Министерство образования Республики Беларусь
Учреждение образования
«Брестский государственный технический университет»
Кафедра ИИТ

Лабораторная работа №1
По дисциплине « ***Алгоритмы и структуры данных*** »
Тема: ***«Бинарное дерево поиска и хеш-таблица»***

Выполнил:
Студент 2 курса
Группы ПО-11(2)
Сымоник И.А
Проверила:
Глущенко Т.А

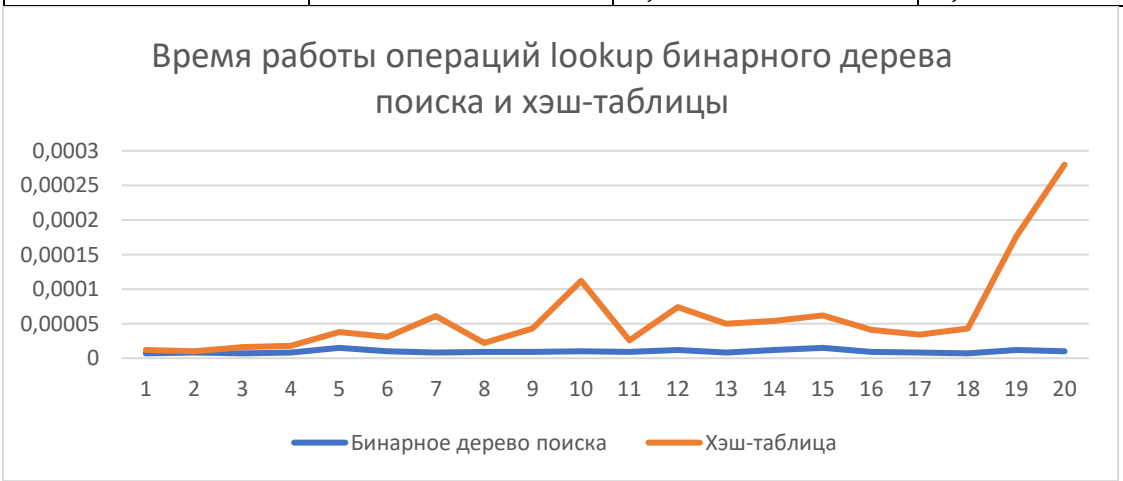
Брест 2023

Цель работы: изучить структуры данных бинарное дерево поиска, хеш-таблица и алгоритм Рабина-Карпа.

Ход работы

Эксперимент 1 Сравнение эффективности поиска элементов в бинарном дереве поиска и хеш-таблице в среднем случае (average case)

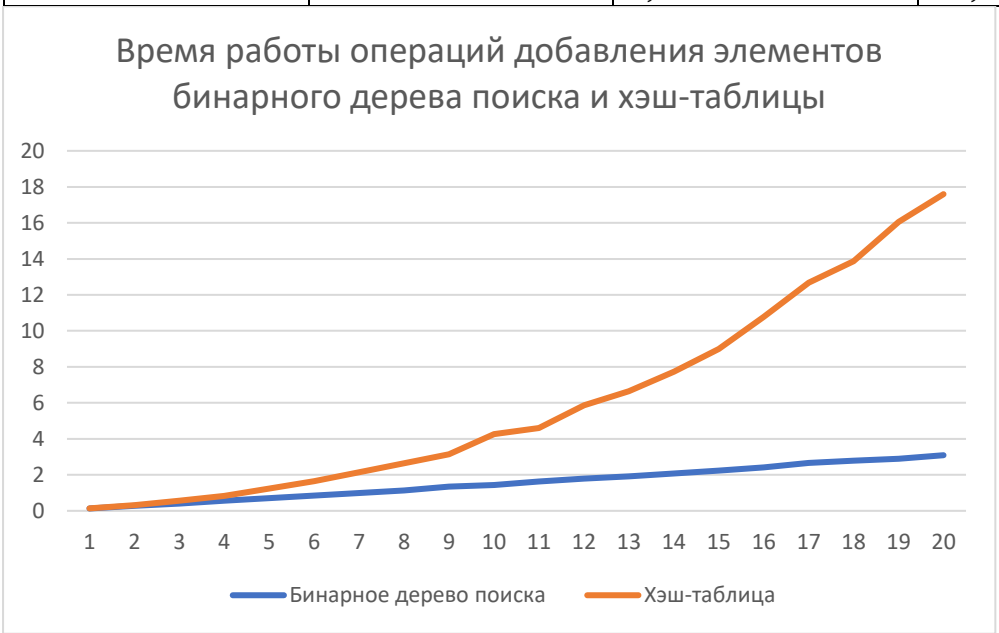
#	Количество элементов в словаре	Время выполнения функции bstree_lookup, с	Время выполнения функции hashtab_lookup, с
1	10 000	0,000007	0,000012
2	20 000	0,000008	0,000010
3	30 000	0,000007	0,000016
4	40 000	0,000008	0,000018
5	50 000	0,000015	0,000038
6	60 000	0,000010	0,000031
7	70 000	0,000008	0,000061
8	80 000	0,000009	0,000022
9	90 000	0,000009	0,000043
10	100 000	0,000010	0,000112
11	110 000	0,000009	0,000026
12	120 000	0,000012	0,000074
13	130 000	0,000008	0,000050
14	140 000	0,000012	0,000054
15	150 000	0,000015	0,000062
16	160 000	0,000009	0,000041
17	170 000	0,000008	0,000034
18	180 000	0,000007	0,000043
19	190 000	0,000012	0,000176
20	200 000	0,000010	0,000280



Брест 2023

Эксперимент 2 Сравнение эффективности добавления элементов в бинарное дерево поиска и хеш-таблицу

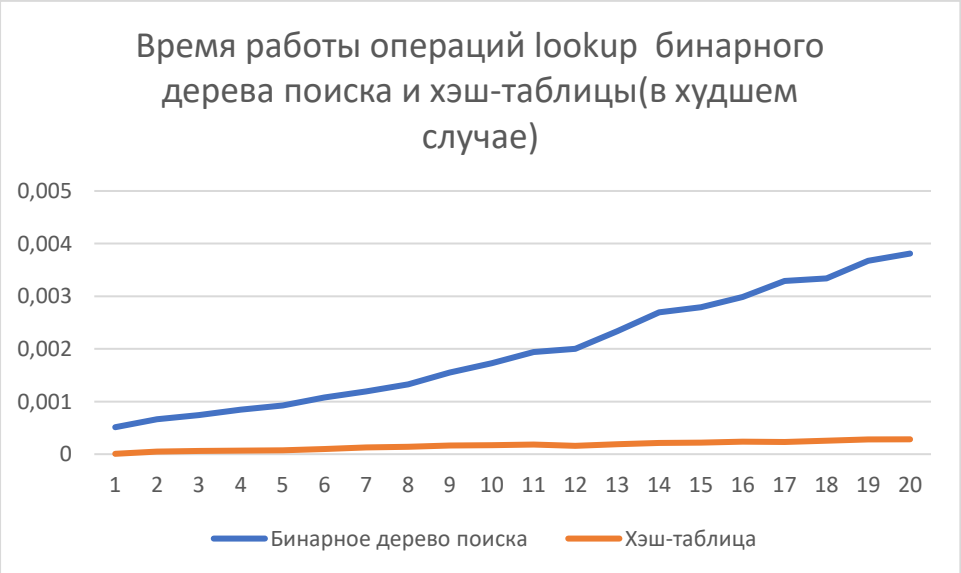
#	Количество элементов в словаре	Время выполнения функции bstree_add, с	Время выполнения функции hashtab_add, с
1	10 000	0,131	0,138
2	20 000	0,284	0,321
3	30 000	0,404	0,561
4	40 000	0,558	0,831
5	50 000	0,707	1,246
6	60 000	0,843	1,657
7	70 000	0,991	2,145
8	80 000	1,130	2,643
9	90 000	1,339	3,146
10	100 000	1,444	4,265
11	110 000	1,625	4,600
12	120 000	1,785	5,870
13	130 000	1,920	6,648
14	140 000	2,067	7,731
15	150 000	2,243	8,998
16	160 000	2,410	10,771
17	170 000	2,666	12,675
18	180 000	2,787	13,860
19	190 000	2,891	16,056
20	200 000	3,091	17,594



Брест 2023

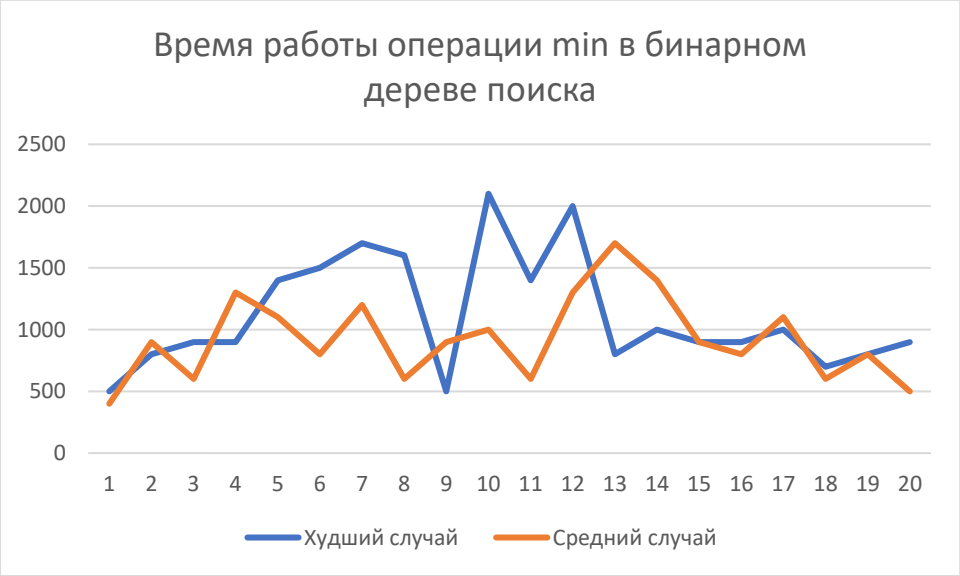
Эксперимент 3 Сравнение эффективности поиска элементов в бинарном дереве поиска и хеш-таблице в худшем случае (worst case)

#	Количество элементов в словаре	Время выполнения функции bstree_lookup, с	Время выполнения функции hashtab_lookup, с
1	10 000	0,000512	0,000007
2	20 000	0,000665	0,000052
3	30 000	0,000744	0,000064
4	40 000	0,000843	0,000066
5	50 000	0,000926	0,000073
6	60 000	0,001078	0,000095
7	70 000	0,001192	0,000127
8	80 000	0,001326	0,000142
9	90 000	0,001551	0,000167
10	100 000	0,001728	0,000170
11	110 000	0,001942	0,000183
12	120 000	0,002001	0,000158
13	130 000	0,002336	0,000190
14	140 000	0,002692	0,000214
15	150 000	0,002789	0,000221
16	160 000	0,002985	0,000236
17	170 000	0,003291	0,000234
18	180 000	0,003341	0,000257
19	190 000	0,003671	0,000280
20	200 000	0,003811	0,000282



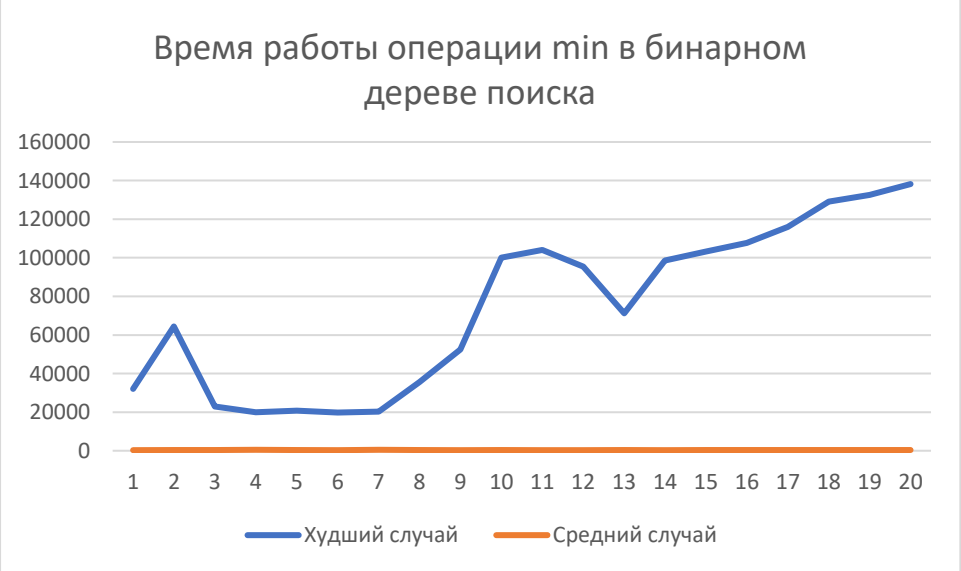
Эксперимент 4 Исследование эффективности поиска минимального элементов бинарном дереве поиска в худшем и среднем случаях

#	Количество элементов в словаре	Время выполнения функции bstree_min(worst case), нс	Время выполнения функции hashtab_min, нс
1	10 000	500	400
2	20 000	800	900
3	30 000	900	600
4	40 000	900	1300
5	50 000	1400	1100
6	60 000	1500	800
7	70 000	1700	1200
8	80 000	1600	600
9	90 000	500	900
10	100 000	2100	1000
11	110 000	1400	600
12	120 000	2000	1300
13	130 000	800	1700
14	140 000	1000	1400
15	150 000	900	900
16	160 000	900	800
17	170 000	1000	1100
18	180 000	700	600
19	190 000	800	800
20	200 000	900	500



Эксперимент 5 Исследование эффективности поиска максимального элемента в бинарном дереве поиска в худшем и среднем случаях

#	Количество элементов в словаре	Время выполнения функции bstree_max(worst case), нс	Время выполнения функции hashtab_max, нс
1	10 000	32000	300
2	20 000	64400	400
3	30 000	23000	400
4	40 000	19900	500
5	50 000	20800	400
6	60 000	19800	300
7	70 000	20200	500
8	80 000	35500	400
9	90 000	52400	300
10	100 000	100000	400
11	110 000	104100	300
12	120 000	95400	300
13	130 000	71200	400
14	140 000	98500	300
15	150 000	103200	400
16	160 000	107700	400
17	170 000	116000	400
18	180 000	129100	400
19	190 000	132500	400
20	200 000	138200	400



1. Объясните, почему временная сложность операции поиска в *сбалансированном* дереве поиска есть *O(log n).*

С каждой итерацией поиска текущий узел опускается на один уровень вниз. Поскольку каждый уровень дерева делит количество возможных элементов пополам, время поиска в сбалансированном дереве растет логарифмически относительно количества элементов

2. Укажите двойное неравенство для высоты бинарного дерева поиска.

$\log_2 N < h \leq 1 + \log_2 N$.

где:

- h - высота бинарного дерева поиска,
- n - количество элементов в дереве

3. Укажите алгоритмы построения различных *hash-функций*.

Есть несколько алгоритмов для построения различных hash-функций. Некоторые из них включают:

1. Метод деления (Division method): Этот метод вычисляет хэш-значение путем деления ключа на размер хэш-таблицы и использования остатка от деления. Формула выглядит так: hash(key) = key % table_size.

2. Метод умножения (Multiplication method): В этом методе ключ умножается на некоторую константу, извлекается дробная часть результата и умножается на размер хэш-таблицы. Формула выглядит так: hash(key) = floor(table_size * (key * A mod 1)), где A - константа, 0 < A < 1.

3. Метод сложения (Additive method): В этом методе каждый символ ключа преобразуется в числовое значение, а затем все числа суммируются. Формула выглядит так: hash(key) = (key[0] + key[1] + ... + key[n-1]) % table_size, где key[i] - числовое значение i-го символа ключа.

4. Метод смешивания (Mixing method): Этот метод использует операции смешивания, такие как побитовое исключающее ИЛИ (XOR), сдвиги и побитовые операции. Он обычно применяется к каждому символу ключа и комбинирует их значения для генерации хэш-значения.

5. Криптографические hash-функции: Криптографические hash-функции, такие как MD5, SHA-1 и SHA-256, используются для обеспечения безопасности и имеют свойства, такие как стойкость к коллизиям и уникальность. Они основаны на сложных математических алгоритмах.

4. Что такое коллизии и какие существуют методы борьбы с коллизиями.

Коллизия – это совпадение значения хэш-функции для 2 разных ключей.

Методы борьбы:

1. Цепочки (Chaining): В этом методе каждая ячейка хэш-таблицы содержит связанный список элементов с одинаковым хэшем. При коллизии элементы добавляются в список. Поиск элемента осуществляется путем прохода по списку.

2. Открытая адресация (Open addressing): В этом методе при коллизии происходит последовательное перебирание ячеек до поиска первой свободной ячейки. Существуют различные методы открытой адресации, такие как линейное открытая адресация, квадратичная открытая адресация и открытая адресация с двойным хэширование.

5. Укажите временную сложность операции поиска для *hash* таблицы для *лучшего* и *худшего* случая. Объясните приведенные оценки.

Лучший случай:

В лучшем случае, когда хэш-функция равномерно распределяет элементы по всей таблице без коллизий, время поиска будет константным O(1). Это происходит потому, что поиск элемента по хэш-значению требует только одну операцию доступа к ячейке таблицы.

Худший случай:

В худшем случае, когда все ключи имеют одно и то же хэш-значение или коллизии происходят очень часто, время поиска может стать линейным относительно количества элементов в таблице. В этом случае, если используется метод цепочек (chaining), время поиска будет O(n), где n - количество элементов в таблице. Это происходит потому, что для поиска элемента необходимо пройти по всем элементам в связанном списке, который соответствует хэш-значению.

6.Какова временная сложность алгоритма Рабина-Карпа?

Временная сложность алгоритма Рабина-Карпа составляет O(n + m), где n - длина строки, а m – длина образца.

7. Какова *пространственная* (*емкостная*) сложность алгоритма?

Пространственная сложность алгоритма Рабина-Карпа составляет O(m), где m - длина образца.

8. Что такое *коллизии* и какие методы позволяют их избежать при данной реализации алгоритма?

Коллизия – это совпадение значения хэш-функции для 2 разных ключей.

В данной реализации алгоритма при совпадении хешов шаблона и подстроки для исключения коллизий, их сравнивают посимвольно.

9. Что такое схема *Горнера* и для чего она используется, есть ли она в данной реализации?

Схема Горнера (или метод Горнера) - это метод вычисления значения многочлена, использующий схему последовательного умножения и сложения.

Схема Горнера позволяет быстро находить неполное частное и остаток от деления произвольного многочлена на двучлен.

Схема Горнера присутствует в данной реализации.

10. В каких задачах применяется алгоритм *Рабина-Карпа*?

Поиск образца в тексте: Алгоритм Рабина-Карпа может быть использован для быстрого поиска всех вхождений заданного образца (подстроки) в тексте.

2. Проверка наличия дубликатов: Алгоритм Рабина-Карпа может быть применен для определения наличия дубликатов в тексте, путем поиска совпадающих подстрок.

3. Проверка схожести строк: Алгоритм Рабина-Карпа может использоваться для определения схожести или сравнения строк путем сравнения их хэш-значений.

4. Алгоритм Рабина-Карпа также может быть использован в задачах обработки текста и поиска паттернов, таких как поиск повторяющихся фраз, анализ ДНК и других строковых последовательностей.

Вывод: изучили бинарное дерево поиска, хеш-таблицу.

Файл bstree.hpp

```
#pragma once
#include <stdint.h>
#include "hash.hpp"

struct bstree
{
    int val;
    std::string key;

    bstree *left = nullptr;
    bstree *right = nullptr;

    bstree(int val, std::string key)
        : val(val), key(key)
    {}
};

bstree *bstree_create(std::string key, int value);
void bstree_add(struct bstree *tree, std::string key, int value);
struct bstree *bstree_lookup(struct bstree *tree, std::string key);
struct bstree *bstree_min(struct bstree *tree);
struct bstree *bstree_max(struct bstree *tree);
```

Файл hash.hpp

```
#pragma once
#include <stdint.h>
#include <iostream>
static constexpr auto HASH_MUL = 31;
static constexpr auto HASH_SIZE = 100000;

int Hash(std::string key);
```

Файл hashtab.hpp

```
#pragma once
#include <iostream>
#include <chrono>
#include "hash.hpp"
static constexpr auto HASHTAB_MAX_SIZE = 100000;


struct ListNode
{
	int value;
	std::string key;
	ListNode* next = nullptr;

	ListNode(std::string key, int val)
		:key(key), value(val)
	{
		this->key = key;
	}

};

void     hashtab_init(ListNode** hashtab);
void     hashtab_add(ListNode** hashtab, std::string key, int value);
ListNode* hashtab_lookup(ListNode** hashtab, std::string key);
void     hashtab_delete(ListNode** hashtab, char*
```

Файл bstree.cpp

```
#include "bstree.hpp"

bstree *bstree_create(std::string key, int value)
{
    return new bstree(value,key);
}
void bstree_add(struct bstree *tree, std::string key, int value)
{
    bstree* parent = nullptr;

    if (tree == nullptr)
        return;

    while(tree != nullptr)
    {
        if (tree->key.compare(key) > 0)
        {
            parent = tree;
            tree = tree->right;

        }
        else
        {
            parent = tree;
            tree = tree->left;
        }
    }

    if(parent->key.compare(key) > 0)
        parent->right = bstree_create(key,value);
    else
        parent->left = bstree_create(key,value);
}
struct bstree *bstree_lookup(struct bstree *tree, std::string key)
{

    while(tree != nullptr)
    {
        if(tree->key.compare(key) > 0)
            tree = tree->right;
        else if(tree->key.compare(key) == 0)
            return tree;
        else
            tree = tree->left;
    }
    return nullptr;
}
bstree* bstree_min(bstree* tree)
{
    while (tree->left != nullptr)
    {
        tree = tree->left;
    }

    return tree;
}
bstree* bstree_max(bstree* tree)
{
    while (tree->right != nullptr)
    {
```

```
        tree = tree->right;
    }

    return tree;
}
```

Файл hash.cpp

```
#include "hash.hpp"
int Hash(std::string key)
{
    uint32_t hash = 0;

    for (auto& i : key)
    {
        int x = static_cast<int>(i - 'a' - 1);
        hash = (hash * HASH_MUL + x);
    }
    return hash % HASH_SIZE;
}
```

Файл hastab.cpp

```
#include "hashtab.hpp"

void hashtab_init(ListNode** hashtab)
{
	for (int i = 0; i < HASHTAB_MAX_SIZE; i++)
	{
		hashtab[i] = nullptr;
	}
}
void hashtab_add(ListNode** hashtab, std::string key, int value)
{
	int hash = Hash(key);

	if (hashtab[hash] == nullptr)
	{
		hashtab[hash] = new ListNode(key,value);
	}
	else
	{
		ListNode* node = hashtab[hash];
		while (node->next != nullptr && node->key != key)
			node = node->next;

		if (node->key == key)
			node->value = value;
		else
			node->next = new ListNode(key, value);
	}
}
ListNode* hashtab_lookup(ListNode** hashtab, std::string key)
{
	int index = Hash(key);
	ListNode *node = hashtab[index];
	while (node->next != nullptr && node->key != key)
	{
		node = node->next;
	}
	return node;
}
void hashtab_delete(ListNode** hashtab, char* key)
```

```
{
	int index = Hash(key);
	ListNode *node = hashtab[index];
	ListNode *prev = nullptr;
	while (node != nullptr && node->key != key)
	{
		prev = node;
		node = node->next;
	}
	if (node == nullptr)
		return;

	if (prev == nullptr)
		hashtab[index] = node->next;
	else
		prev->next = node->next;
}
```

Файл main.cpp

```
#include <iostream>
#include <fstream>
#include <chrono>
#include <windows.h>
#include <random>
#include "bstree.hpp"
#include "hashtab.hpp"
ListNode* hashtab[HASHTAB_MAX_SIZE];
static std::string letters =
"QWERTYUIOPLKJHGFDSAZXCVBNMqwertyuioplkjhgfdsazxcvbnm";

std::string GenerateWord()
{
    std::string res;
    std::random_device rd; // obtain a random number from hardware
    std::mt19937 gen(rd()); // seed the generator
    std::uniform_int_distribution<> distr(0, letters.size()-1);
    int size = distr(gen);

    for (int i = 0; i < size; i++)
    {
        res += letters[distr(gen)];
    }

    return res;
}
int main()
{
    SetConsoleCP(1251);
    SetConsoleOutputCP(1251);

    int count;
    std::cin >> count;
    std::random_device rd;
    std::mt19937 gen(rd());
    std::uniform_int_distribution<> distr(0, count);
    std::string lookWord;
    int randomWord = distr(gen);

    //hashtab_init(hashtab);
    bstree* root = bstree_create(GenerateWord(), -1);
```

```
    std::string out;
    int a = 0;

    for(int i =0; i < count; i++)
    {
        out = GenerateWord();
        calls++;
        if (i == count-1)
        {
            a = i;
            lookWord = out;
        }
        //hashtab_add(hashtab, out, i);
        bstree_add(root, out, i);
        out.clear();
    }
    std::chrono::steady_clock::time_point begin =
std::chrono::steady_clock::now();
    //auto res = hashtab_lookup(hashtab, lookWord);
    auto res = bstree_max(root);
    std::chrono::steady_clock::time_point end = std::chrono::steady_clock::now();

    std::cout << "Время работы алгоритма : "
        << std::chrono::duration_cast<std::chrono::seconds>(end - begin).count()
        << " секунд "
        << std::chrono::duration_cast<std::chrono::milliseconds>(end -
begin).count()
        << " миллисекунд "
        << std::chrono::duration_cast<std::chrono::microseconds>(end -
begin).count()
        << " микросекунд "
        << std::chrono::duration_cast<std::chrono::nanoseconds>(end -
begin).count()
        << " наносекунд "
        << std::endl;
}
```

Задача TwoSum: Runtime 7 ms Beats 90.1%

Memory 11.2 MB Beats 17.33%

```
class Solution {
public:
   vector<int> twoSum(vector<int>& nums, int target) {
      std::unordered_map<int,int> map;
      for(int i = 0; i < nums.size();i++)
      {
         auto res = map.find(target - nums[i]);
         if(res != map.end())
         {
            return {res->second,i};
         }
         map.insert({nums[i],i});
      }
 return {0,0};
   }
};
```