

**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**  
**САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ**  
**ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ**  
**«ЛЭТИ» ИМ. В.И. УЛЬЯНОВА (ЛЕНИНА)**  
**Кафедра МО ЭВМ**

**ОТЧЕТ**  
**по лабораторной работе №5**  
**по дисциплине «Алгоритмы и структуры данных»**  
**Тема: Бинарное дерево поиска**

Студент гр. 9382

Сорокумов С. В.

Преподаватель

Фирсов М. А.

Санкт-Петербург

2020

## **Цель работы.**

Изучить бинарное дерево поиска. Решить задачу реализации бинарного дерева поиска с рандомизацией на C++.

## **Задание.**

Вариант 10. Бинарное дерево поиска с рандомизацией, задание 1+2а:

1) По заданной последовательности элементов Elem построить структуру данных определённого типа – БДП или хеш-таблицу;

2а) Для построенной структуры данных проверить, входит ли в неё элемент e типа Elem, и если входит, то в скольких экземплярах. Добавить элемент e в структуру данных. Предусмотреть возможность повторного выполнения с другим элементом.

## **Пояснение задания.**

На вход программе подаётся файл со случайной последовательностью символов (ASCII). Требуется: построить случайное БДП с рандомизацией, для построенного БДП проверить, входит ли в него элемент e типа Elem, если входит, то вывести количество элементов в дереве, если не входит, то добавить элемент e в дерево поиска. А также нужно предусмотреть добавление элементов.

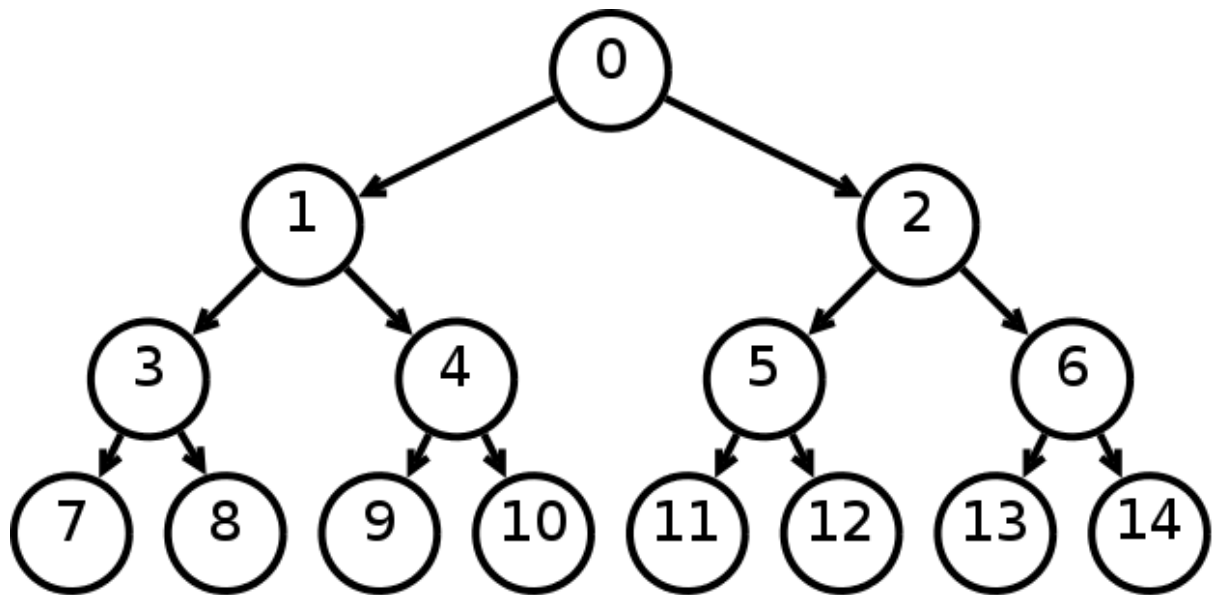
## **Основные теоретические положения.**

Бинарное дерево поиска (БДП) — это бинарное дерево, для которого выполняются следующие дополнительные условия (свойства дерева поиска):

- Оба поддерева — левое и правое — являются БДП.

- У всех узлов левого поддерева произвольного узла X значения ключей данных меньше, нежели значение ключа данных самого узла X.

- У всех узлов правого поддерева произвольного узла X значения ключей данных больше либо равны, нежели значение ключа данных самого узла X. Пример БДП представлен на рис. 1.



**Рис 1 - Пример БДП**

При каждой операции вставки нового или удаления существующего узла отсортированный порядок дерева сохраняется

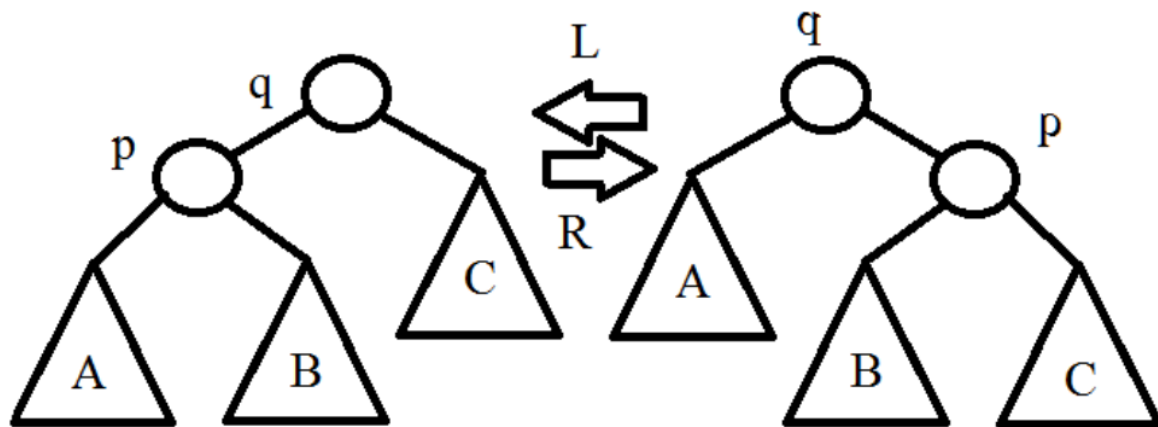
Рандомизированным бинарным деревом поиска (РБДП) называется такое БДП, в котором последовательность значений, задающая конечное, образовано случайно. Часто в реализации этого типа деревьев учитывают количество повторяющихся элементов. Для сортировки всех ключей РБДП используют обратный порядок обхода дерева (ЛКП-обход).

При поиске элемента сравнивается искомое значение с корнем. Если искомое больше корня, то поиск продолжается в правом потомке корня, если меньше, то в левом, если равно, то значение

найден и поиск прекращается. Вставка в корень происходит следующим образом:

1) Сначала рекурсивно вставляем новый ключ в корень левого или правого поддеревьев (в зависимости от результата сравнения с корневым ключом).

2) Выполняем правый (левый) поворот, который поднимает нужный нам узел в корень дерева. Алгоритм поворотов представлен на рисунке 2.



**Рис 2 - Алгоритм поворотов**

Случайная вставка в дерево включает шанс того, что следующий элемент дерева будет помещен с помощью обычной вставки в дерево или вставкой в корень.

### **Структура бинарного дерева, функции для работы с ним:**

**binSTree** - класс бинарного дерева, который хранит в себе:

info - значение ключа

count - количество вхождений элемента

number - количество узлов поддерева элемента

lt - левый потомок узла

rt - правый потомок узла

А также в нем описан конструктор, деструктор класса, метод для проверки инициализации узла.

**void rotateRight(binSTree\*&)** - вращение БДП вправо.

Принимает ссылку на указатель БДП **binSTree\*&**

**void rotateLeft(binSTree\*&)** - вращение БДП влево

Принимает ссылку на указатель БДП **binSTree\*&**

**void printBT(binSTree\*&, std::string)** - печать БДП

Принимает ссылку на указатель БДП **binSTree\*&**, а так же строку из стандартной библиотеки **std::string**

**void insertInRoot(binSTree\*&, char info)** - вставка элемента в корень БДП

Принимает ссылку на указатель БДП **binSTree\*&**, а так же элемент **char info**

**void randomInsert(binSTree\*&, char info)** - рандомизированная вставка в БДП

Принимает ссылку на указатель БДП **binSTree\*&**, а так же элемент **char info**

**int find(binSTree\*& bt, char el)** - поиск элемента в БДП

Принимает ссылку на указатель БДП **binSTree\*&**, а так же элемент **char el**

### **Описание алгоритма.**

Сначала программа запрашивает у пользователя путь до файла, в котором написана последовательность элементов из которых будет состоять дерево, а после посимвольно считывает их и вносит в дерево.

Алгоритм рандомной вставки имеет 3 варианта:

1. Вставка в корень
2. Вставка в левого потомка
3. Вставка в правого потомка

Рандомный выбор зависит от генерации в каждой итерации числа. Если остаток от деления числа на количество узлов поддерева будет равно 0, то вставка будет происходить в корень. Если поле **info** будет равно вводимому числу, то вызовется данная функция с левым потомком, в ином случае с правым.

Алгоритм поиска элемента заключается в рекурсивном проходе дерева. Сначала проверяется корень, если не равен, то вызывается рекурсивно функция с левым потомком, в ином случае с правым.

### Тестирование программы

Входные данные:	Результат
sdfghjkl3d4f5g6h7nj8mawrher	
sdfghjkl3d4f5g6h7nj8mawrher	

rtc5yutb7u9jmiumirfv	
<пустая строка>	

## Выводы.

Была изучена структура БДП, функции для работы с ней: вставка в корень, рандомизированная вставка. Решена задача реализации бинарного дерева поиска с рандомизацией на C++. Было проведено тестирование полученной программы. Исходный код представлен в Приложение А.

## ПРИЛОЖЕНИЕ А

### ИСХОДНЫЙ КОД ПРОГРАММЫ

**Файл source.cpp:**

```
#include <fstream>
#include "binSTree.h"
#include <ctime>

int main()
{
    srand(time(NULL));

    std::cout << "Write f - if reading from file, any other - if
console" << std::endl;
    char symbol;
    std::cin >> symbol;
    char elem;
    /*
```



```

        * Считывания данных из файла
        */
    binSTree* bt = nullptr;
    if (symbol == 'f'){
        std::ifstream file;
        std::string path;
        std::cout << "Enter the name of the file where the tree
will be read from" << std::endl;
        std::cin >> path;
        file.open(path);
        if (!file) {
            std::cout << "File could not be opened, program
terminated" << std::endl;
            system("pause");
            std::cout << "To continue the program, press any key
...";

            std::cin.get();
            exit(1);
        }
        std::cout << "File opened successfully, start building"
<< std::endl;
        while (file >> elem)
        {
            /*
            * Занесение данных в дерево
            */
            randomInsert(bt, elem);
        }
        printBT(bt, "");
    } else{
        /*
        * Считывание данных из стандартного потока
        */
        std::cout<< "Enter count of elem"<< std::endl;
        int count;
        std::cin >> count;
        for (int i = 0; i < count; i++)
        {
            std::cin >> elem;
            /*
            * Занесение данных в дерево
            */
            randomInsert(bt, elem);
        }
        printBT(bt, "");
    }
}

```

```

std::cout << "Which item to find?" << std::endl;

```

```

        std::cin >> elem;
        int count = find(bt, elem);
        if (count == 0) std::cout << "There is no such element in the
tree" << std::endl;
        else std::cout << "In the tree is " << count << " an instance
of the injected element" << std::endl;
        /*
        * Вызов функции вставки элемента
        */
        randomInsert(bt, elem);
        std::cout << "The tree after adding:" << std::endl;
        printBT(bt, "");
        /*
        * Работа с пользователем
        * Возможность закончить программу или продолжить работу
        */
        char isWork = '\0';
        while (isWork != 'n')
        {
            std::cout << "Do you want to continue working with the
tree? y - yes, n - end the program" << std::endl;
            std::cin >> isWork;
            if (isWork == 'y')
            {
                std::cout << "Which element to add to the tree?" <<
std::endl;

                std::cin >> elem;
                randomInsert(bt, elem);
                std::cout << "The tree after adding:" << std::endl;
                printBT(bt, "");
            }
        }
        return 0;
    }
}

```

### **Файл binSTree.h:**

```

#pragma once
#include <iostream>
#include <string>

class binSTree
{
public:
    binSTree();
    ~binSTree();
    bool isNull();

    char info;

```

```

int count, number;
binSTree* lt;
binSTree* rt;
};

БДП
int find(binSTree*& bt, char el); // Функция поиска элемента в
void printBT(binSTree*&, std::string); //Функция печати БДП
void rotateRight(binSTree*&); //Функция вращение БДП вправо
void rotateLeft(binSTree*&); //Функция вращение БДП влево
void insertInRoot(binSTree*&, char info); //Функция вставки
элемента в корень БДП
void randomInsert(binSTree*&, char info); //Функция
рандомизированной вставки в БДП

```

### Файл binSTree.cpp:

```

#include "binSTree.h"

binSTree::binSTree()
{
this->info = '\0';
this->count = 0;
this->number = 0;
this->lt = nullptr;
this->rt = nullptr;
}

binSTree::~binSTree()
{
delete this->lt;
delete this->rt;
}

bool binSTree::isNull()
{
return this->info == '\0';
}

/*
 * рекурсивная функция поиска элемента в БДП
 */
int find(binSTree*& bt, char el)
{
if (bt == nullptr || bt->isNull()) return 0;
if (el == bt->info) return bt->count;
if (el < bt->info)
return find(bt->lt, el);
else

```

```

        return find(bt->rt, el);
    }

void rotateRight(binSTree*& temp)
{
    binSTree* x;
    x = temp->lt;
    temp->lt = x->rt;
    x->rt = temp;
    temp = x;

    if (temp->lt != nullptr)
    {
        temp->lt->number = temp->lt->count;
        if (temp->lt->lt != nullptr)
            temp->lt->number += temp->lt->lt->number;

        if (temp->lt->rt != nullptr)
            temp->lt->number += temp->lt->rt->number;
    }
    temp->number = temp->count;
    if (temp->lt != nullptr)
        temp->number += temp->lt->number;

    if (temp->rt != nullptr)
        temp->number += temp->rt->number;
}

void rotateLeft(binSTree*& temp)
{
    binSTree* x;
    x = temp->rt;
    temp->rt = x->lt;
    x->lt = temp;
    temp = x;
    if (temp->rt != nullptr)
    {
        temp->rt->number = temp->rt->count;
        if (temp->rt->lt != nullptr)
            temp->rt->number += temp->rt->lt->number;

        if (temp->rt->rt != nullptr)
            temp->rt->number += temp->rt->rt->number;
    }
    temp->number = temp->count;
    if (temp->lt != nullptr)
        temp->number += temp->lt->number;

    if (temp->rt != nullptr)

```

```

        temp->number += temp->rt->number;
    }
    /*
     * Рекурсивная функция вставки элемента в БДП
     */
    void insertInRoot(binSTree*& bt, char x)
    {
        if (bt == nullptr || bt->isNull())
        {
            bt = new binSTree();
            bt->info = x;
            bt->count = 1;
            bt->number = 1;
        }
        else
        {
            if (x < bt->info)
            {
                insertInRoot(bt->lt, x);
                rotateRight(bt);
            }
            else
            {
                if (x > bt->info)
                {
                    insertInRoot(bt->rt, x);
                    rotateLeft(bt);
                }
                else
                {
                    bt->count++;
                    bt->number++;
                }
            }
        }
    }
}
/*
 * Рекурсивная функция рандомной вставки элемента в БДП
 * в зависимости от условий может вызвать как себя, так и функцию
insertInRoot
 */
void randomInsert(binSTree*& bt, char x)
{
    if (bt == nullptr || bt->isNull())
    {
        bt = new binSTree();
        bt->info = x;
        bt->count = 1;
        bt->number = 1;
    }
}

```

```

        return;
    }
    if (rand() % (bt->number + 1) == 0)
    {
        insertInRoot(bt, x);
        return;
    }
    else if (x < bt->info)
    {
        randomInsert(bt->lt, x);
    }
    else if (x == bt->info)
    {
        bt->count++;
    }
    else
    {
        randomInsert(bt->rt, x);
    }
    bt->number++;
}
/*
 * Функция печати БДП
 */
void printBT(binSTree*& bt, std::string str)
{
    if (bt == nullptr) return;
    std::string _str = str;
    static bool isFirstCall = true;
    if (isFirstCall)
    {
        std::cout << "► ";
        isFirstCall = false;
    }
    std::cout << bt->info << " (" << bt->number << ")" << std::endl;
    if (bt->rt != nullptr)
    {
        std::cout << str;
    }
    if (bt->lt == nullptr && bt->rt != nullptr)
    {
        std::cout << "└► ";
    }
    if (bt->lt != nullptr && bt->rt != nullptr)
    {
        std::cout << "└┐ ";
    }
    if (bt->lt != nullptr)
    {

```

```

        printBT(bt->rt, str.append("| "));
    }
    else
    {
        printBT(bt->rt, str.append(""));
    }
    if (bt->lt != nullptr)
    {
        std::cout << _str;
    }
    if (bt->lt != nullptr)
    {
        std::cout << "↳ ";
    }
    printBT(bt->lt, _str.append(" "));
}

```