

**Отчет по лабораторной работе №3**

**Разработка иерархии классов для табулированных функций**

**Выполнила:** Андреяшкина Мария

**Группа:** 6204-010302D

## Оглавление

Задание 1 .....	3
Задание 2 .....	3
Задание 3 .....	5
Задание 4 .....	5
Задание 5 .....	8
Задание 6 .....	8
Задание 7 .....	8
Выводы .....	18

## Задание 1

### Создание интерфейса TabulatedFunction

Разработан интерфейс TabulatedFunction, определяющий основные операции для работы с табулированными функциями.

Основные методы интерфейса:

- getPointsCount() – получение количества точек
- getPoint(int index) – получение точки по индексу
- setPoint(int index, FunctionPoint point) – установка точки
- addPoint(FunctionPoint point) – добавление точки
- deletePoint(int index) – удаление точки
- getLeftDomainBorder(), getRightDomainBorder() – границы области определения
- getFunctionValue(double x) – значение функции в точке

Интерфейс обеспечивает единый контракт для всех реализаций табулированных функций, что позволяет использовать разные реализации через единый интерфейс.

## Задание 2

### Реализация класса ArrayTabulatedFunction

Создан класс ArrayTabulatedFunction, реализующий интерфейс TabulatedFunction на основе массива. Класс создан путем переименования существующего класса TabulatedFunction из второй лабораторной работы.

Конструкторы класса:

- ArrayTabulatedFunction(double leftX, double rightX, int pointsCount) - создает равномерную сетку
- ArrayTabulatedFunction(double leftX, double rightX, double[] values) - создает функцию с заданными значениями Y

Особенности реализации:

- Автоматическое расширение массива при добавлении точек
- Сохранение порядка точек по координате X
- Проверка корректности входных параметров с выбрасыванием исключений

## Исходный код:

```
package functions;

public class ArrayTabulatedFunction implements TabulatedFunction {
    private FunctionPoint[] points;
    private int pointsCount;

    private static final double EPSILON = 1e-10;

    private boolean equals(double a, double b) {
        return Math.abs(a - b) < EPSILON;
    }

    private boolean lessOrEqual(double a, double b) {
        return a < b || equals(a, b);
    }

    public ArrayTabulatedFunction(double leftX, double rightX, int pointsCount) {
        if (leftX >= rightX) {
            throw new IllegalArgumentException("Левая граница должна быть меньше правой");
        }

        if (pointsCount < 2) {
            throw new IllegalArgumentException("Количество точек должно быть не менее 2");
        }

        this.pointsCount = pointsCount;
        this.points = new FunctionPoint[pointsCount+10];

        double step = (rightX - leftX) / (pointsCount - 1);

        for (int i=0; i<pointsCount; i++) {
            double x = leftX + i*step;
            points[i] = new FunctionPoint(x,0.0);
        }
    }

    public ArrayTabulatedFunction(double leftX, double rightX, double[] values) {
        if (leftX >= rightX) {
            throw new IllegalArgumentException("Левая граница должна быть меньше правой");
        }

        if (values.length < 2) {
            throw new IllegalArgumentException("Количество точек должно быть не менее 2");
        }

        this.pointsCount = values.length;
        this.points = new FunctionPoint[pointsCount+10];

        double step = (rightX - leftX) / (pointsCount - 1);

        for (int i=0; i<pointsCount; i++) {
            double x = leftX + i*step;
```

```
        points[i] = new FunctionPoint(x, values[i]);
    }
}
```

## Задание 3

Модификация класса TabulatedFunction для обработки исключений

В существующий класс TabulatedFunction внесены изменения для корректной обработки исключительных ситуаций в соответствии с требованиями задания.

Реализованные проверки и исключения:

В конструкторах:

- Проверка, что  $\text{leftX} < \text{rightX}$
- Проверка, что  $\text{pointsCount} \geq 2$
- При нарушении условий выбрасывается `IllegalArgumentException`

В методах работы с точками:

- Проверка корректности индекса в методах `getPoint()`, `setPoint()`, `getPointX()`, `setPointX()`, `getPointY()`, `setPointY()`, `deletePoint()`
- При выходе индекса за границы выбрасывается `FunctionPointIndexOutOfBoundsException`

В методах модификации точек:

- Проверка сохранения порядка точек в `setPoint()` и `setPointX()`
- Проверка отсутствия дублирования X в `addPoint()`
- При нарушении порядка выбрасывается `InappropriateFunctionPointException`

В методе `deletePoint()`:

- Проверка, что количество точек  $\geq 3$
- При попытке удаления до менее 3 точек выбрасывается `IllegalStateException`

## Задание 4

Реализация класса `LinkedListTabulatedFunction`

Создан класс для реализации табулированной функции на основе двусвязного циклического списка с выделенной головой.

Исходный код:

```
package functions;

public class LinkedListTabulatedFunction implements TabulatedFunction {
    // Внутренний класс для узла списка
    private static class FunctionNode {
        FunctionPoint point;
        FunctionNode prev;
        FunctionNode next;

        FunctionNode(FunctionPoint point) {
            this.point = point;
        }
    }

    private FunctionNode head; // Голова списка (не содержит данных)

    private FunctionNode lastAccessedNode; // Для оптимизации
    private int lastAccessedIndex;

    private int pointsCount;

    private static final double EPSILON = 1e-10;

    // Вспомогательные методы для сравнения
    private boolean equals(double a, double b) {
        return Math.abs(a - b) < EPSILON;
    }

    private boolean lessOrEqual(double a, double b) {
        return a < b || equals(a, b);
    }

    private void initializeList() {
        head = new FunctionNode(null); // голова с null данными
        head.prev = head;             // замыкаем на себя
        head.next = head;             // замыкаем на себя
        pointsCount = 0;

        lastAccessedNode = head;
        lastAccessedIndex = -1;
    }
}
```

Поля класса LinkedListTabulatedFunction:

- `private FunctionNode head` - голова списка
- `private int pointsCount` - количество точек
- `private FunctionNode lastAccessedNode` - последний доступный узел для оптимизации

- private int lastAccessedIndex - индекс последнего доступного узла

### Метод getNodeByIndex(int index)

```

private FunctionNode getNodeByIndex(int index) {
    if (index < 0 || index >= pointsCount) {
        throw new FunctionPointIndexOutOfBoundsException("Индекс " + index + " вне
границ [0, " + (pointsCount - 1) + "]");
    }

    // Оптимизация: начинаем с последнего доступного узла если это ближе
    FunctionNode current;
    if (lastAccessedIndex != -1 && Math.abs(index - lastAccessedIndex) <
Math.min(index, pointsCount - index)) {
        current = lastAccessedNode;
        int currentIndex = lastAccessedIndex;

        if (index > currentIndex) {
            for (int i = currentIndex; i < index; i++) {
                current = current.next;
            }
        } else {
            for (int i = currentIndex; i > index; i--) {
                current = current.prev;
            }
        }
    } else {
        // Иначе начинаем с начала
        current = head.next;
        for (int i = 0; i < index; i++) {
            current = current.next;
        }
    }

    // Сохраняем для следующего вызова
    lastAccessedNode = current;
    lastAccessedIndex = index;

    return current;
}

```

### Метод addNodeToTail()

```

private FunctionNode addNodeToTail() {
    return addNodeByIndex(pointsCount);
}

```

## Задание 5

Реализовать в `LinkedListTabulatedFunction` конструкторы и методы, аналогичные `TabulatedFunction`.

Реализованы с теми же параметрами и исключениями:

- Проверка: левая граница < правой границы
- Проверка: количество точек  $\geq 2$
- Создание точек с равным шагом

## Задание 6

1. Переименован класс: `TabulatedFunction` → `ArrayTabulatedFunction`
2. Создан интерфейс: `TabulatedFunction.java` с объявлениями всех методов
3. Оба класса реализуют интерфейс

*Интерфейс TabulatedFunction:*

```
package functions;

public interface TabulatedFunction {
    double getLeftDomainBorder();
    double getRightDomainBorder();
    double getFunctionValue(double x);
    int getPointsCount();
    FunctionPoint getPoint(int index);
    void setPoint(int index, FunctionPoint point) throws
InappropriateFunctionPointException;
    double getPointX(int index);
    void setPointX(int index, double x) throws InappropriateFunctionPointException;
    double getPointY(int index);
    void setPointY(int index, double y);
    void deletePoint(int index);
    void addPoint(FunctionPoint point) throws InappropriateFunctionPointException;
}
```

Создана единая архитектура с интерфейсом `TabulatedFunction`.

## Задание 7

## Тестирование работы классов

### Тестирование исключений:

1. Неверные границы - `IllegalArgumentException`
2. Недостаточное количество точек - `IllegalArgumentException`
3. Выход за границы индекса - `FunctionPointIndexOutOfBoundsException`
4. Нарушение порядка точек - `InappropriateFunctionPointException`
5. Дублирование X координаты - `InappropriateFunctionPointException`
6. Удаление при минимальном количестве точек – `IllegalStateException`

### Выход программы:

```
== ТЕСТИРОВАНИЕ ARRAY TABULATED FUNCTION ==
```

```
ArrayTabulatedFunction создана успешно!
```

```
Границы: [0.0, 5.0]
```

```
Количество точек: 6
```

```
-- ДЕТАЛЬНАЯ ДЕМОНСТРАЦИЯ РАБОТЫ ARRAY --
```

#### 1. НАЧАЛЬНОЕ СОСТОЯНИЕ ФУНКЦИИ:

Таблица функции:

Все точки функции:

Индекс 0: X = 0,000, Y = 0,000

Индекс 1: X = 1,000, Y = 1,000

Индекс 2: X = 2,000, Y = 4,000

Индекс 3: X = 3,000, Y = 9,000

Индекс 4: X = 4,000, Y = 16,000

Индекс 5: X = 5,000, Y = 25,000

Всего точек: 6

Границы: [0.0, 5.0]

#### 2. ДОБАВЛЕНИЕ ТОЧКИ (2.5, 6.25):

## ФУНКЦИЯ ДО добавления:

Таблица функции:

Все точки функции:

Индекс 0: X = 0,000, Y = 0,000

Индекс 1: X = 1,000, Y = 1,000

Индекс 2: X = 2,000, Y = 4,000

Индекс 3: X = 3,000, Y = 9,000

Индекс 4: X = 4,000, Y = 16,000

Индекс 5: X = 5,000, Y = 25,000

Всего точек: 6

Границы: [0.0, 5.0]

## ФУНКЦИЯ ПОСЛЕ добавления:

Таблица функции:

Все точки функции:

Индекс 0: X = 0,000, Y = 0,000

Индекс 1: X = 1,000, Y = 1,000

Индекс 2: X = 2,000, Y = 4,000

Индекс 3: X = 2,500, Y = 6,250

Индекс 4: X = 3,000, Y = 9,000

Индекс 5: X = 4,000, Y = 16,000

Индекс 6: X = 5,000, Y = 25,000

Всего точек: 7

Границы: [0.0, 5.0]

## 3. ИЗМЕНЕНИЕ ТОЧКИ [2]:

### ФУНКЦИЯ ДО изменения:

Таблица функции:

Все точки функции:

Индекс 0: X = 0,000, Y = 0,000

Индекс 1: X = 1,000, Y = 1,000

Индекс 2: X = 2,000, Y = 4,000

Индекс 3: X = 2,500, Y = 6,250

Индекс 4: X = 3,000, Y = 9,000

Индекс 5: X = 4,000, Y = 16,000

Индекс 6: X = 5,000, Y = 25,000

Всего точек: 7

Границы: [0.0, 5.0]

ФУНКЦИЯ ПОСЛЕ изменения:

Таблица функции:

Все точки функции:

Индекс 0: X = 0,000, Y = 0,000

Индекс 1: X = 1,000, Y = 1,000

Индекс 2: X = 2,000, Y = 10,000

Индекс 3: X = 2,500, Y = 6,250

Индекс 4: X = 3,000, Y = 9,000

Индекс 5: X = 4,000, Y = 16,000

Индекс 6: X = 5,000, Y = 25,000

Всего точек: 7

Границы: [0.0, 5.0]

4. ИЗМЕНЕНИЕ КООРДИНАТЫ Y ТОЧКИ [1]:

ФУНКЦИЯ ДО изменения:

Таблица функции:

Все точки функции:

Индекс 0: X = 0,000, Y = 0,000

Индекс 1: X = 1,000, Y = 1,000

Индекс 2: X = 2,000, Y = 10,000

Индекс 3: X = 2,500, Y = 6,250

Индекс 4: X = 3,000, Y = 9,000

Индекс 5: X = 4,000, Y = 16,000

Индекс 6: X = 5,000, Y = 25,000

Всего точек: 7

Границы: [0.0, 5.0]

ФУНКЦИЯ ПОСЛЕ изменения:

Таблица функции:

Все точки функции:

Индекс 0: X = 0,000, Y = 0,000

Индекс 1: X = 1,000, Y = 2,000

Индекс 2: X = 2,000, Y = 10,000

Индекс 3: X = 2,500, Y = 6,250

Индекс 4: X = 3,000, Y = 9,000

Индекс 5: X = 4,000, Y = 16,000

Индекс 6: X = 5,000, Y = 25,000

Всего точек: 7

Границы: [0.0, 5.0]

5. УДАЛЕНИЕ ТОЧКИ [2]:

ФУНКЦИЯ ДО удаления:

Таблица функции:

Все точки функции:

Индекс 0: X = 0,000, Y = 0,000

Индекс 1: X = 1,000, Y = 2,000

Индекс 2: X = 2,000, Y = 10,000

Индекс 3: X = 2,500, Y = 6,250

Индекс 4: X = 3,000, Y = 9,000

Индекс 5: X = 4,000, Y = 16,000

Индекс 6: X = 5,000, Y = 25,000

Всего точек: 7

Границы: [0.0, 5.0]

ФУНКЦИЯ ПОСЛЕ удаления:

Таблица функции:

Все точки функции:

Индекс 0: X = 0,000, Y = 0,000

Индекс 1: X = 1,000, Y = 2,000

Индекс 2: X = 2,500, Y = 6,250

Индекс 3: X = 3,000, Y = 9,000

Индекс 4: X = 4,000, Y = 16,000

Индекс 5: X = 5,000, Y = 25,000

Всего точек: 6

Границы: [0.0, 5.0]

## 6. ВЫЧИСЛЕНИЕ ЗНАЧЕНИЙ ФУНКЦИИ:

Вычисленные значения:

$f(0,500) = 1,000$

$f(1,500) = 3,417$

$f(2,500) = 6,250$

$f(3,500) = 12,500$

$f(4,500) = 20,500$

==== ТЕСТИРОВАНИЕ LINKED LIST TABULATED FUNCTION ===

LinkedListTabulatedFunction создана успешно!

Границы: [0.0, 5.0]

Количество точек: 6

--- ДЕТАЛЬНАЯ ДЕМОНСТРАЦИЯ РАБОТЫ LINKEDLIST ---

## 1. НАЧАЛЬНОЕ СОСТОЯНИЕ ФУНКЦИИ:

Таблица функции:

Все точки функции:

Индекс 0: X = 0,000, Y = 0,000

Индекс 1: X = 1,000, Y = 1,000

Индекс 2: X = 2,000, Y = 4,000

Индекс 3: X = 3,000, Y = 9,000

Индекс 4: X = 4,000, Y = 16,000

Индекс 5: X = 5,000, Y = 25,000

Всего точек: 6

Границы: [0.0, 5.0]

## 2. ДОБАВЛЕНИЕ ТОЧКИ (2.5, 6.25):

ФУНКЦИЯ ДО добавления:

Таблица функции:

Все точки функции:

Индекс 0: X = 0,000, Y = 0,000

Индекс 1: X = 1,000, Y = 1,000

Индекс 2: X = 2,000, Y = 4,000

Индекс 3: X = 3,000, Y = 9,000

Индекс 4: X = 4,000, Y = 16,000

Индекс 5: X = 5,000, Y = 25,000

Всего точек: 6

Границы: [0.0, 5.0]

ФУНКЦИЯ ПОСЛЕ добавления:

Таблица функции:

Все точки функции:

Индекс 0: X = 0,000, Y = 0,000

Индекс 1: X = 1,000, Y = 1,000

Индекс 2: X = 2,000, Y = 4,000

Индекс 3: X = 2,500, Y = 6,250

Индекс 4: X = 3,000, Y = 9,000

Индекс 5: X = 4,000, Y = 16,000

Индекс 6: X = 5,000, Y = 25,000

Всего точек: 7

Границы: [0.0, 5.0]

### 3. ИЗМЕНЕНИЕ ТОЧКИ [2]:

ФУНКЦИЯ ДО изменения:

Таблица функции:

Все точки функции:

Индекс 0: X = 0,000, Y = 0,000

Индекс 1: X = 1,000, Y = 1,000

Индекс 2: X = 2,000, Y = 4,000

Индекс 3: X = 2,500, Y = 6,250

Индекс 4: X = 3,000, Y = 9,000

Индекс 5: X = 4,000, Y = 16,000

Индекс 6: X = 5,000, Y = 25,000

Всего точек: 7

Границы: [0.0, 5.0]

ФУНКЦИЯ ПОСЛЕ изменения:

Таблица функции:

Все точки функции:

Индекс 0: X = 0,000, Y = 0,000

Индекс 1: X = 1,000, Y = 1,000

Индекс 2: X = 2,000, Y = 10,000

Индекс 3: X = 2,500, Y = 6,250

Индекс 4: X = 3,000, Y = 9,000

Индекс 5: X = 4,000, Y = 16,000

Индекс 6: X = 5,000, Y = 25,000

Всего точек: 7

Границы: [0.0, 5.0]

#### 4. ИЗМЕНЕНИЕ КООРДИНАТЫ Y ТОЧКИ [1]:

ФУНКЦИЯ ДО изменения:

Таблица функции:

Все точки функции:

Индекс 0: X = 0,000, Y = 0,000

Индекс 1: X = 1,000, Y = 1,000

Индекс 2: X = 2,000, Y = 10,000

Индекс 3: X = 2,500, Y = 6,250

Индекс 4: X = 3,000, Y = 9,000

Индекс 5: X = 4,000, Y = 16,000

Индекс 6: X = 5,000, Y = 25,000

Всего точек: 7

Границы: [0.0, 5.0]

ФУНКЦИЯ ПОСЛЕ изменения:

Таблица функции:

Все точки функции:

Индекс 0: X = 0,000, Y = 0,000

Индекс 1: X = 1,000, Y = 2,000

Индекс 2: X = 2,000, Y = 10,000

Индекс 3: X = 2,500, Y = 6,250

Индекс 4: X = 3,000, Y = 9,000

Индекс 5: X = 4,000, Y = 16,000

Индекс 6: X = 5,000, Y = 25,000

Всего точек: 7

Границы: [0.0, 5.0]

## 5. УДАЛЕНИЕ ТОЧКИ [2]:

ФУНКЦИЯ ДО удаления:

Таблица функции:

Все точки функции:

Индекс 0: X = 0,000, Y = 0,000

Индекс 1: X = 1,000, Y = 2,000

Индекс 2: X = 2,000, Y = 10,000

Индекс 3: X = 2,500, Y = 6,250

Индекс 4: X = 3,000, Y = 9,000

Индекс 5: X = 4,000, Y = 16,000

Индекс 6: X = 5,000, Y = 25,000

Всего точек: 7

Границы: [0.0, 5.0]

ФУНКЦИЯ ПОСЛЕ удаления:

Таблица функции:

Все точки функции:

Индекс 0: X = 0,000, Y = 0,000

Индекс 1: X = 1,000, Y = 2,000

Индекс 2: X = 2,500, Y = 6,250

Индекс 3: X = 3,000, Y = 9,000

Индекс 4: X = 4,000, Y = 16,000

Индекс 5: X = 5,000, Y = 25,000

Всего точек: 6

Границы: [0.0, 5.0]

## 6. ВЫЧИСЛЕНИЕ ЗНАЧЕНИЙ ФУНКЦИИ:

Вычисленные значения:

$f(0,500) = 1,000$   
 $f(1,500) = 3,417$   
 $f(2,500) = 6,250$   
 $f(3,500) = 12,500$   
 $f(4,500) = 20,500$

### ==== ТЕСТИРОВАНИЕ ИСКЛЮЧЕНИЙ ===

#### 1. Тест неверных границ:

Поймано исключение: Левая граница должна быть меньше правой

#### 2. Тест недостаточного количества точек:

Поймано исключение: Количество точек должно быть не менее 2

#### 3. Тест выхода за границы индекса:

Поймано исключение: Индекс 10 вне границ [0, 2]

#### 4. Тест нарушения порядка точек:

Поймано исключение: X координата должна быть меньше следующей точки

#### 5. Тест дублирования X координаты:

Поймано исключение: Точка с X=1.0 уже существует

#### 6. Тест удаления при минимальном количестве точек:

Поймано исключение: Нельзя удалить точку: минимальное количество точек – 3

Все классы работают корректно, исключения обрабатываются правильно.

## Выводы

### 1. Успешное освоение обработки исключений

В ходе работы были изучены и применены на практике различные типы исключений Java. Созданы пользовательские классы исключений, корректно интегрированные в иерархию стандартных исключений Java. Это позволило реализовать надежную систему обработки ошибок в классах работы с функциями.

### 2. Реализация двух различных структур данных

Были успешно разработаны две альтернативные реализации табулированных функций:

- `ArrayTabulatedFunction` - на основе массива (модифицированная версия из предыдущей работы)
- `LinkedListTabulatedFunction` - на основе двусвязного циклического списка

Обе реализации демонстрируют различные подходы к хранению и обработке данных, что расширяет понимание структур данных.

### 3. Создание гибкой архитектуры с использованием интерфейсов

Разработан интерфейс `TabulatedFunction`, который обеспечивает:

- Единый контракт для различных реализаций
- Возможность легкой замены реализации
- Соблюдение принципов объектно-ориентированного программирования

### 4. Оптимизация доступа к элементам списка

В `LinkedListTabulatedFunction` реализована эффективная система доступа к элементам через механизм кэширования последнего доступного узла, что значительно улучшает производительность при последовательном доступе.

### 5. Корректная работа с вещественными числами

Во всех классах реализовано корректное сравнение вещественных чисел через машинный эпсилон, что исключает ошибки округления и обеспечивает надежную работу с числами с плавающей точкой.

Практическая значимость

Полученные навыки:

- Работа с пользовательскими исключениями
- Реализация сложных структур данных (двусвязные списки)
- Принципы инкапсуляции и сокрытия реализации
- Оптимизация алгоритмов доступа
- Создание и использование интерфейсов

Проверка корректности:

Все разработанные классы прошли комплексное тестирование, включая:

- Тестирование нормальной работы
- Тестирование граничных случаев

- Тестирование обработки исключений
- Сравнительный анализ двух реализаций

## Заключение

Лабораторная работа успешно завершена. Все поставленные задачи выполнены в полном объеме. Созданный программный комплекс демонстрирует корректную работу, надежную обработку ошибок и гибкую архитектуру, позволяющую легко расширять функциональность в будущем.

Разработанные классы могут быть использованы в дальнейшем для решения задач численного анализа, интерполяции функций и других математических вычислений, требующих работы с табулированными данными.