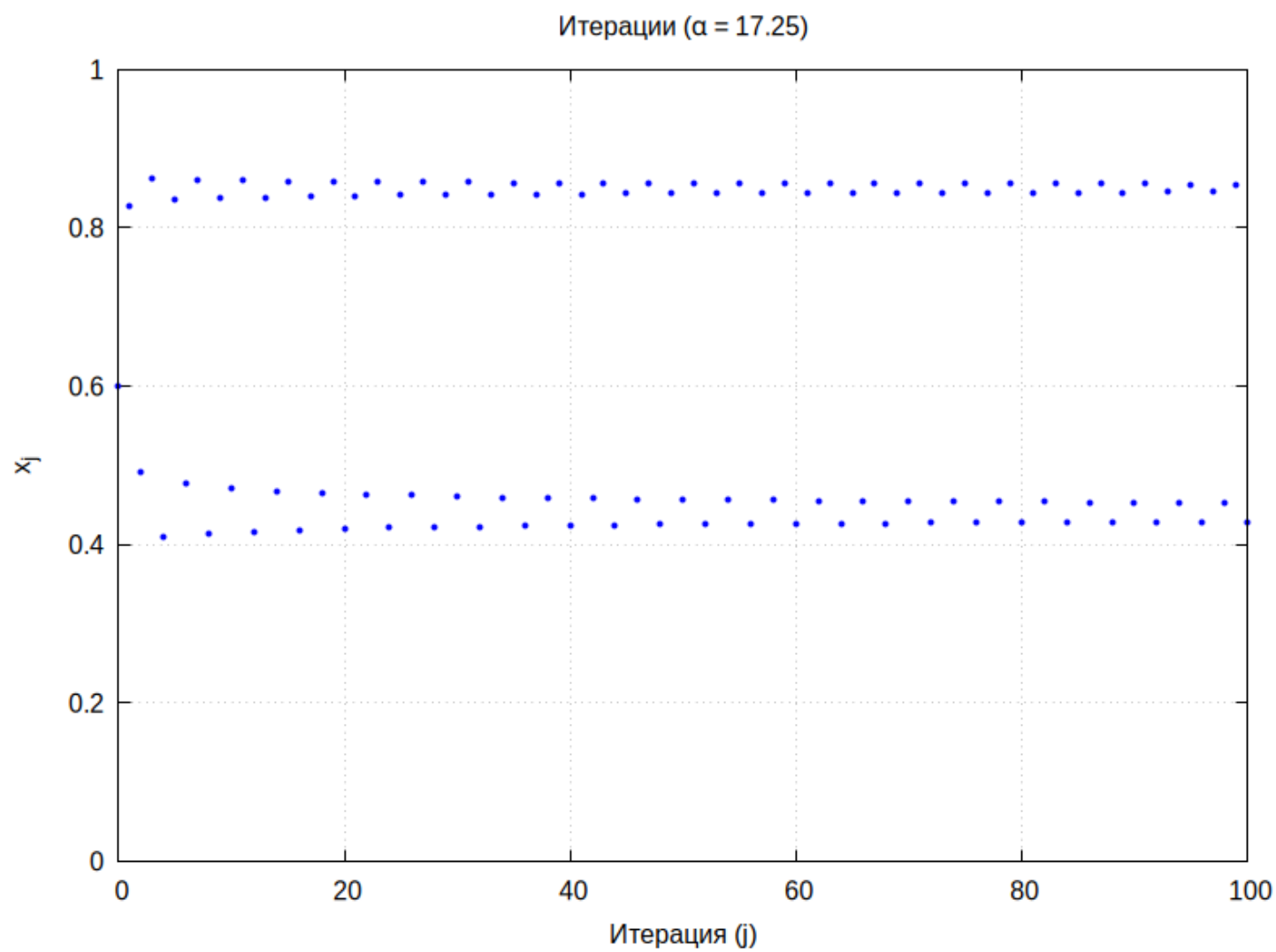


Рис. 8: Фазовый портрет при  $\dot{\alpha} = 17.25$ .

На Рис. 9 представлен фазовый портрет при  $\dot{\alpha} = 17.5$ .

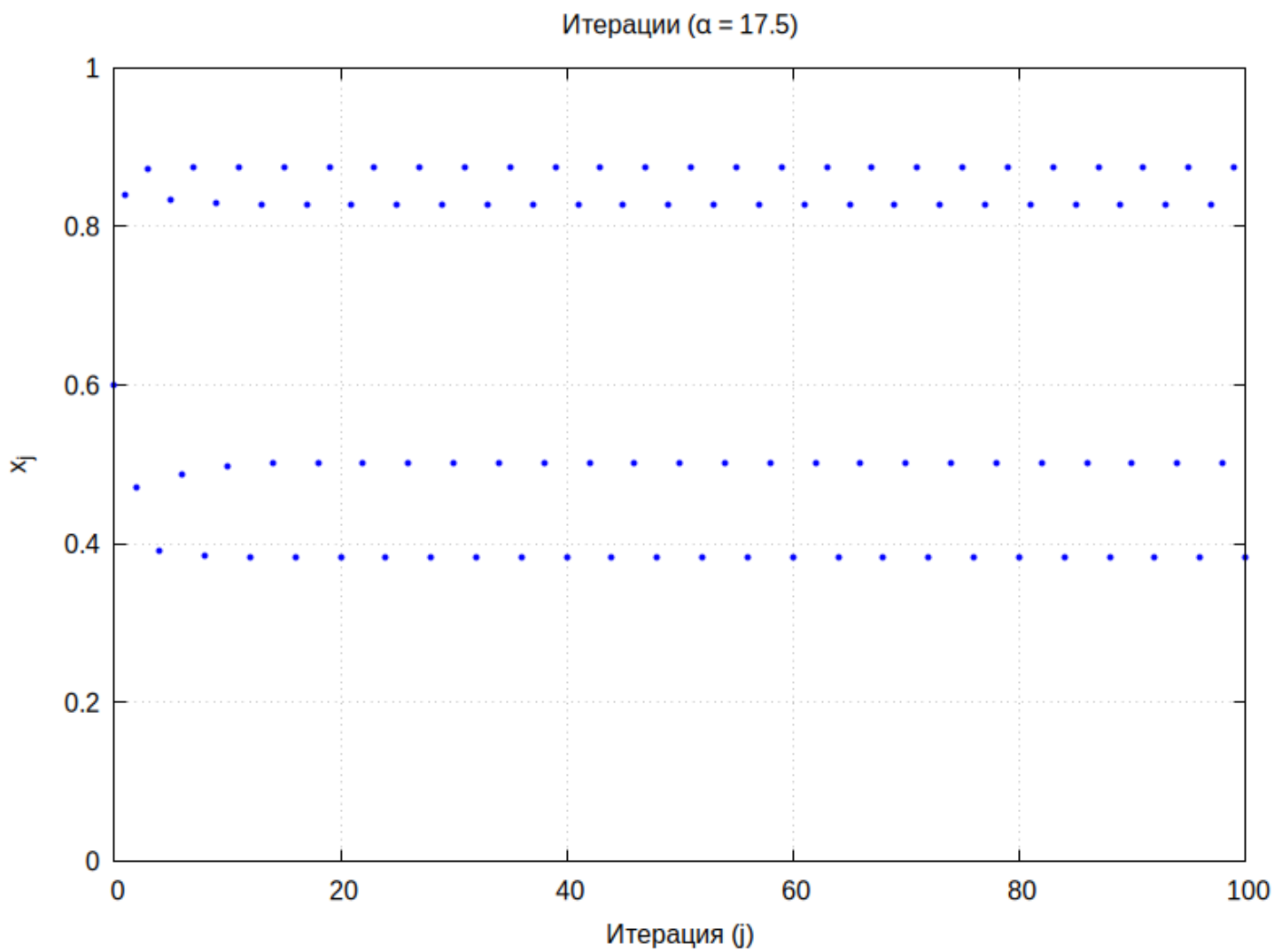


Рис. 9: Фазовый портрет при  $\dot{\alpha} = 17.5$ .

На Рис. 10 представлен фазовый портрет при  $\dot{\alpha} = 17\_75$ .

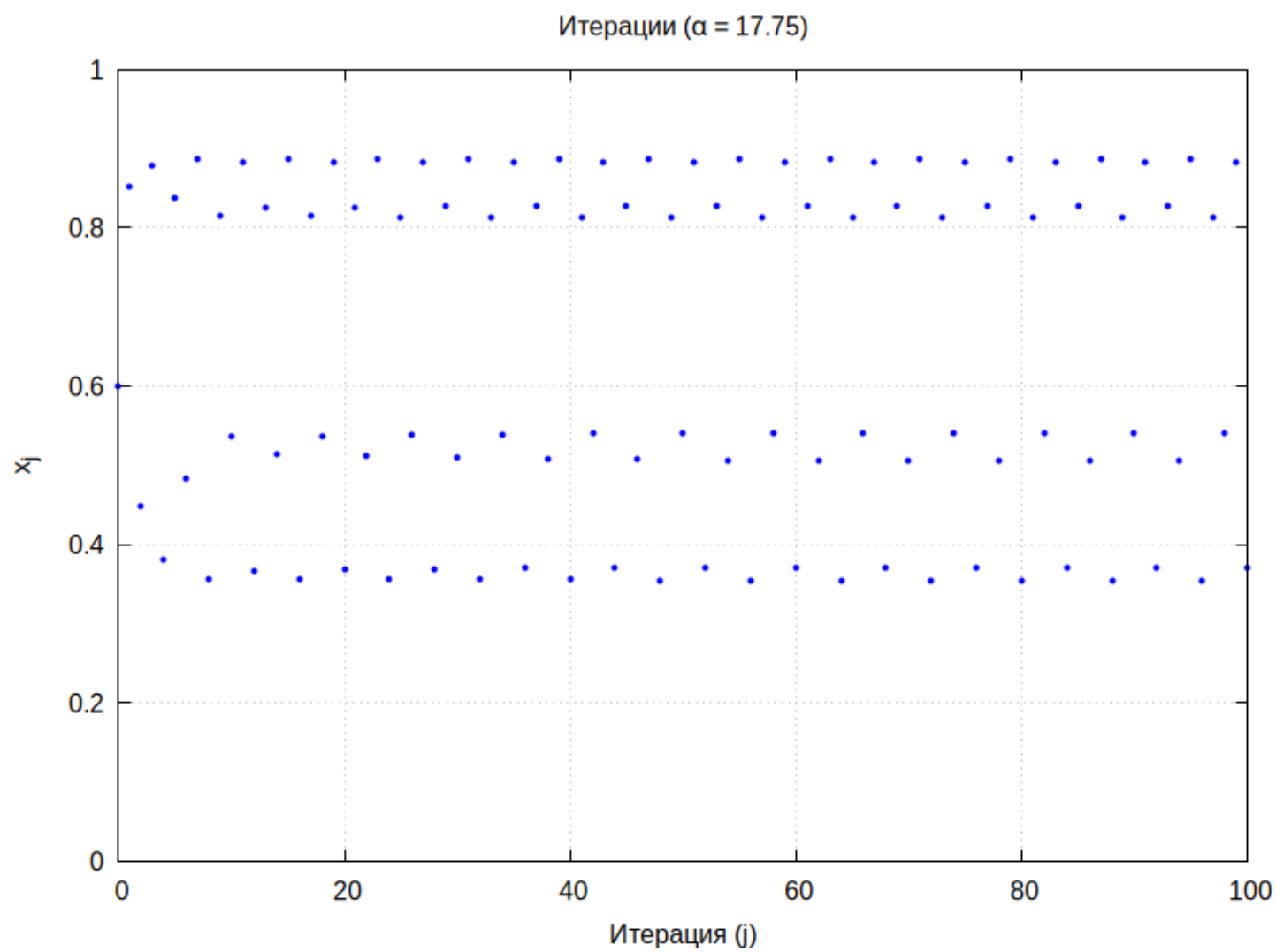


Рис. 10: Фазовый портрет при  $\dot{\alpha} = 17.75$ .

На Рис. 11 представлен фазовый портрет при  $\dot{\alpha} = 17.85$ .

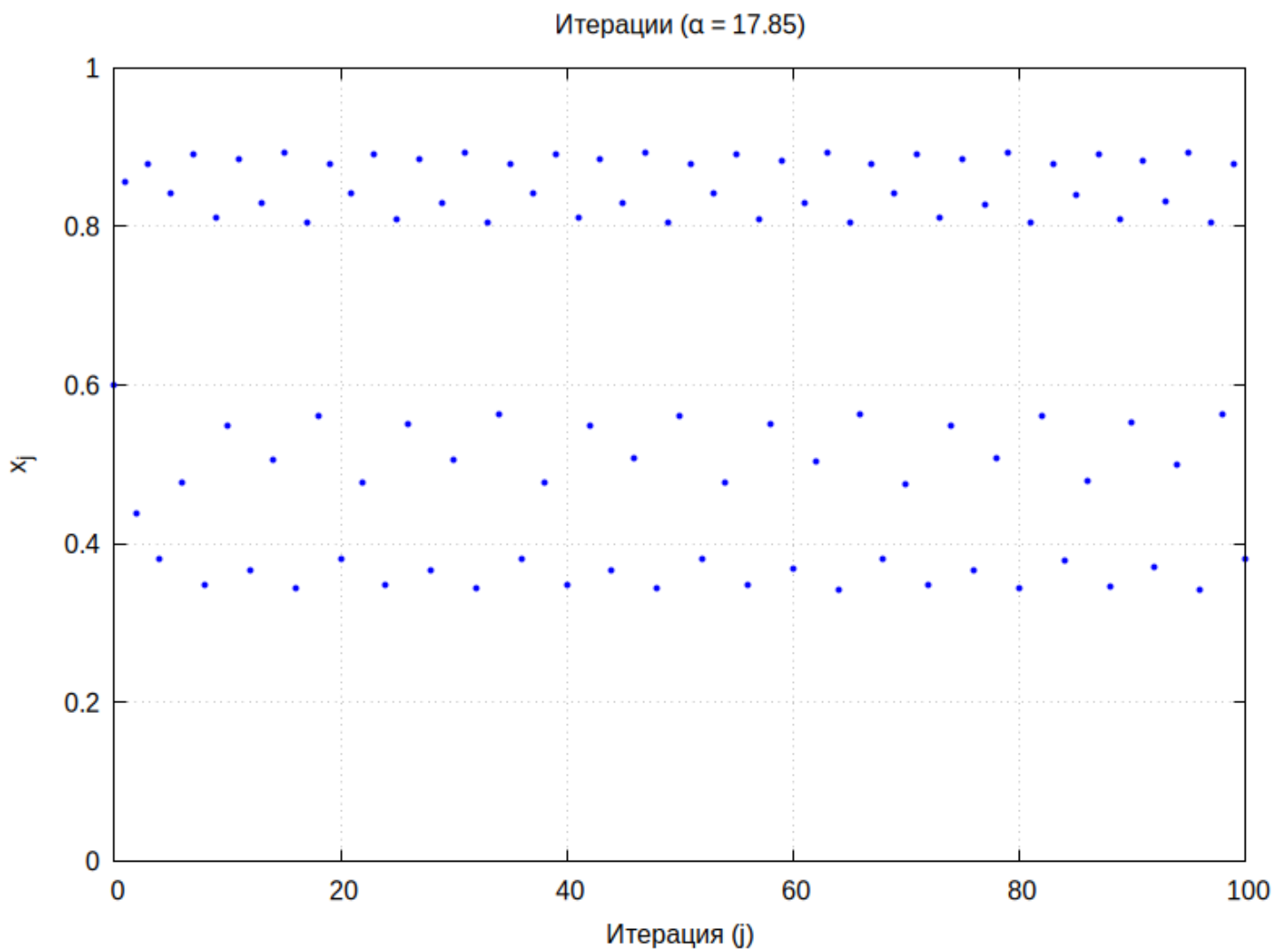


Рис. 11: Фазовый портрет при  $\dot{\alpha} = 17.85$ .

На Рис. 12 представлен фазовый портрет при  $\dot{\alpha} = 18$ .

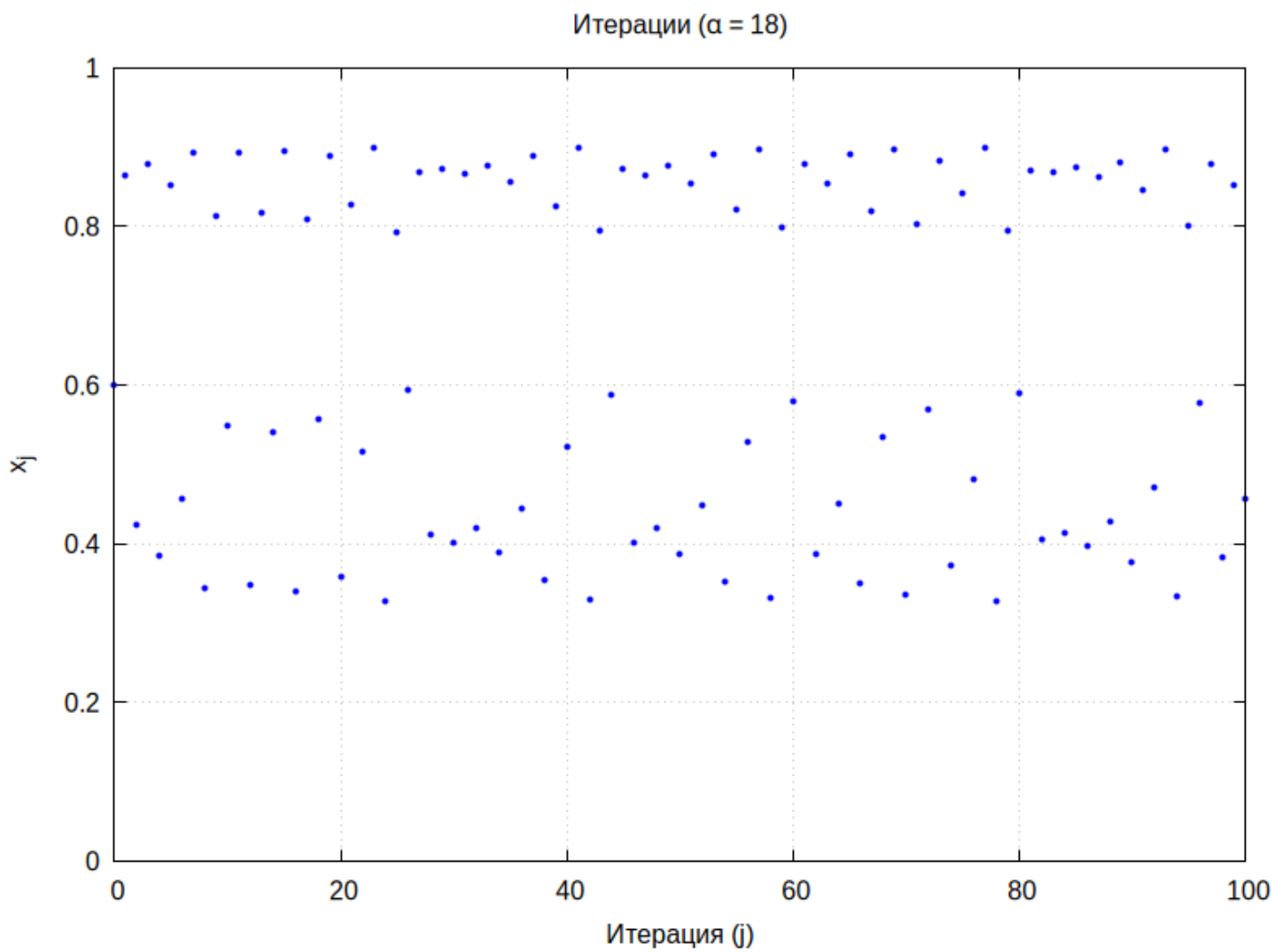


Рис. 12: Фазовый портрет при  $\dot{\alpha} = 18$ .

На Рис. 13 представлен фазовый портрет при  $\dot{\alpha} = 18.5$ .

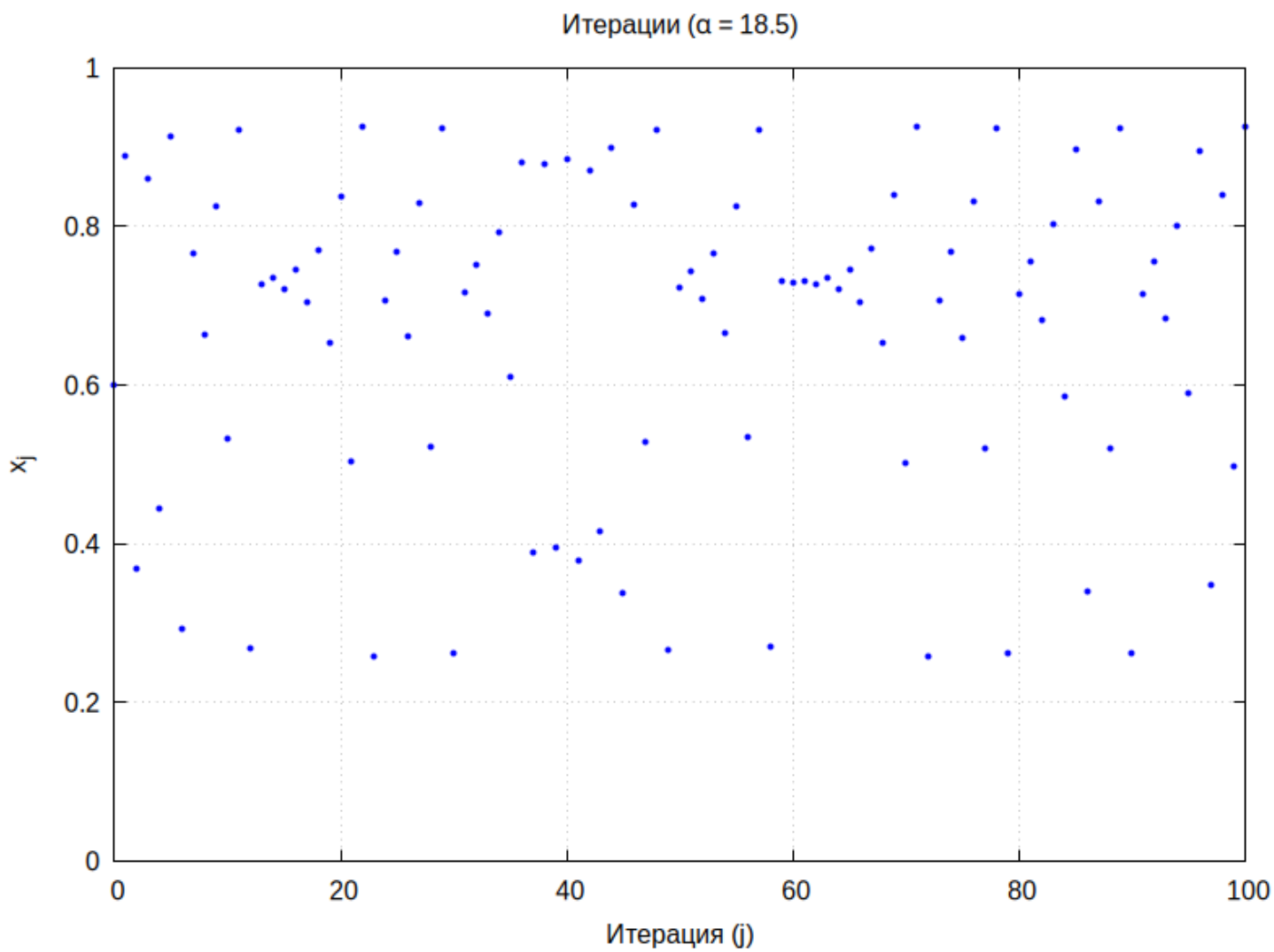


Рис. 13: Фазовый портрет при  $\dot{\alpha} = 18.5$ .

На Рис. 14 представлен фазовый портрет при  $\dot{\alpha} = 19$ .



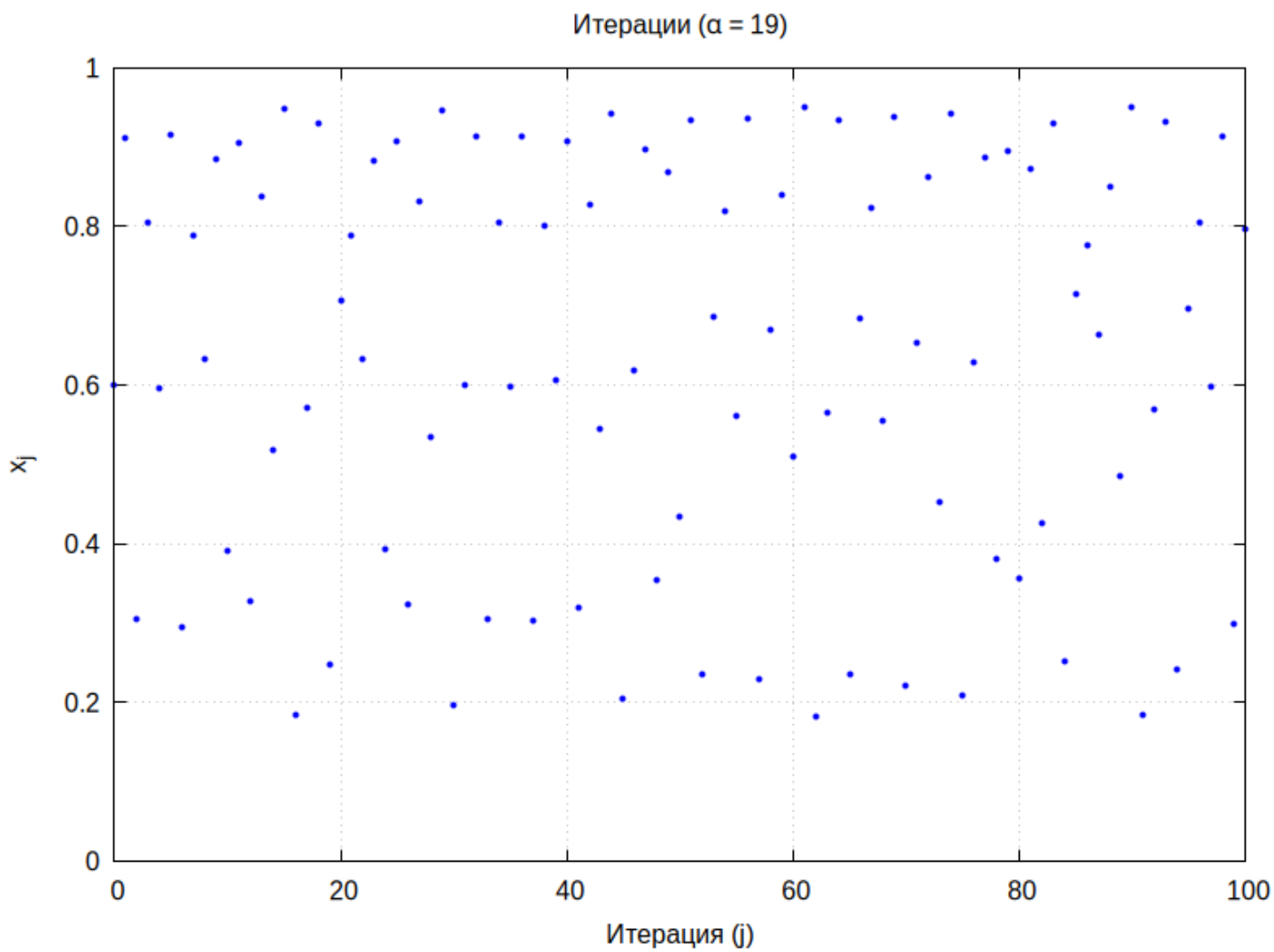


Рис. 14: Фазовый портрет при  $\dot{\alpha} = 19$ .

На Рис. 15 представлен фазовый портрет при  $\dot{\alpha} = 20$ .

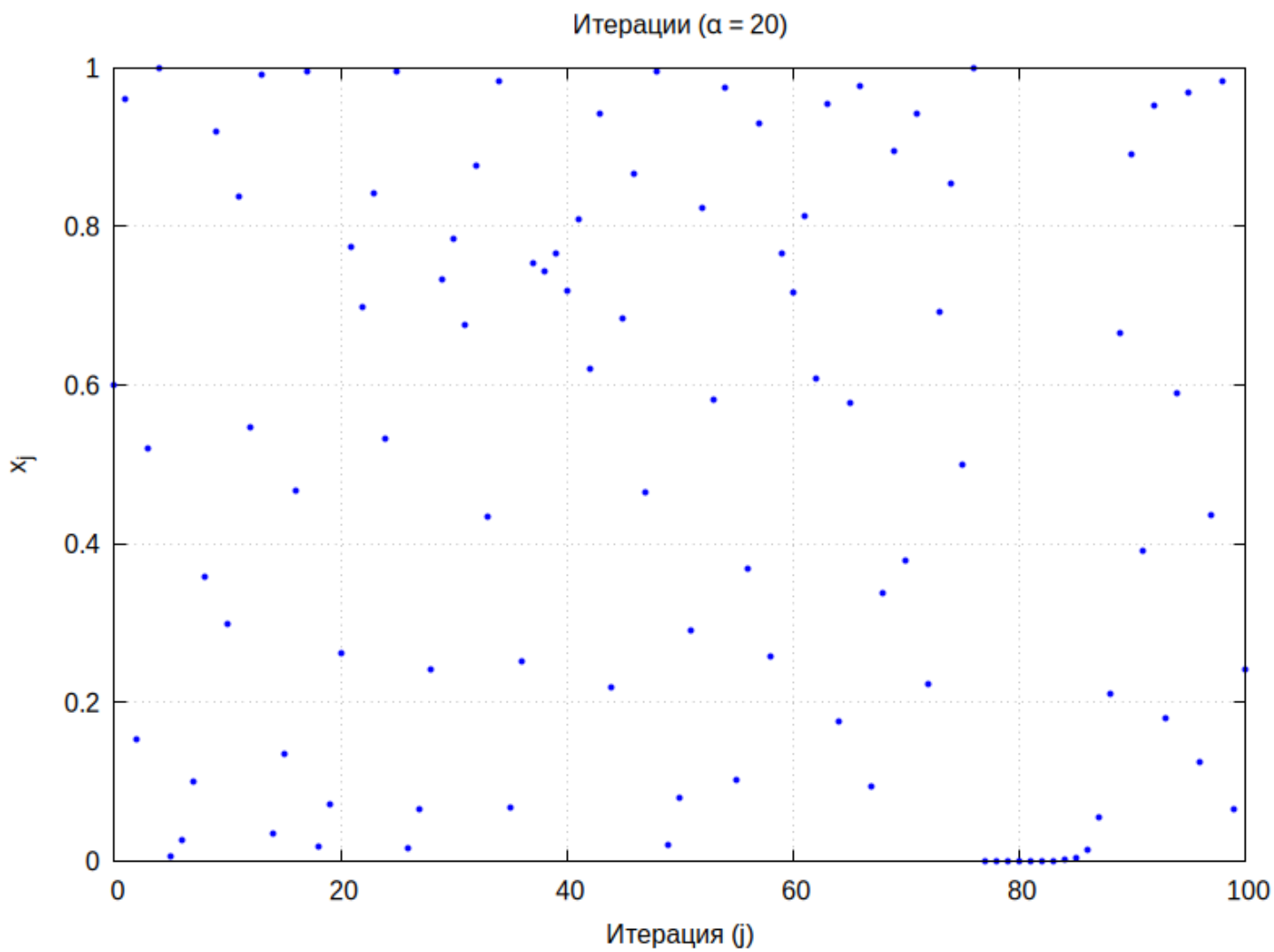


Рис. 15: Фазовый портрет при  $\dot{\alpha} = 20$ .

## Код

```
#ifndef CONSTANTS_H
#define CONSTANTS_H

#include <string>
#include <vector>

namespace Constants {
    const std::string DAT_DIR = "plots/dat-files/";

    const int N_ITERATIONS = 100;
    const double x0 = 0.6;

    const std::vector<double> alphas = {
        5.0, 10.0, 15.0, 16.0, 17.0,
        17.25, 17.5, 17.75, 17.85,
        18.0, 18.5, 19.0, 20.0
    };

    const std::string iterations_basename = "iter_alpha_";

    const std::string bif_filename = "bifurcation.dat";
}

#endif
```

```
#include <iostream>
#include <vector>
#include <cmath>
#include <fstream>
#include <string>
#include <iomanip>

#include "Constants.h"

double next_val(double x, double alpha) {
    return (alpha / 5.0) * x * (1.0 - x);
}

std::string format_alpha(double alpha) {
    std::string s = std::to_string(alpha);
    s.erase(s.find_last_not_of('0') + 1, std::string::npos);
    if(s.back() == '.') s.pop_back();

    size_t dot = s.find('.');
    if (dot != std::string::npos) {
        s[dot] = '_';
    }
    return s;
}

int main() {
    for (double alpha : Constants::alphas) {
        std::string filename = Constants::iterations_basename + format_alpha(alpha) + ".dat";
        std::string path = Constants::DAT_DIR + filename;

        std::ofstream file(path);
```

```

if (!file.is_open()) {
    std::cerr << "Error opening: " << path << std::endl;
    continue;
}
file << std::fixed << std::setprecision(6);

double x = Constants::x0;

for (int j = 0; j <= Constants::N_ITERATIONS; ++j) {
    file << j << " " << x << "\n";
    x = next_val(x, alpha);
}
file.close();
std::cout << "Saved iteration data for alpha = " << alpha << std::endl;
}

std::string bif_path = Constants::DAT_DIR + Constants::bif_filename;
std::ofstream bifFile(bif_path);

if (bifFile.is_open()) {
    std::cout << "Calculating Bifurcation Diagram..." << std::endl;

    for (double a = 0.0; a <= 20.0; a += 0.02) {
        double x = Constants::x0;

        for (int k = 0; k < 500; ++k) {
            x = next_val(x, a);
        }

        for (int k = 0; k < 100; ++k) {
            x = next_val(x, a);
            bifFile << a << " " << x << "\n";
        }
    }
    bifFile.close();
}

return 0;
}

```

## Выводы

В ходе выполнения работы было проведено исследование динамики дискретной системы, описываемой логистическим отображением.

Аналитическое исследование позволило найти неподвижные точки и интервалы их устойчивости:

Неподвижная точка  $x = 0$  устойчива при значениях параметра  $0 \leq \alpha < 5$ . При  $\alpha = 5$  происходит бифуркация (обмен устойчивостью).

Нетривиальная неподвижная точка  $x = 1 - \frac{5}{\alpha}$  становится устойчивой при  $\alpha > 5$  и сохраняет устойчивость до  $\alpha = 15$ .

При  $\alpha = 15$  происходит бифуркация удвоения периода: неподвижная точка теряет устойчивость, и рождается устойчивый цикл периода 2.

Численное моделирование подтвердило теоретические выводы.