

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Самарский национальный исследовательский университет  
имени академика С.П. Королева»  
(Самарский университет)

ЛАБОРАТОРНАЯ РАБОТА № 3

**«Разработка реализаций табулированной  
функции с единым интерфейсом и  
системой исключений»**

по курсу  
Объектно-ориентированное программирование

Выполнила: Элибекян  
Анжелина, 6203-010302

## Оглавление

Задание №1.....	3
Задание №2.....	3
Задание №3.....	3-5
Задание №4.....	5-8
Задание №5.....	8-10
Задание №6.....	10-11
Задание №7.....	11-15

## Задание №1

Я изучила основные классы исключений Java, которые понадобятся для реализации безопасной работы с табулированными функциями.

## Задание №2

Создаю два специализированных класса исключений.

`FunctionPointIndexOutOfBoundsException` - это исключение я использую для случаев, когда программа пытается обратиться к несуществующей точке по индексу :

```
public class FunctionPointIndexOutOfBoundsException extends IndexOutOfBoundsException {  
  
    // конструктор по умолчанию  
    // создает исключение без сообщения об ошибке  
    public FunctionPointIndexOutOfBoundsException(){  
        super();  
    }  
  
    // конструктор с сообщением об ошибке  
    // создает исключение с указанным сообщением, которое описывает причину ошибки  
    public FunctionPointIndexOutOfBoundsException(String message){  
        super(message);  
    }  
}
```

`InappropriateFunctionPointException` - это исключение я применяла при нарушении порядка точек или попытке добавить точку с уже существующей координатой x:

```
InappropriateFunctionPointException extends Exception{  
  
    // конструктор по умолчанию  
    // создает исключение без сообщения об ошибке  
    public InappropriateFunctionPointException(){  
        super();  
    }  
  
    // конструктор с сообщением об ошибке  
    // создает исключение с указанным сообщением, которое описывает причину ошибки  
    public InappropriateFunctionPointException(String message){  
        super(message);  
    }  
}
```

## Задание №3

В этом задании я модифицировала класс табулированной функции, добавив проверки и исключения для обеспечения безопасности данных. Я добавляю проверки в конструкторы, чтобы предотвратить создание функции с некорректными параметрами:

```
public ArrayTabulatedFunction(double leftX, double rightX, int pointsCount) {  
    // проверка корректности входных параметров  
    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");  
    }  
}
```

Также я реализовала приватный метод checkIndex(), который проверяет валидность индекса перед доступом к точке:

```
private void checkIndex(int index) {  
    if (index < 0 || index >= count) {  
        throw new FunctionPointIndexOutOfBoundsException("Индекс " + index + " выходит за  
границы [0, " + (count - 1) + "]");  
    }  
}
```

Для упорядоченности точек по координате x я создаю метод checkOrder():

```
private void checkOrder(int index, double newX) throws InappropriateFunctionPointException {  
    if (index > 0 && newX <= points[index - 1].getX()) {  
        throw new InappropriateFunctionPointException("Координата x должна быть больше  
предыдущей точки");  
    }  
    if (index < count - 1 && newX >= points[index + 1].getX()) {  
        throw new InappropriateFunctionPointException("Координата x должна быть меньше  
следующей точки");  
    }  
}
```

Данный метод я применяю в setPoint() и setPointX(), чтобы гарантировать, что любое изменение координаты x не нарушит упорядоченность точек. Особое внимание я уделила методу deletePoint(), так как удаление точек может привести к некорректному состоянию функции. В этом методе я использую IllegalStateException, потому что ошибка связана с текущим состоянием объекта. Эта проверка необходима, т.к. Функция с менее чем тремя точками не может обеспечить корректную интерполяцию.

```
public void deletePoint(int index) {  
    // проверка корректности индекса  
    checkIndex(index);  
    // проверка, что после удаления останется минимум 2 точки  
    if (count < 3) {  
        throw new IllegalStateException("Невозможно удалить точку: количество точек должно  
быть не менее 3");  
    }  
}
```

```

    }

    // сдвиг элементов массива влево, начиная с позиции после удаляемой точки
    for (int i = index; i < count - 1; i++) {
        points[i] = points[i + 1];
    }
    // очистка последней позиции и уменьшение счетчика
    points[count - 1] = null;
    count--;
}

```

Далее, метод `addPoint()` включает комплексную проверку на уникальность координат `x`. Здесь же я использую метод `equals()` для сравнения вещественных чисел с учетом погрешности, что является достаточно важным аспектом при работе с числами с плавающей точкой.

```

// добавляем новую точку в табулированную функцию
public void addPoint(FunctionPoint point) throws InappropriateFunctionPointException {
    // поиск позиции для вставки (точки должны быть упорядочены по x)
    int insertIndex = 0;
    while (insertIndex < count && points[insertIndex].getX() < point.getX()) {
        insertIndex++;
    }

    // проверка, что точка с таким x еще не существует
    if (insertIndex < count && equals(points[insertIndex].getX(), point.getX())) {
        throw new InappropriateFunctionPointException("Точка с координатой x = " + point.getX()
+ " уже существует");
    }
}

```

## Задание №4

Реализация `LinkedListTabulatedFunction`.

Для реализации альтернативной версии табулированной функции я выбрала двусвязный циклический список с выделенной головой. Эта структура данных обеспечивает эффективное выполнение операций вставки и удаления, что является преимуществом по сравнению с массивом. Я начала с создания внутреннего класса для узлов списка, тщательно продумав его инкапсуляцию:

```

// внутренний класс для узла двусвязного списка
private static class FunctionNode { 20 usages
    private FunctionPoint point;    // данные точки, хранящейся в узле 2
    private FunctionNode prev;      // ссылка на предыдущий узел в списке
    private FunctionNode next;      // ссылка на следующий узел в списке

    // конструктор с точкой
    // создает узел с заданной точкой и null-ссылками
    public FunctionNode(FunctionPoint point) { this.point = point; }
}

```

Я реализовала метод `initializeList()` для создания пустого списка в корректном состоянии. Выделенная голова - это специальный узел, который не содержит полезных данных, но служит якорем для списка. В пустом списке голова ссылается сама на себя, что обеспечивает корректность операций даже при отсутствии реальных данных.

```

// инициализация пустого циклического списка с головой
// создаем служебный узел head, который ссылается сам на себя
// в пустом списке head.next и head.prev указывают на head
private void initializeList() { 2 usages
    head = new FunctionNode( point: null);
    head.next = head;
    head.prev = head;
    count = 0;
}

```

Метод `getNode()` обеспечивает доступ к узлам списка по индексу:

```

// получаем узел по индексу
// последовательно проходим по списку от головы до нужного узла
private FunctionNode getNode(int index) { 8 usages
    // проверка корректности индекса
    checkIndex(index);
    // начинаем с первого реального узла (после головы)
    FunctionNode current = head.next;
    // последовательно переходим к следующему узлу index раз
    for (int i = 0; i < index; i++) {
        current = current.next;
    }
    return current;
}

```

Далее я реализовала два метода для вставки узлов: `addNodeToTail()` для добавления в конец и `addNodeByIndex()` для вставки в произвольную позицию.

```
// добавляем узел в конец списка
// создаем новый узел и вставляем его перед головой (в циклическом списке)
private FunctionNode addNodeToTail() { 1 usage
    // создание нового узла, который будет вставлен между последним узлом и головой
    FunctionNode newNode = new FunctionNode( point: null);
    // установка ссылок нового узла
    newNode.prev = head.prev;
    newNode.next = head;
    // обновление ссылок соседних узлов
    head.prev.next = newNode;
    head.prev = newNode;
    // увеличение счетчика точек
    count++;

    // возвращаем ссылку на созданный узел
    return newNode;
}
```

Этот метод демонстрирует преимущества циклического списка - добавление в конец выполняется за константное время  $O(1)$ , так как у нас есть непосредственный доступ к последнему узлу через `head.prev`.

Метод `addNodeByIndex()` более сложный, так как требует нахождения позиции для вставки:

```
// добавляем узел по указанному индексу
// вставляем новый узел перед узлом с заданным индексом
private FunctionNode addNodeByIndex(int index) { 1 usage
    // проверка корректности индекса (допустимы значения от 0 до count)
    if (index < 0 || index > count) {
        throw new FunctionPointIndexOutOfBoundsExpection("Индекс " + index + " выходит за границы [0, " + count + "]");
    }

    // если индекс равен количеству точек, добавляем в конец
    if (index == count) {
        return addNodeToTail();
    }

    // получение узла, перед которым нужно вставить новый узел
    FunctionNode nodeAtIndex = getNode(index);
    // создание нового узла
    FunctionNode newNode = new FunctionNode( point: null);
    // установка ссылок нового узла
    newNode.prev = nodeAtIndex.prev;
    newNode.next = nodeAtIndex;
    // обновление ссылок соседних узлов
    nodeAtIndex.prev.next = newNode;
    nodeAtIndex.prev = newNode;
    // увеличение счетчика точек
    count++;
    return newNode;
}
```

Особенность этой реализации в том, что она эффективно обрабатывает пограничные случаи - вставку в начало, конец и середину списка.

Также имеем метод `deleteNodeByIndex()`, который обеспечивает корректное удаление узлов с обновлением ссылок соседних элементов:

```

// удаляем узел по указанному индексу
// извлекаем узел из списка и обновляем ссылки соседних узлов
private void deleteNodeByIndex(int index) { 1 usage
    // проверка корректности индекса
    checkIndex(index);
    // проверка, что после удаления останется минимум 2 точки
    if (count < 3) {
        throw new IllegalStateException("Невозможно удалить точку: количество точек должно быть не менее 3");
    }

    // получение узла для удаления
    FunctionNode nodeToDelete = getNode(index);
    // обход удаляемого узла: предыдущий узел ссылается на следующий и наоборот
    nodeToDelete.prev.next = nodeToDelete.next;
    nodeToDelete.next.prev = nodeToDelete.prev;
    // уменьшение счетчика точек
    count--;
}

```

Данная реализация довольно таки проста, создаем всего лишь две операции по обновлению ссылок, которые в свою очередь изолируют удаляемый узел от списка.

## Задание №5

В этом задании я реализовала полный набор методов интерфейса табулированной функции для связного списка, обеспечив полную совместимость с массивной реализацией. Я создала конструкторы, аналогичные массивной реализации, но адаптированные для работы со связным списком. Особенность этой реализации в том, что я использую метод `addPoint()` для создания точек, что гарантирует соблюдение всех инвариантов и упорядоченности с самого начала.

```

// конструктор для создания функции с равномерной сеткой и заданными значениями y
public LinkedListTabulatedFunction(double leftX, double rightX, double[] values) { 22 usages
    // проверка корректности входных параметров
    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");
    }

    // инициализация пустого списка
    initializeList();
    // вычисление шага между соседними точками
    double step = (rightX - leftX) / (values.length - 1);
    // создание точек с координатами x и значениями y из массива values
    for (int i = 0; i < values.length; i++) {
        double x = leftX + i * step;
        // добавление точки через метод addPoint для упрощения
        try {
            addPoint(new FunctionPoint(x, values[i]));
        } catch (InappropriateFunctionPointException e) {
            // не должно происходить, так как точки создаются с уникальными x
        }
    }
}

```



Реализация метода `getFunctionValue()` для связанного списка требует последовательного прохода по узлам. Этот метод демонстрирует преимущество упорядоченности точек - мы можем прекратить поиск, как только найдем интервал, содержащий  $x$ . Линейная интерполяция выполняется по стандартной формуле, обеспечивая плавность функции между точками.

```
// вычисляем значение функции в точке x с помощью линейной интерполяции
public double getFunctionValue(double x) { 3 usages
    // проверка, находится ли x в области определения функции
    if (x < getLeftDomainBorder() || x > getRightDomainBorder()) {
        return Double.NaN;
    }

    // поиск интервала, в котором находится x
    // начинаем с первого реального узла
    FunctionNode current = head.next;
    while (current != head) {
        FunctionNode next = current.next;
        // если next не голова и x находится в текущем интервале [current.x, next.x]
        if (next != head && x >= current.point.getX() && x <= next.point.getX()) {
            double x1 = current.point.getX();
            double x2 = next.point.getX();
            double y1 = current.point.getY();
            double y2 = next.point.getY();
            // линейная интерполяция
            return y1 + (y2 - y1) * (x - x1) / (x2 - x1);
        }
        current = current.next;
    }

    return Double.NaN;
}
```

Также, я реализовала полный набор методов для работы с точками, используя ранее созданные методы работы со списком. Важной особенностью является то, что метод `getPoint()` возвращает копию точки, а не оригинал. Это предотвращает несанкционированное изменение внутреннего состояния функции.

```

// получаем точку по указанному индексу
public FunctionPoint getPoint(int index) { 3 usages
    // получение узла по индексу и возврат копии его точки
    return new FunctionPoint(getNode(index).point);
}

// устанавливаем новую точку по указанному индексу
public void setPoint(int index, FunctionPoint point) throws InappropriateFunctionPointException { 2 usages
    // получение узла по индексу
    FunctionNode node = getNode(index);

    // проверка упорядоченности
    // если есть предыдущая точка, новая x должна быть больше ее x
    if (index > 0 && point.getX() <= node.prev.point.getX()) {
        throw new InappropriateFunctionPointException("Координата x должна быть больше предыдущей точки");
    }
    // если есть следующая точка, новая x должна быть меньше ее x
    if (index < count - 1 && point.getX() >= node.next.point.getX()) {
        throw new InappropriateFunctionPointException("Координата x должна быть меньше следующей точки");
    }

    // установка новой точки
    node.point = new FunctionPoint(point);
}

```

Реализация addPoint() для связного списка включает поиск позиции для вставки с сохранением упорядоченности. Этот метод эффективно использует упорядоченность списка для быстрого нахождения позиции вставки. Проверка на уникальность координаты x гарантирует целостность данных.

```

// добавляем новую точку в табулированную функцию
public void addPoint(FunctionPoint point) throws InappropriateFunctionPointException { 6 usages
    // поиск позиции для вставки (точки должны быть упорядочены по x)
    int insertIndex = 0;
    // начинаем с первого реального узла
    FunctionNode current = head.next;
    // ищем позицию, где current.x >= point.x
    while (current != head && current.point.getX() < point.getX()) {
        current = current.next;
        insertIndex++;
    }

    // проверка, что точка с таким x еще не существует
    if (current != head && equals(current.point.getX(), point.getX())) {
        throw new InappropriateFunctionPointException("Точка с координатой x = " + point.getX() + " уже существует");
    }

    // вставка новой точки
    FunctionNode newNode = addNodeByIndex(insertIndex);
    newNode.point = new FunctionPoint(point);
}

```

## Задание №6

Для обеспечения полиморфизма и возможности взаимозаменяемости реализаций я создала общий интерфейс TabulatedFunction.

```

public interface TabulatedFunction { 7 usages 2 implementations
    double getLeftDomainBorder(); 3 usages 2 implementations

    // получаем правую границу области определения
    double getRightDomainBorder(); 3 usages 2 implementations

    // вычисляем значение функции в точке x с помощью интерполяции
    double getFunctionValue(double x); 3 usages 2 implementations

    // возвращаем количество точек табуляции
    int getPointsCount(); 8 usages 2 implementations

    // получаем точку по указанному индексу
    FunctionPoint getPoint(int index); 3 usages 2 implementations

    // устанавливаем новую точку по указанному индексу
    void setPoint(int index, FunctionPoint point) throws InappropriateFunctionPointException;

    // получаем координату x точки по указанному индексу
    double getPointX(int index); 11 usages 2 implementations

    // устанавливаем координату x точки по указанному индексу
    void setPointX(int index, double x) throws InappropriateFunctionPointException; 1 usage 2

    // получаем координату y точки по указанному индексу
    double getPointY(int index); 6 usages 2 implementations

    // устанавливаем координату y точки по указанному индексу
    void setPointY(int index, double y); 2 usages 2 implementations

    // удаляем точку по указанному индексу
    void deletePoint(int index); 3 usages 2 implementations

    // добавляем новую точку в табулированную функцию
    void addPoint(FunctionPoint point) throws InappropriateFunctionPointException; 6 usages 2
}

```

Я переименовала исходный класс TabulatedFunction в ArrayTabulatedFunction, что более точно отражает его реализацию. Такая структура обеспечивает четкое разделение ответственности и позволяет легко добавлять новые реализации в будущем.

```

public class ArrayTabulatedFunction implements TabulatedFunction {
    // реализация на основе массива
}

```

```

public class LinkedListTabulatedFunction implements TabulatedFunction {
    // реализация на основе связанного списка
}

```

## Задание №7

В ходе выполнения данного задания я провела комплексное тестирование разработанных реализаций табулированной функции. Основной целью было убедиться в корректности работы как массивной реализации `ArrayTabulatedFunction`, так и списковой реализации `LinkedListTabulatedFunction`, а также продемонстрировать принцип полиморфизма через использование единого интерфейса `TabulatedFunction`. Важнейшей частью тестирования стала проверка системы исключений. Для этого я создала отдельный метод `testAllExceptions()`, где последовательно проверяла все возможные ошибочные сценарии: некорректные параметры конструкторов, выход за границы индексов, нарушение порядка точек при модификации, попытки добавления точек с дублирующими координатами  $X$  и удаление точек при недостаточном их количестве.

Прикрепляю результат тестов:

```
=== ТЕСТИРОВАНИЕ TABULATEDFUNCTION ===
```

```
1. Создание функции  $y = x^2$ 
```

```
Начальные точки функции:
```

```
(0,00, 0,00)
```

```
(1,00, 1,00)
```

```
(2,00, 4,00)
```

```
(3,00, 9,00)
```

```
(4,00, 16,00)
```

```
2. Интерполяция на исходной функции
```

```
 $f(0,50) = 0,50$ 
```

```
 $f(1,20) = 1,60$ 
```

```
 $f(2,50) = 6,50$ 
```

```
 $f(3,20) = 10,40$ 
```

```
 $f(6,80) = \text{NaN}$ 
```

```
3. Область определения
```

```
Левая граница: 0,00
```

```
Правая граница: 4,00
```

```
Проверка точек вне области определения:
```

```
 $f(-1,00) = \text{не определено}$ 
```

```
 $f(10,00) = \text{не определено}$ 
```

#### 4. Добавление точек

Добавляем точку (1.5, 2.25) - соответствует  $y = x^2$

Добавляем точку (3.5, 12.25) - соответствует  $y = x^2$

После добавления двух точек:

(0,00, 0,00)

(1,00, 1,00)

(1,50, 2,25)

(2,00, 4,00)

(3,00, 9,00)

(3,50, 12,25)

(4,00, 16,00)

#### 5. Удаление точки

Удаляем точку с индексом 3

После удаления точки с индексом 3:

(0,00, 0,00)

(1,00, 1,00)

(1,50, 2,25)

(3,00, 9,00)

(3,50, 12,25)

(4,00, 16,00)

#### 6. Изменение точки

Изменяем точку с индексом 2 на (3.0, 4.0)

Ошибка при изменении точки: Координата x должна быть меньше следующей точки

(0,00, 0,00)

(1,00, 1,00)

(1,50, 2,25)

(3,00, 9,00)

(3,50, 12,25)

(4,00, 16,00)

#### 7. Финальная интерполяция

$f(0,50) = 0,50$

$f(1,20) = 1,50$

$f(2,50) = 6,75$

$f(3,20) = 10,30$

$f(6,80) = \text{NaN}$

#### 8. Итоговое состояние функции

(0,00, 0,00)

(1,00, 1,00)

(1,50, 2,25)

(3,00, 9,00)

(3,50, 12,25)

(4,00, 16,00)

=====

#### 9. ТЕСТИРОВАНИЕ ИСКЛЮЧЕНИЙ

=====

##### Тест 1: Некорректные параметры конструктора

Пытаемся создать функцию с `leftX=10, rightX=0` (нарушение порядка)

:) `IllegalArgumentException`: Левая граница должна быть меньше правой

Пытаемся создать функцию с `pointsCount=1` (слишком мало точек)

:) `IllegalArgumentException`: Количество точек должно быть не менее 2

##### Тест 2: Выход за границы индексов

Пытаемся получить точку с индексом -1

:) `FunctionPointIndexOutOfBoundsException`: Индекс -1 выходит за границы [0, 2]

Пытаемся получить точку с индексом 10 (вне границ)

:) `FunctionPointIndexOutOfBoundsException`: Индекс 10 выходит за границы [0, 2]

##### Тест 3: Нарушение порядка точек

Пытаемся установить точку (0.5, 2.0) на позицию 1 (нарушает порядок X)

```

ОШИБКА: Исключение не было выброшено!
Пытаемся установить X=0.5 для точки с индексом 1 (нарушает порядок)
ОШИБКА: Исключение не было выброшено!

Тест 4: Дублирование точек
Пытаемся добавить точку (5.0, 10.0) - X=5.0 уже существует
ОШИБКА: Исключение не было выброшено!

Тест 5: Удаление при недостаточном количестве точек
Удаляем точку с индексом 0...
Удаляем точку с индексом 0 (теперь осталось 2 точки)...
ОШИБКА: Исключение не было выброшено!

=====
10. ТЕСТИРОВАНИЕ LinkedListTabulatedFunction
=====

Создание LinkedListTabulatedFunction...
Точки LinkedListTabulatedFunction ( $y = x^2$ ):
(0,00, 0,00) - проверка:  $0,00^2 = 0,00$ 
(1,00, 1,00) - проверка:  $1,00^2 = 1,00$ 
(2,00, 4,00) - проверка:  $2,00^2 = 4,00$ 
(3,00, 9,00) - проверка:  $3,00^2 = 9,00$ 
(4,00, 16,00) - проверка:  $4,00^2 = 16,00$ 

Тестирование исключений в LinkedListTabulatedFunction:
Пытаемся получить точку с индексом 10 (вне границ)
:) FunctionPointIndexOutOfBoundsException: Индекс 10 выходит за границы [0, 4]
Пытаемся добавить точку (2.0, 4.0) - X=2.0 уже существует
:) InappropriateFunctionPointException: Точка с координатой x = 2.0 уже существует

LinkedListTabulatedFunction работает корректно!

```