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

ОТЧЕТ

по лабораторной работе №2

по дисциплине «Алгоритмы и структуры данных»

Тема: Деревья

Студент гр. 9382 _____ Бочаров Г.С.

Преподаватель _____ Фирсов М.А.

Санкт-Петербург

2020

Цель работы.

Представить математическое выражение в постфиксной форме в виде бинарного дерева. Построить выражение в постфиксной форме по заданному бинарному дереву. Освоить приемы работы с бинарными деревьями.

Задание.

Вариант 13 д):

- построить дерево-формулу t из строки, задающей формулу в постфиксной форме (перечисление узлов t в порядке ЛПК);

- упростить дерево-формулу t, выполнив в нем все операции вычитания, в которых уменьшаемое и вычитаемое – цифры. Результат вычитания – цифра или формула вида (0 – цифра)

Основные теоретические положения.

Формулу вида:

< формула > ::= < терминал > | (< формула > < знак > < формула >)

< знак > ::= + | - | *

< терминал > ::= 0 | 1 | ... | 9 | a | b | ... | z

можно представить в виде бинарного дерева («дерева-формулы») с элементами типа Elem=char согласно следующим правилам:

- формула из одного терминала представляется деревом из одной вершины с этим терминалом;

- формула вида (f1 s f2) представляется деревом, в котором корень - это знак s, а левое и правое поддеревья - соответствующие представления формул f1 и f2.

Функции и структуры данных.

Node{std::string value_; std::unique_ptr<Node>left_; std::unique_ptr<Node> right_; } - Структура содержит в себе строковое значение узла и указатели на левого и правого потомка.

void Node :: createLeft(const std::string &value) — Функция принимает на вход строку и создает левого потомка данного узла.

void Node :: createRight(const std::string &value)— Функция принимает на вход строку и создает левого потомка данного узла.

void Node :: addChild(std::string &value)— Функция принимает на вход строку и создает левого потомка данного узла, если его еще нет, в противном случае создает правого потомка.

void Node :: addChild(std::unique_ptr<Node> &child) Функция принимает на вход указатель на элемент типа Node и делает его потомком текущего узла дерева.

template<typename StreamT>
std::vector<std::string> getToken(StreamT &stream) — Функция принимает на вход поток ввода. Функция преобразует считанную строку в массив токенов, для удобства работы с ней.

template<typename IterT>
void readOperator(IterT &first, const IterT &last, std::unique_ptr<Node> &parent) — Функция принимает на вход указатели на начало и конец массива токенов, а также текущий узел дерева. Функуия считывает оператор и заносит его в дерево.

template<typename IterT>
void readArgument(IterT &first, const IterT &last, std::unique_ptr<Node> &parent) — Функция принимает на вход указатели на начало и конец массива токенов, а также текущий узел дерева. Функуия считывает аргумент оператора и заносит его в дерево.

template<typename IterT>
void readSentence(IterT &first, const IterT &last, std::unique_ptr<Node> &parent)— Функция принимает на вход указатели на начало и конец массива токенов, а также текущий узел дерева. Функуия считывает корень дерева.

void TreeToSentence(const std::unique_ptr<Node> &head, std::vector<std::string> &Tokens) — Функция принимает на вход корень дерева и массив строк для записи выражения. Функция преобразует дерево в формулу.

void printSentenceReverse(std::vector<std::string> &Tokens) — Функция принимает на вход массив строк и выводит его в оьратном порядке. Таким образом выводится формула в постфиксной форме.

void printTree(const std::unique_ptr<Node> &head)- Функция принимает на вход корень дерева. Функция выводит дерево на экран.

bool subst(std::unique_ptr<Node> &head) Функция принимает на вход указатель на корень дерева. Функция заменяет все операции вычитания, где уменьшаемое и вычитаемое — цифры, на результат вычитания.

Описание алгоритма.

На вход программе подается выражение в постфиксной форме.

Для удобства работы оба выраженияе было разбито на массив строк - токенов.

Токены — скобки, операторы, константы, переменные.

С помощья функций readSentence(), readOperator(), readArgument() по заданному выражению создается дерево (дерево-формула).

В функции subst() поиском в глубину в дереве находятся все действия вычитания в которых аргументы являются цифрами. Если в результате работы функции была выполнена хотя бы одна такая замена, функция возвращает значение true, в противном случае функция возвращает false.

Графическое представление бинарного дерева для выражения

5 10 7 + / 8 * (изображено на рисунке 1 в Приложении Б.

Тестирование.

Результаты тестирования представлены в табл. 1.

Таблица 1 – Результаты тестирования

№ п/п	Входные данные	Выходные данные	Комментарии
1.	35 5 - c * 7 9 - e f g * + / -	Вывод дерева - / + * g f e - 9 7 * c - 5 35	Вывод выражения и дерева до и после преобразования

		Вывод выражения 35 5 - c * 7 9 - e f g * + / - Замена операций вычитания Совершено действие: 7 - 9 =-2 Вывод дерева - / + * g f e "0-2" * c - 5 35 Вывод выражения 35 5 - c * "0 -2" e f g * + / -	
2.	0 9 -	Вывод дерева - 9 0 Вывод выражения 0 9 - Замена операций вычитания Совершено действие: 0 - 9 =-9	

		Вывод дерева "0-9" Вывод выражения "0 -9"	
3.	7 4 - 8 5 - -	Вывод дерева - - 5 8 - 4 7 Вывод выражения 7 4 - 8 5 - - Замена операций вычитания Совершено действие: 8 - 5 =3 Совершено действие: 7 - 4 =3 Совершено действие: 3 - 3 =0 Вывод дерева 0 Вывод выражения 0	
4.	9	Вывод дерева 9 Вывод выражения 9	константа
5.	9 7 - t a7 - 7 + / 8 *	Вывод дерева * 8 /	

		+ 7 - a7 t - 7 9 Вывод выражения 9 7 - t a7 - 7 + / 8 * Замена операций вычитания Совершено действие: 9 - 7 =2 Вывод дерева * 8 / + 7 - a7 t 2 Вывод выражения 2 t a7 - 7 + / 8 *	
6.	3 5 - +	Неверный формат входных данных	
7.	+ s a s -	Неверный формат входных данных	

8.	3 5 - c * d e f g * + /	Неверный формат входных данных	
9.	7 8 - 4 5 - - 4 *	Вывод дерева * 4 - - 5 4 - 8 7 Вывод выражения 7 8 - 4 5 - - 4 * 3 Замена операций вычитания Совершено действие: 4 - 5 =-1 Совершено действие: 7 - 8 =-1 Вывод дерева * 4 - "0-1" "0-1" Вывод выражения "0 -1" "0 -1" - 4 *	

Выводы.

В ходе работы был разработан алгоритм, сосздающий дерево-формулу для заданного выражения в постфиксной форме. Был разработан алгоритм представляющий бинарное дерево в виде выражения в постфиксной форме. Были изучены приемы работы с бинарными деревьями.

ПРИЛОЖЕНИЕ А
ИСХОДНЫЙ КОД ПРОГРАММЫ

Название файла: main.cpp

```
#include <iostream>
#include <iostream>
#include <vector>
#include <sstream>
#include <string>
#include <memory>
#include <fstream>

int depth = 0;

struct Node {
    std::string value_;
    std::unique_ptr<Node> left_;
    std::unique_ptr<Node> right_;

    explicit Node(const std::string &value) {
        value_ = value;
    }

    Node(const std::string &value, std::unique_ptr<Node> &left,
std::unique_ptr<Node> &right) {
        value_ = value;
        left_ = std::move(left);
        right_ = std::move(right);
    }

    void createLeft(const std::string &value) {
```

```
        if (left_ != nullptr)
            throw std::runtime_error("Левое поддерево не пусто");
        left_ = std::make_unique<Node>(value);
    }

    void createRight(const std::string &value) {
        if (right_ != nullptr)
            throw std::runtime_error("Правое поддерево не пусто");
        right_ = std::make_unique<Node>(value);
    }

    void addChild(std::string &value) {
        if (left_ == nullptr)
            createLeft(value);
        else if (right_ == nullptr)
            createRight(value);
        else
            throw std::runtime_error("Некуда добавить потомка");
    }

    void addChild(std::unique_ptr<Node> &child) {
        if (left_ == nullptr)
            left_ = std::move(child);
        else if (right_ == nullptr)
            right_ = std::move(child);
        else
            throw std::runtime_error("Некуда добавить потомка");
    }
};

//Функция проверяет является ли строка числом
```

```
bool isNumber(std::string &s) {
    for (auto &i: s)
        if (!isdigit(i))
            return false;
    return true;
}

bool isOperator(std::string &op) {
    if ((op == "+") || (op == "-") || (op == "*") || (op == "/"))
        return true;
    return false;
}

bool isVar(std::string &op) {
    if (isOperator(op) || op == "(" || op == ")")
        return false;
    if (!isNumber(op) && !isalpha(op.at(0)))
        return false;
    return true;
}

//Разбиение выражение на подстроки
template<typename StreamT>
std::vector<std::string> getToken(StreamT &stream) {
    std::vector<std::string> result;
    std::string temp;
    char symbol = 0;
    std::string line;
    std::getline(stream, line);
    line.push_back('\n');
    std::istringstream str(line);
```

```
    str >> std::noskipws;
    while (symbol != '\n') {
        str >> symbol;
        if ((symbol == ' ') || ((symbol == '\n'))) {
            if (!temp.empty())
                result.push_back(temp);
            temp.clear();
        }
        if ((symbol == '(') || (symbol == ')')) {
            if (!temp.empty())
                result.push_back(temp);
            temp.clear();
            temp.push_back(symbol);
            result.push_back(temp);
            temp.clear();
        }
        if ((symbol != '(') && (symbol != ')') && (symbol != ' ') && (symbol != '\n'))
            temp.push_back(symbol);
    }
    return result;
}

//Считывание оператора
template<typename IterT>
void readOperator(IterT &first, const IterT &last, std::unique_ptr<Node> &parent);

//Считывание аргументов оператора
template<typename IterT>
void readArgument(IterT &first, const IterT &last, std::unique_ptr<Node> &parent)
{
    if (first < last)
```

```
        throw std::runtime_error("Неверный формат входных данных");
    if (isVar(*first))
        if (parent == nullptr)
            parent = std::make_unique<Node>(*first);
        else
            parent->addChild(*first);
    else if (isOperator(*first))
        readOperator(first, last, parent);
    else
        throw std::runtime_error("Неверный формат входных данных");
}

template<typename IterT>
void readOperator(IterT &first, const IterT &last, std::unique_ptr<Node> &parent) {
    if (first < last)
        throw std::runtime_error("Неверный формат входных данных");
    if (!isOperator(*first))
        throw std::runtime_error("Неверный формат входных данных");
    if (parent == nullptr) {
        parent = std::make_unique<Node>(*first);
        readArgument(--first, last, parent);
        readArgument(--first, last, parent);
    } else {
        std::unique_ptr<Node> child = std::make_unique<Node>(*first);
        readArgument(--first, last, child);
        readArgument(--first, last, child);
        parent->addChild(child);
    }
}

//Считывание корня
```

```
template<typename IterT>
void readSentence(IterT &first, const IterT &last, std::unique_ptr<Node> &parent) {
    if (first < last)
        throw std::runtime_error("Неверный формат входных данных");
    if (isOperator(*first))
        readOperator(first, last, parent);
    else
        readArgument(first, last, parent);
    if (first != last)
        throw std::runtime_error("Неверный формат входных данных");
}


//Функции считывания дерева в скобочном представлении
template<typename IterT>
void readTOperator(IterT &first, const IterT &last, std::unique_ptr<Node> &parent);

template<typename IterT>
void readTLComma(IterT &first, const IterT &last, std::unique_ptr<Node> &parent)
{
    if (first >= last)
        throw std::runtime_error("Неверный формат входных данных");
    if (*first != ")") {
        throw std::runtime_error("Неверный формат входных данных");
    }
}

template<typename IterT>
void readTArgument(IterT &first, const IterT &last, std::unique_ptr<Node> &parent)
{
    if (first >= last)
```

```
        throw std::runtime_error("Неверный формат входных данных");
    if (*first != "(") {
        throw std::runtime_error("Неверный формат входных данных");
    }
    if (isVar(*(++first)))
        if (parent == nullptr)
            parent = std::make_unique<Node>(*first);
        else
            parent->addChild(*first);
    else if (isOperator(*first))
        readTOperator(first, last, parent);
    readTLComma(++first, last, parent);
}

template<typename IterT>
void readTOperator(IterT &first, const IterT &last, std::unique_ptr<Node> &parent)
{
    if (first >= last)
        throw std::runtime_error("Неверный формат входных данных");
    if (!isOperator(*first)) {
        throw std::runtime_error("Неверный формат входных данных");
    }
    if (parent == nullptr) {
        parent = std::make_unique<Node>(*first);
        readTArgument(++first, last, parent);
        readTArgument(++first, last, parent);
    } else {
        std::unique_ptr<Node> child = std::make_unique<Node>(*first);
        readTArgument(++first, last, child);
        readTArgument(++first, last, child);
        parent->addChild(child);
```

```
    }
}

//Преобразование дерева в формулу
void TreeToSentence(const std::unique_ptr<Node> &head, std::vector<std::string>
&Tokens) {
    if (head == nullptr)
        return;
    Tokens.push_back(head->value_);
    TreeToSentence(head->left_, Tokens);
    TreeToSentence(head->right_, Tokens);
}

//вывод выражения на экран в обратном порядке
void printSentenceReverse(std::vector<std::string> &Tokens) {
    for (auto i = Tokens.end() - 1; i >= Tokens.begin(); i--)
        if (i->size() != 1 && i->at(0) == '-')
            std::cout << "\"0 " << *i << "\" ";
        else
            std::cout << *i << " ";
}
//вывод дерева на экран
void printTree(const std::unique_ptr<Node> &head) {
    depth++;
    if (head == nullptr)
        return;
    std::string s(depth, '  ');
    if (head->value_.size() != 1 && head->value_.at(0) == '-')
        std::cout << s << "\"0" << head->value_ << "\"" << std::endl;
    else
        std::cout << s << head->value_ << std::endl;
```

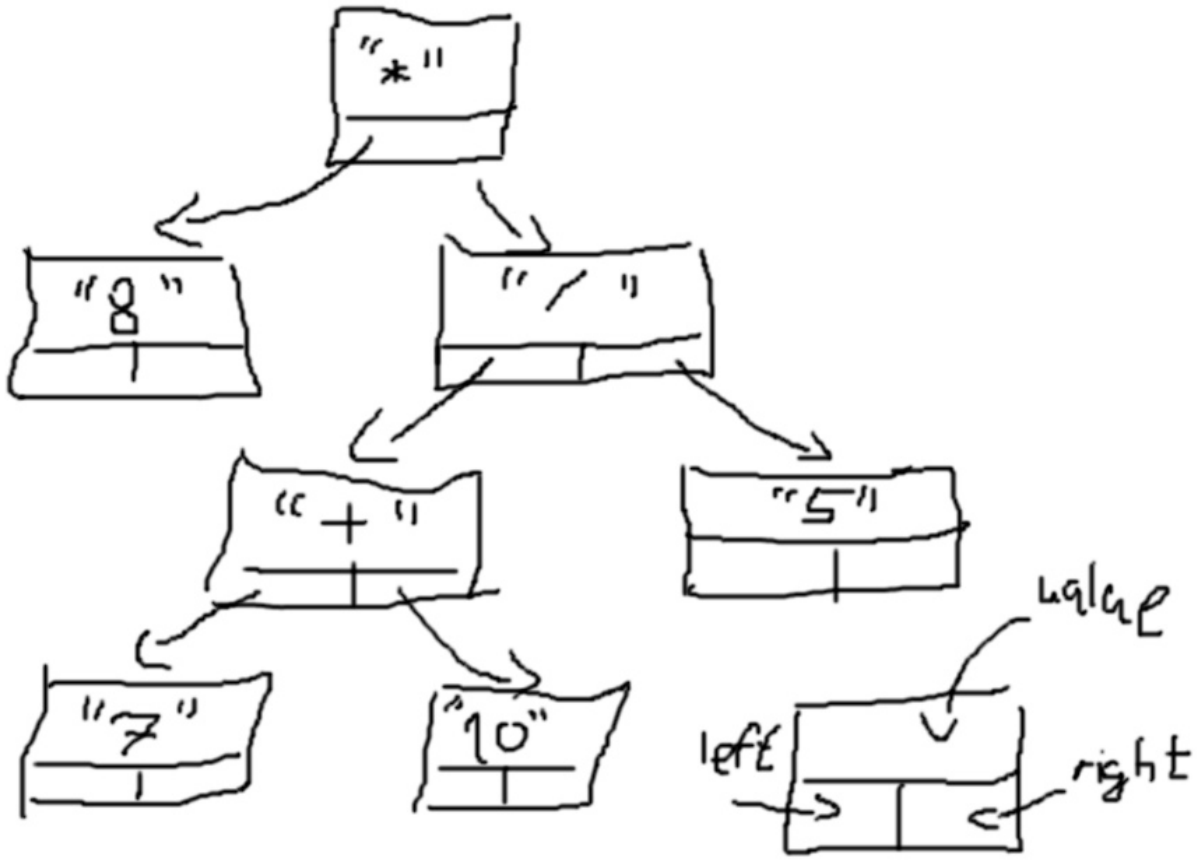
```
    printTree(head->left_);
    depth--;
    printTree(head->right_);
    depth--;
}

//Функция проверяет является ли строка цифрой
bool isDigit(const std::string &s) {
    if (s.size() == 1 && isdigit(s.at(0)))
        return true;
    return false;
}

bool subst(std::unique_ptr<Node> &head) {
    if (head == nullptr)
        return false;
    if (head->value_ == "-")
        if (isDigit(head->left_->value_) && isDigit(head->right_->value_)) {
            int d = std::stoi(head->right_->value_) - std::stoi(head->left_->value_);

            std::cout << "Совершено действие: " << head->right_->value_ << " " <<
head->value_ << " "
                      << head->left_->value_<< " ="<< d << std::endl;
            head->value_ = std::to_string(d);
            head->left_ = nullptr;
            head->right_ = nullptr;
            return true;
        }
    return subst(head->left_) || subst(head->right_);
}
```

```
int main() {
    std::unique_ptr<Node> head;
    std::vector<std::string> Tokens;
    std::vector<std::string> result; // итоговое выражение
    int readFormat;
    try {
        while (1) {
            std::cout << "0 - считать из файла, 1 - считать с консоли" << std::endl;
            std::cin >> readFormat;
            std::cin.ignore();
            switch (readFormat) {
                case 0: {
                    std::cout << "Введите имя файла : ";
                    std::ifstream in;
                    std::string fileName;
                    std::cin >> fileName;
                    in.open(fileName);
                    if (in) {
                        Tokens = getToken(in);
                    } else
                        throw std::runtime_error("Файл не найден!");
                    in.close();
                    break;
                }
                case 1: {
                    std::cout << "Введите выражение в постфиксной форме. Например :
a b + c * d e f g * + / -"
                              << std::endl;
                    Tokens = getToken(std::cin);
                    break;
                }
```

```
    default:
        throw std::runtime_error("Неверное действие");
}

if (Tokens.empty())
    throw std::runtime_error("Пустое выражение!");
auto end = Tokens.begin(), beg = Tokens.end() - 1;
readSentence(beg, end, head);

int action;
std::cout << " 1 - вывести дерево, \n"
             " 2 - вывести формулу,\n"
             " 3 - заменить все разности с константами,\n"
             " 0 - выход" << std::endl;
while ((std::cin >> action) && (action != 0)) {
    switch (action) {
        case 1: {
            std::cout<<"Вывод дерева"<<std::endl;
            printTree(head);
            depth = 0;
            break;
        }
        case 2: {

            std::cout<<"Вывод выражения"<<std::endl;
            result.clear();
            TreeToSentence(head, result);
            printSentenceReverse(result);
            break;
        }
        case 3: {
```

```
                std::cout<<"Замена операций вычитания"<<std::endl;
                while (subst(head));
                break;
            }
            case 0: {
                break;
            }
            default:
                std::cout << "Выбрано неверное действие" << std::endl;
                break;
        }
    }
    int temp;
    std::cout << "Для повторного ввода нажмите 1, для выхода - любую
другую клавишу" << std::endl;
    std::cin >> temp;
    std::cin.ignore();
    if (temp != 1)
        break;
    head.reset();
    result.clear();

  }
 }
 catch (std::exception &e) {
   std::cerr << e.what() << std::endl;
 }
 return 0;
}
```

ПРИЛОЖЕНИЕ Б



(Рисунок 1)