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

# ОТЧЕТ

**по курсовой работе по**
**дисциплине «АиСД»**
**Тема: Реализация идеально сбалансированного БДП**

Студент гр. 8304 _____ Бочаров Ф.Д.

Преподаватель _____ Фирсов М. А.

Санкт-Петербург
2019

**ЗАДАНИЕ**
**НА КУРСОВУЮ РАБОТУ**

Студент Бочаров Ф.Д.

Вариант 21

Группа 8304

Тема работы: Реализация идеально сбалансированного дерева.

Исходные данные:

Пользователю предоставляется возможность добавить элемент и удалить элемент. Построить бинарное дерево.

Предполагаемый объем пояснительной записки:
Не менее 14 сраниц.

Дата сдачи реферата:

Дата защиты реферата:

Студент _____ Бочаров Ф.Д.

Преподаватель _____ Фирсов М.А.

## АННОТАЦИЯ

В ходе выполнения курсовой работы была разработана программа GUI, демонстрирующая построение идеально сбалансированное дерево. Программа добавляет элемент и балансирует при необходимости дерево. Также реализовано удаление элемента, с возможность повторения операции.

## SUMMARY

In the course of the course work, a GUI program was developed, demonstrating the construction of a perfectly balanced tree. The program adds an element and balances the tree if necessary. Also implemented is the removal of the element, with the possibility of repeating the operation.

# Оглавление

## Введение

Дерево – это совокупность элементов, называемых вершинами, или узлами, связанных между собой отношениями вида «родитель – сын». Отношения отображаются в виде линий, которые называются рёбрами, или ветвями дерева. Узел дерева, не имеющий предков, называется корнем дерева, а узлы, не имеющие потомков, называются листьями дерева.

Деревья обычно отображаются по уровням. На нулевом уровне находится корень дерева, на первом – его сыновья, на втором – сыновья этих сыновей и т.д.

Уровень каждого элемента называется также его глубиной, а количество уровней вдереве называется глубиной дерева. Дерево называется бинарным (двоичным), если каждый его узел имеет максимум двух сыновей.

Бинарное дерево называется идеально сбалансированным, если для каждого его узла количество узлов в левом и правом поддеревьях отличается максимум на единицу.

## Цель работы

Изучить бинарное дерево поиска и его реализацию на языке C++, а также сбалансировать его. Реализовать операцию вставки элемента, удаления и визуализировать дерево.

## Структуры данных

```
struct node
{
    int key;
    unsigned char height;
    node* left;
    node* right;
    explicit node(int k) { key = k; left = right = nullptr; height = 1; }
}
```

Структура узла дерева

Key – значение узла

height – высота дерева

left, right – указатели на левое и правое дерево

node – конструктор для структуры node

```
unsigned char height(node* p)
```

Метод для определения высоты дерева.

```
int bfactor(node* p)
```

Фактор балансировки(разность между высотой правого и левого дерева; не должен превышать 1 по модулю). В процессе добавления или удаления узлов в АВЛ-дереве возможно возникновение ситуации, когда balance factor некоторых узлов оказывается равными 2 или -2, т.е. возникает *расбалансировка* поддерева.

```
void fixheight(node* p)
```

Метод для подсчета высоты.

```
node* rotateright(node* p)
node* rotateleft(node* q)
```

Методы для левого и правого поворота.

```
node* insert(node* p, int k)
```

Метод для вставки ключа k в дерево p.
Вставка нового ключа в АВЛ-дерево выполняется так: спускаемся вниз по дереву, выбирая правое или левое направление движения в зависимости от результата сравнения ключа в текущем узле и вставляемого ключа. Строго доказывается, что возникающий при такой вставке дисбаланс в любом узле по пути движения не превышает двух, а значит применение вышеописанной функции балансировки является корректным.

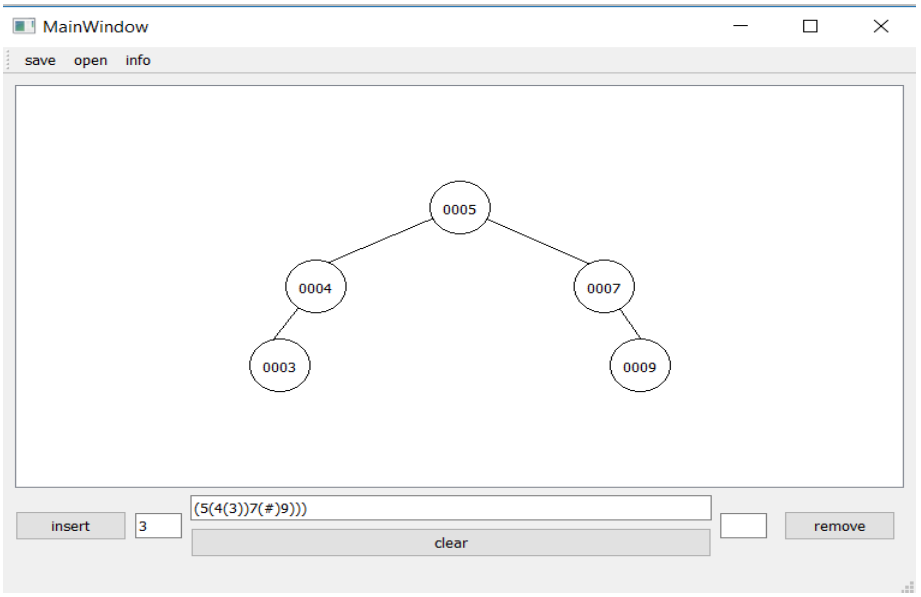
```
node* remove(node* p, int k)
```

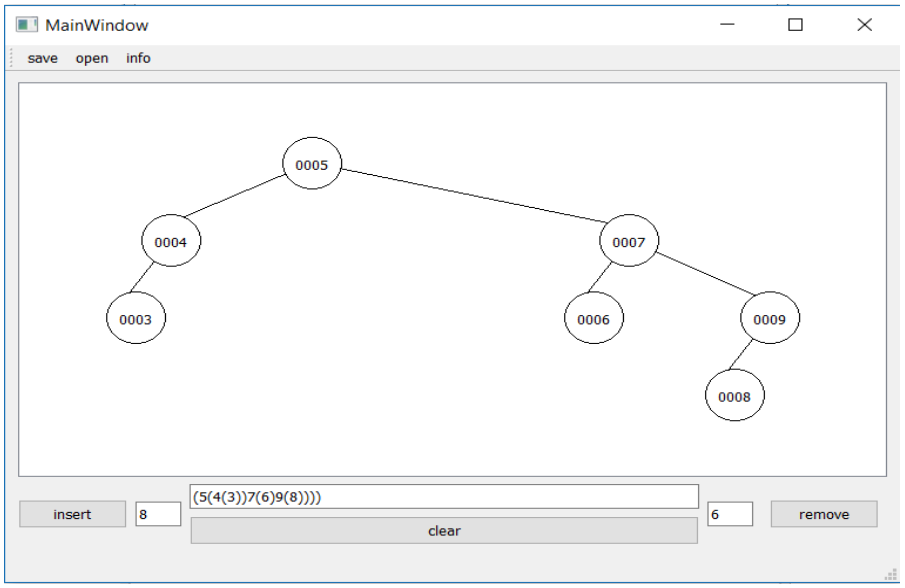
Метод для удаления ключа k из дерева p.

Находим узел p с заданным ключом k (если не находим, то делать ничего не надо), в правом поддереве находим узел min с наименьшим ключом и заменяем удаляемый узел p на найденный узел min.

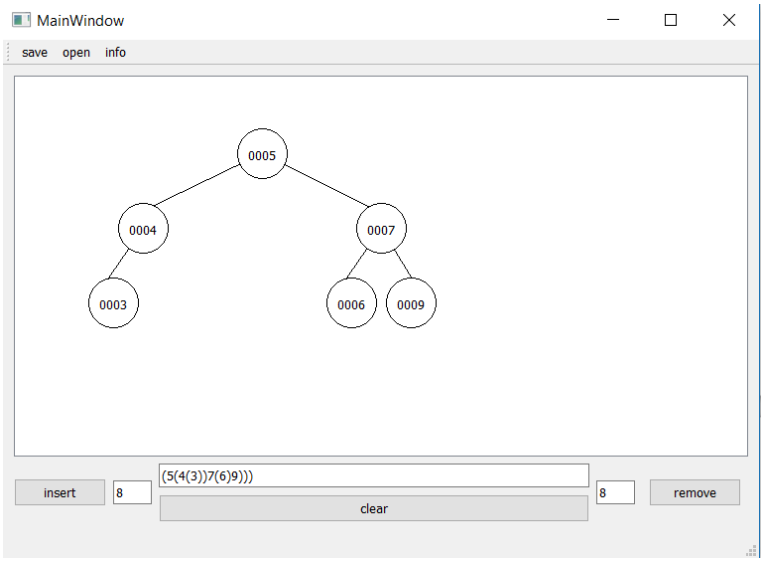
**Тестирование программы.**

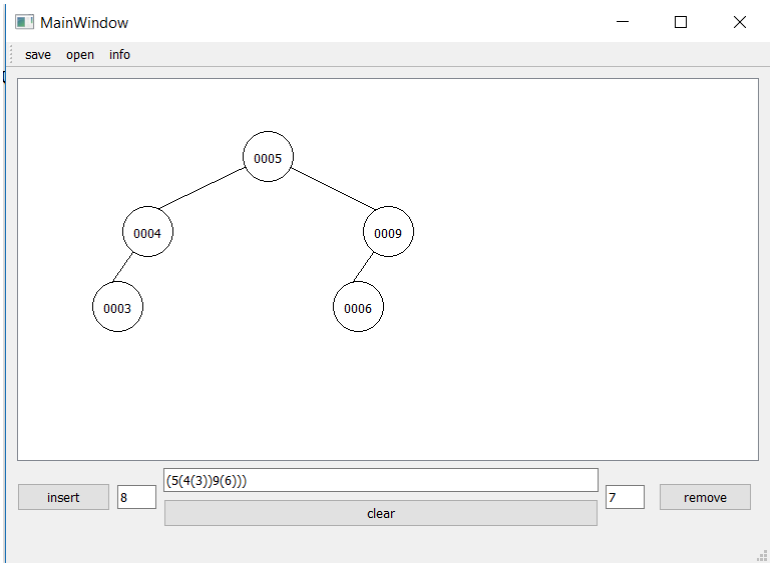
Вставка элемента

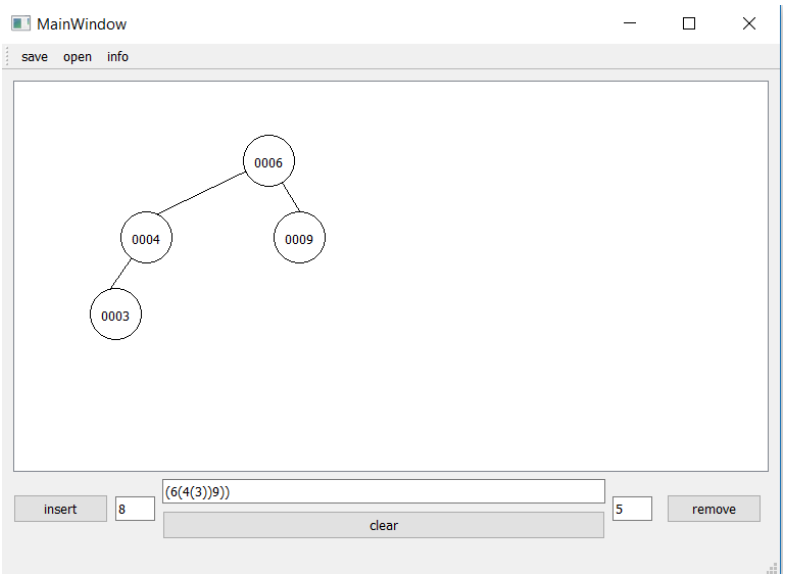


Удаление элемента



## Список использованных источников


1. Bjarne Stroustrup. A Tour of C++. M.: Addison-Wesley, 2018. 217 с.
2. Treap // GeeksforGeeks https://www.geeksforgeeks.org/treap-a-randomized-binary-search-tree/ (дата обращения: 18.12.2000)
3. Qt Documentation // Qt. URL: https://doc.qt.io/qt-5/index.html (дата обращения: 18.12.2000)
4. Рандомизированные деревья поиска URL: https://habr.com/ru/post/145388/#reed (дата обращения: 17.12.2000)
5. The Height of a Random Binary Search Tree // BRUCE REED URL: http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.152.1289&rep=rep1&type=pdf (дата обращения: 18.12.2000)

## Вывод

В ходе работы было реализовано сбалансированное БДП со всеми основными функциями, добавление и удаление элемента, а так же балансировка дерева. Также была реализована визуализация при помощи средств фреймворка Qt.

# ПРИЛОЖЕНИЕ А

## Исходный код программы

### Avl_tree.h

```
#include
"avl_tree.h"
```

```
unsigned char height(node* p)
{
    return p ? p->height : 0;
}
```

```
int bfactor(node* p)
{
    return height(p->right) - height(p->left);
}
```

```
void fixheight(node* p)
{
    unsigned char hl = height(p->left);
    unsigned char hr = height(p->right);
    p->height = (hl > hr ? hl : hr) + 1;
}
```

```
node* rotateright(node* p) // правый поворот вокруг p
{
    node* q = p->left;
    p->left = q->right;
    q->right = p;
    fixheight(p);
    fixheight(q);
    return q;
}
```

```
node* rotateleft(node* q) // левый поворот вокруг q
{
    node* p = q->right;
    q->right = p->left;
    p->left = q;
    fixheight(q);
    fixheight(p);
    return p;
}
```

```
node* balance(node* p) // балансировка узла p
{
    fixheight(p);
    if( bfactor(p) == 2 )
    {
        if( bfactor(p->right) < 0 )
            p->right = rotateright(p->right);
        return rotateleft(p);
    }
    if( bfactor(p) == -2 )
    {
        if( bfactor(p->left) > 0  )
            p->left = rotateleft(p->left);
        return rotateright(p);
    }
    return p; // балансировка не нужна
}
```

```
node* insert(node* p, int k) // вставка ключа k в дерево с корнем p
{
    if( !p ) return new node(k);
    if( k < p->key )
        p->left = insert(p->left, k);
    else
        p->right = insert(p->right, k);
    return balance(p);
}
```

```
node* findmin(node* p) // поиск узла с минимальным ключом в дереве p
{
    return p->left ? findmin(p->left) : p;
}
```

```
node* removemin(node* p) // удаление узла с минимальным ключом из дерева p
{
    if( p->left == nullptr )
        return p->right;
    p->left = removemin(p->left);
    return balance(p);
}
```

```
node* remove(node* p, int k) // удаление ключа k из дерева p
{
    if( !p ) return nullptr;
    if( k < p->key )
        p->left = remove(p->left,k);
    else if( k > p->key )
        p->right = remove(p->right,k);
    else //  k == p->key
    {
        node* q = p->left;
        node* r = p->right;
        delete p;
        if( !r ) return q;
        node* min = findmin(r);
        min->right = removemin(r);
        min->left = q;
        return balance(min);
    }
    return balance(p);
}
```

```
node* delete_tree(node* tree)
{
    if (!tree) return nullptr;
```

```
    delete_tree(tree->left);
    delete_tree(tree->right);


    delete tree;


    return nullptr;
}


void txt_tree(node* tree, string& str)
{
    if (!tree)
    {
        str = "";
        return;
    }
    stringstream sstream;
    string tmp;


    sstream << tree->key;
    sstream >> tmp;


    str += tmp;


    if (tree->left)
    {
        str += "(";


        txt_tree(tree->left, str);
    } else if (tree->right)
    {
        str += "(#)";
    }
    if (tree->right)
    {
        txt_tree(tree->right, str);


    }
    str += ")";
}
```

## Mainwindow.cpp

```
#include
"mainwindow.h"
                #include "ui_mainwindow.h"




MainWindow::MainWindow(QWidget *parent)
    : QMainWindow(parent)
    , ui(new Ui::MainWindow)
{
    ui->setupUi(this);
    ui->line_insert->clear();
    ui->line_remove->clear();


    abt = new About;
    scene = new QGraphicsScene(this);
    ui->visualiztion->setScene(scene);
}




MainWindow::~MainWindow()
{
    delete ui;
    delete scene;
    delete abt;
}




void MainWindow::on_button_insert_clicked()
{
    scene->clear();
    head = insert(head, int(stoi(ui->line_insert->text().toStdString())));


    print_tree(head, ui->visualiztion->geometry().x() / 2, 25);
    str_tree.clear();
    str_tree = "(";
    txt_tree(head, str_tree);
```

```
    ui->avl_tree->setText(QString::fromStdString(str_tree));
}



void MainWindow::on_button_remove_clicked()
{
    scene->clear();
    head = remove(head, int(stoi(ui->line_remove->text().toStdString())));
    print_tree(head, ui->visualiztion->geometry().x() / 2, 25);


    str_tree.clear();
    str_tree = "(";
    txt_tree(head, str_tree);


    ui->avl_tree->setText(QString::fromStdString(str_tree));
}



void MainWindow::on_clear_clicked()
{
    foreach (QGraphicsItem* item, scene->items()) {
          delete item;
    }



    head = delete_tree(head);
    str_tree.clear();
    str_tree = "(";



    ui->line_insert->clear();
    ui->line_remove->clear();
    ui->avl_tree->clear();


}
```

```
void MainWindow::on_actionsave_triggered()
{
    QString path = QFileDialog::getOpenFileName(this, tr("Open path to save"),
"/home/egor/Desktop");

    if (path == nullptr) return;

    ofstream file(path.toStdString());

    file << (str_tree == "(" ? "( )" : str_tree);
}
```

```
void MainWindow::on_actionopen_triggered()
{
    QString path = QFileDialog::getOpenFileName(this, tr("Open path to download
tree"), "/home/egor/Desktop");

    if (path == nullptr) return;

    ifstream oFile(path.toStdString());

    string str;
    oFile >> str;
    for (unsigned long i = 0; i < str.size(); i++)
    {
        if (str[i] == '(' or str[i] == ')' or str[i] == '#')
        {
            str[i] = ' ';
        }
    }
    stringstream sstream;
    int tmp;
```

```
    sstream << str;


    head = delete_tree(head);
    str_tree.clear();
    ui->avl_tree->clear();
    ui->line_insert->clear();
    ui->line_remove->clear();
    str_tree = "(";


    while(sstream >> tmp)
    {
        head = insert(head, tmp);
    }


    txt_tree(head, str_tree);
    ui->avl_tree->setText(QString::fromStdString(str_tree));


    print_tree(head, ui->visualiztion->geometry().x() / 2, 25);


}




void MainWindow::on_actioninfo_triggered()
{
    (new HelpBrowser (":/docs/doc", "index.htm"))->show();
}


void MainWindow::on_actionabout_triggered()
{
    abt->show();
}


void MainWindow::print_tree(node* tree, int x, int y)
{
    if (!tree) return;


    const int offset = 30;
    const int r = 25;
```

```
    if (tree->left)
    {
        QLine line(x + r, y + r, x - offset * tree->left->height * tree->left-
>height + 10, y + 90);
        scene->addLine(line, QPen(Qt::black));
    }


    if (tree->right)
    {
        QLine line(x + r, y + r, x + offset * tree->right->height * tree->right-
>height + 35, y + 90);
        scene->addLine(line, QPen(Qt::black));
    }




    scene->addEllipse(x, y, 2 * r, 2 * r , QPen(Qt::black), QBrush(Qt::white));


    int temp = tree->key;


    int count_zero = 1;
    while (temp /= 10)
        count_zero++;


    QString zeroes = (tree->key >= 0 ? "" : "-");
    for (int i = 0; i < 4 - count_zero; i++)
        zeroes += '0';


    QGraphicsTextItem* txtItem =
            new QGraphicsTextItem(zeroes + QString::number(abs(tree->key)));


    if (tree->key >= 0)
        txtItem->setPos(x + 7, y + 15);
    else
        txtItem->setPos(x + 4, y + 15);


    scene->addItem(txtItem);
```

```
    if (tree->left) {
        print_tree(tree->left, x - offset * tree->left->height * tree->left-
>height, y + 75);
   }


    if (tree->right) {
        print_tree(tree->right, x + offset * tree->right->height * tree->right-
>height, y + 75);
    }
}
```