**

Колледж космического машиностроения и технологий

**КУРСОВОЙ ПРОЕКТ**

**По МДК.01.02 «Прикладное программирование»**

**Тема: «Разработка лексера учебного языка программирования»»**

Выполнил студент

Фатеев Д.И.

Группа П1-17

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_(подпись)

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ (Дата сдачи работы)

Проверил преподаватель

Гусятинер Л.Б.

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_(подпись)

Королев, 2020

Оглавление

[1.Теоретическая часть 4](#_Toc44167655)

[1.1 Структура компиляторов и интерпретаторов 4](#_Toc44167656)

[1.2 Лексер 4](#_Toc44167657)

[1.3 Программы для лексического анализа 5](#_Toc44167658)

[1.4 Парсер 8](#_Toc44167659)

[1.5 Программы для синтаксического анализа 8](#_Toc44167660)

[1.6 Генератор и объединяющий модуль 8](#_Toc44167661)

[2. Проектная часть 9](#_Toc44167662)

[2.1 Инструменты для разработки 9](#_Toc44167663)

[2.1.2 Описание приложения 9](#_Toc44167664)

[2.2 Описание функций программы 10](#_Toc44167665)

[2.2.1 Файлы 10](#_Toc44167666)

[2.2.3 Обзор функций С++17 примененных в программе 12](#_Toc44167667)

[2.3 Подробный разбор некоторых функций 13](#_Toc44167668)

[2.3.1 Функция main() 13](#_Toc44167669)

[2.3.2 Функция next() 14](#_Toc44167670)

[2.3.3 Функция is\_space() 17](#_Toc44167671)

[2.3.5 Функция is\_digit() 20](#_Toc44167672)

[2.4 Диаграммы прецедентов и классов программы 20](#_Toc44167673)

[2.4.2 Диаграмма классов 22](#_Toc44167674)

[2.4.3 Сценарий работы программы 23](#_Toc44167675)

[3.1 Назначение программы 24](#_Toc44167676)

[3.2 Установка программы 24](#_Toc44167677)

[3.3 Руководство оператора 24](#_Toc44167678)

[Заключение 27](#_Toc44167679)

[Источники 28](#_Toc44167680)

[Приложение 2.Файл lexer.hpp 30](#_Toc44167681)

[Приложение 3.Файл lexer.cpp 31](#_Toc44167682)

[Приложение 4.Файл tokens.cpp 38](#_Toc44167683)

[Приложение 5.Файл tokens.hpp 40](#_Toc44167684)

**Введение**

Целью данного курсового проекта будет создание лексического анализатора (лексер). Лексический анализатор - важная часть любого компилятора и интерпретатора. Он должен быть быстрым и безошибочно определять символы, выдавая им правильное имя токена.

В процессе разработки используется GCC компилятор, что позволяет запускать программу на любой системе где есть терминал и установлен компилятор языка C++ стандарта 17. Для поддержания данной кроссплатформенности требуется исключить зависимости как от библиотек систем Linux, так и от библеотек системы Windows, что может потребовать либо:

* Поиска переписанной на нужную платформу библиотеки.
* Использование функций-замен там где это возможно.

В теоретической части будут подробно рассмотрены похожие программы

и модули. В проектной части будут рассмотрены инструменты реализации, файлы программы, классы, некоторые функции, и диаграммы проектирования.

В эксплуатационной части будет представлено руководство пользователя. В заключении будут сделаны выводы о проделанной работе. Также будут приведены источники и приложения с кодом.

# **1.Теоретическая часть**

## **1.1 Структура компиляторов и интерпретаторов**

Каждый компилятор или интерпретатор состоит из следующих модулей:

* Лексический анализатор (лексер)
* Синтаксический анализатор (парсер)
* Генератор или стековая машина
* Объединяющий модуль

Рассмотрим каждый из них поподробнее.

## **1.2 Лексер**

Данный модуль проводит лексический анализ текста программы. Лексический анализ представляет собой разбиение текста на токены, то есть единицы языка: переменные, названия функций (идентификаторы), операторы, числа. Таким образом, подав лексеру на вход строку с исходным кодом, мы получим на выходе список всех токенов, которые в ней содержатся. Обращения к исходному коду уже не будет происходить на следующих этапах, поэтому лексер должен выдать всю необходимую для них информацию (рис.3).

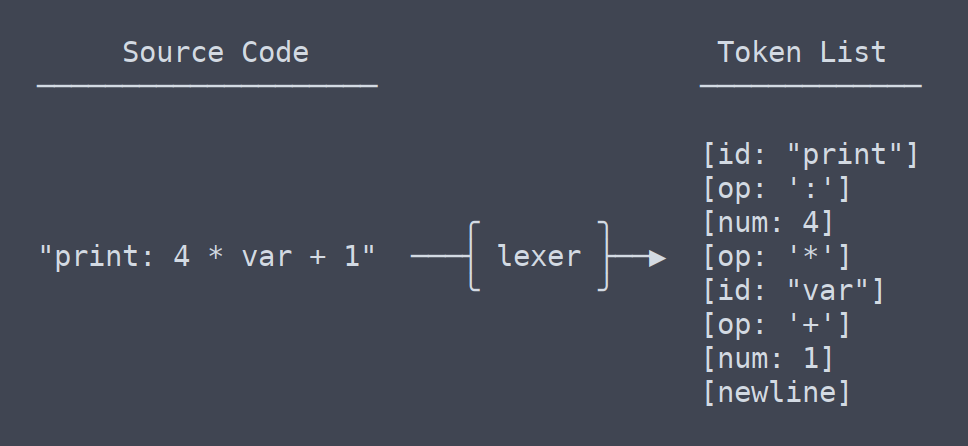


Рисунок 3 – схема работы лексера

**1.3 Программы для лексического анализа**

Для создания Лексера существует ряд специальных программ – генераторы лексических анализаторов. Самыми популярными являются GNU Flex и Yacc, они получают на вход программу с описанием грамматики языка (Листинг 1) и генерируют программу на С, которая проводит лексический анализ.

Листинг 1:

%option noyywrap

%{

#include <stdio.h>

#include "tokens.h"

// Flex использует макрос YY\_DECL как основу объявления функции, сканирующей следующий токен.

// По умолчанию значение макроса YY\_DECL равно

`int yylex ()`

// Но мы назовём функцию token\_scan

#define YY\_DECL int token\_scan()

%}

%%

[ \t\r\n]+ { /\* игнорируем пробелы, табы и переносы строк \*/ }

"a" { return ID; }

"b" { return ID; }

"c" { return ID; }

"d" { return ID; }

"e" { return ID; }

"f" { return ID; }

"g" { return ID; }

"h" { return ID; }

"i" { return ID; }

"j" { return ID; }

"k" { return ID; }

"l" { return ID; }

"m" { return ID; }

"n" { return ID; }

"o" { return ID; }

"p" { return ID; }

"q" { return ID; }

"r" { return ID; }

"s" { return ID; }

"t" { return ID; }

"u" { return ID; }

"v" { return ID; }

"w" { return ID; }

"x" { return ID; }

"y" { return ID; }

"z" { return ID; }

"A" { return ID; }

"B" { return ID; }

"C" { return ID; }

"D" { return ID; }

"E" { return ID; }

"F" { return ID; }

"G" { return ID; }

"H" { return ID; }

"I" { return ID; }

"J" { return ID; }

"K" { return ID; }

"L" { return ID; }

"M" { return ID; }

"N" { return ID; }

"O" { return ID; }

"P" { return ID; }

"Q" { return ID; }

"R" { return ID; }

"S" { return ID; }

"T" { return ID; }

"U" { return ID; }

"V" { return ID; }

"W" { return ID; }

"X" { return ID; }

"Y" { return ID; }

"Z" { return ID; }

"0" { return NUM; }

"1" { return NUM; }

"2" { return NUM; }

"3" { return NUM; }

"4" { return NUM; }

"5" { return NUM; }

"6" { return NUM; }

"7" { return NUM; }

"8" { return NUM; }

"9" { return NUM; }

"(" { return SPECS; }

")" { return SPECS; }

"[" { return SPECS; }

"]" { return SPECS; }

"{" { return SPECS; }

"}" { return SPECS; }

"." { return SPECS; }

"," { return SPECS; }

":" { return SPECS; }

";" { return SPECS; }

"\_" { return SPECS; }

"\"" { return SPECS; }

"\'" { return SPECS; }

"<" { return OP; }

">" { return OP; }

"=" { return OP; }

"+" { return OP; }

"-" { return OP; }

"/" { return OP; }

"\*" { return OP; }

"|" { return OP; }

"&" { return OP; }

"while" { return KEYWORD; }

"for" { return KEYWORD; }

"do" { return KEYWORD; }

"return" { return KEYWORD; }

"end" { return KEYWORD; }

"der" { return KEYWORD; }

"var" { return KEYWORD; }

**1.4 Парсер**

Синтаксический анализатор получает на вход список токенов из Лексера и генерирует АСД (Абстрактное Синтаксическое Дерево), которое позволяет структурно представить правила языка(рис.4).

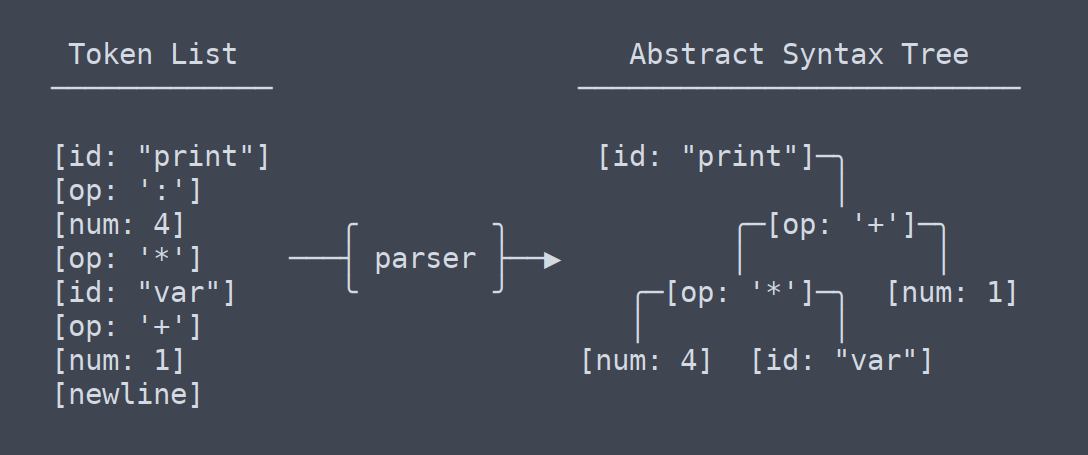


Рисунок 4 – схема работы парсера

**1.5 Программы для синтаксического анализа**

Самым популярным генератором синтаксических анализаторов является Bison. По принципу работы во многом похож на Flex и Yacc, потому что также генерирует программу с синтаксическими правилами на языке С.

**1.6 Генератор и объединяющий модуль**

Если язык программирования интерпретируемый, то для получения значений программы нужно запустить главный модуль, который запустит все вышеперечисленные модули и выполнит программу. Если язык компилируемый, то без дополнительных средств не обойтись. Такие инструменты называют «Компиляторами компиляторов». Самый популярный среди разработчиков LLVM. Имеет множество надстроек и библиотек, может оказаться весьма сложным в освоении.

Мнение о программах: имеют огромный функционал, но будут полезны лишь в крупном проекте и энтузиастам. Имеют порты на Windows, но лучше работать с ними в Linux, или через MinGW и Cygwin.

**2. Проектная часть**

**2.1 Инструменты для разработки**

**VSCode** – бесплатный редактор кода от компании Microsoft. Позволяет работать с кодом, не отвлекаясь на посторонние окна. Имеет возможности тонкой настройки через settings. json. Позволяет устанавливать расширения: Git, IntelliSense, bash-терминал и Cygwin.

**Cygwin –** бесплатная UNIX среда с интерфейсом командной строки, является «портом» Linux на Windows. Состоит из библиотеки cygwin.dll, обеспечивающую совместимость API и соответствие стандартам POSIX и библиотеки приложений, обеспечивающих UNIX-среду. Единственный минус: не работает с Windows-библиотеками, а при использовании библиотек Linux появляется зависимость от cygwin.dll.

**GNU C++ (g++) –** бесплатный компилятор C++ от GNU. Очень простой в использовании компилятор. Установлен в Cygwin.

**2.1.2 Описание приложения**

Данное приложение является простым, но хорошо настраиваемым лексическим анализатором. Состоит из:

1. Модуль токенов и их функций.

Модуль содержит в себе имена токенов языка (лексем)

и функции проверки для недействительных лексем языка (Русские буквы в имени переменной и т.д.).

1. Модуль Лексера и его функций.

Модуль содержит в себе функции обработки текста программы,

в случае ошибки вызывает проверку из первого модуля. Посимвольно обрабатывает текст программы и в конце возвращает список символов языка с определенными токенами.

1. Главный модуль.

Принимает на вход текст программы из текстового файла и передает его функции Лексера на посимвольную обработку.

После обработки выводит результат в командную строку и файл.

Пользователь может работать с приложением при помощи shell или другого терминала.

## **2.2 Описание функций программы**

### **2.2.1 Файлы**

В таблице 1 приведены все файлы и их описание:

|  |  |
| --- | --- |
| Имя файла | Описание |
| main.cpp | Главный исполняемый файл |
| lexer.cpp | Файл, реализующий лексический анализ и методы из файла lexer.hpp |
| lexer.hpp | Заголовочный файл, содержащий в себе прототипы функций и конструкторов |
| tokens.cpp | Файл, реализующий функции, и конструкторы из файла tokens.hpp |
| tokens.hpp | Заголовочный файл содержащий в себе класс имен токенов, прототипы функций и конструкторов |

Таблица 1 - описание файлов

**2.2.2 Структура файлов**

Таблица 2 содержит описание классов в файлах. В таблице 3 описываются все функции программы, к каким классам они принадлежат.

Таблица 2 - свойства классов

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Имя файла | Имя класса | Описание класса |
| tokens.hpp | Token | Содержит конструкторы и прототипы функций для определения токенов |
| tokens.hpp | Tokens | Вложенный класс-перечисление имен токенов |
| lexer.hpp | Lexer | Содержит конструкторы и прототипы функций для определения токенов. Использует элементы из классов Token и Tokens |

Таблица 3 - свойства функций классов

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Имя класса | Имя функции | Описание функции |
| Lexer | Lexer (const char\*cod) | Принимает массив символов и обрабатывает при помощи функций. |
| Lexer | next() | Сопоставляет символ с таблицей и возвращает имя токена |
| Lexer | identifier () | Проверка на идентификатор |
| Lexer | number () | Проверка на число |
| Lexer | Lexema () | Получает на вход результат из tokens() возвращает символ |
|  | bool is\_space(char c) | Проверка на символ |
|  | bool is\_digit(char c) | Проверка на число |
|  | bool is\_identifier\_char(char c) | Проверка на идентификатор |
| Token | tokens() | Возвращает значение токенов |
| Token | bool is (Tokens tokens) | Проверка токена |
| Token | bool is\_not(Tokens tokens) | Проверка токена |
| Token | bool is\_one\_of(Tokens t1, Tokens t2) | Проверка токена |
| Token | string\_view lexeme () | Получает значение имя токена |
| Token | void lexeme (string\_view lexeme) | Выводит имя токена |

## **2.2.3 Обзор функций С++17 примененных в программе**

Программа использует одно из нововведений С++17. В частности, новый тип string\_view.

Из предыдущих стандартов для оптимизации программа использует функции auto и noexcept. Рассмотрим их подробнее:

**string\_view -** позволяет выводить строки определенные в другом участке кода, чтобы не забивать память и не создавать лишних копий строки string.

**auto –** определяет тип функции по возвращаемому значению. Используется в программе для определения типов Token::Tokens::значение, где значение является нумерованным списком имен токенов.

**noexcept –** команда компилятору не обрабатывать исключения для функции. Используется для тех функций, которые точно не выдают исключений (например, булевы). Ускоряет компиляцию кода.

**move –** функция меняющая местами значения переменных вместо копирования значения и присваивания, экономит память и ускоряет работу кода.

## **2.3 Подробный разбор некоторых функций**

### **2.3.1 Функция main()**

Модуль, подключающий все заголовочные файлы и запускающий работу программы. Листинг кода приведён ниже. После подключения файла читаем, инициализируем массив символов code, и начинаем читать в него файл. Инициализируем функцию lex класса Lexer и передаем ему значение code. Далее запускается цикл обработки символов пока не встретится символ конца или неизвестный символ. В этом же цикле происходит вывод значений токенов.

Листинг 1:

#include <iostream>

#include <string>

#include <locale>

#include <iomanip>

#include <fstream>

#include "tokens.hpp"

#include "lexer.hpp"

#define size 1000

using namespace std;

int main()

{

    setlocale(LC\_ALL, "Russian");

    ifstream in;

    ofstream out;

    FILE \*f = fopen("program.txt", "r");//чтение файла program.txt

    char code[size];

    fgets(code, size, f);

    out.open("token\_list.txt");//создание файла token\_list.txt

    Lexer lex(code);//запуск функции lex класса Lexer

    for (auto token = lex.next();

         not token.is\_one\_of(Token::Tokens::End, Token::Tokens::Unexpected);

         token = lex.next())

         /\*

         Определяем символ при помощи next()

При помощи is\_one\_of() проверяем новый токен на символ конца файла и неизвестный символ

         И если таких токенов нет проверяем символы

дальше

         \*/

    {

        cout << setw(12) << token.tokens() << " [" << token.lexeme() << "]\n";

        out << setw(12) << token.tokens() << " [" << token.lexeme() << "]\n";

    }

    cout << "Записано в файл token\_list.txt";

    //Выводим полученный результат в файл и окно консоли

    out.close();

}

### **2.3.2 Функция next()**

Является главной функцией программы т.к. она передает значения токенов полученным символам. Листинг функции next() приведен ниже. Данная функция при помощи операторов case проверяет и символ и возвращает нужное имя токена.

Листинг 2:

//Функция next() сопоставляет символ с таблицей

//и возвращает имя токена

Token Lexer::next() noexcept

{

    //Пока символ не пробел проверяем его

    while (is\_space(peek()))

        get();

    switch (peek())

    {

    case '\0':

        return Token(Token::Tokens::End, p\_cod, 1);

    default:

        return lexema(Token::Tokens::Unexpected);

    case 'a':

    case 'b':

    case 'c':

    case 'd':

    case 'e':

    case 'f':

    case 'g':

    case 'h':

    case 'i':

    case 'j':

    case 'k':

    case 'l':

    case 'm':

    case 'n':

    case 'o':

    case 'p':

    case 'q':

    case 'r':

    case 's':

    case 't':

    case 'u':

    case 'v':

    case 'w':

    case 'x':

    case 'y':

    case 'z':

    case 'A':

    case 'B':

    case 'C':

    case 'D':

    case 'E':

    case 'F':

    case 'G':

    case 'H':

    case 'I':

    case 'J':

    case 'K':

    case 'L':

    case 'M':

    case 'N':

    case 'O':

    case 'P':

    case 'Q':

    case 'R':

    case 'S':

    case 'T':

    case 'U':

    case 'V':

    case 'W':

    case 'X':

    case 'Y':

    case 'Z':

        return identifier();

    case '0':

    case '1':

    case '2':

    case '3':

    case '4':

    case '5':

    case '6':

    case '7':

    case '8':

    case '9':

        return number();

    case '(':

        return lexema(Token::Tokens::LeftParen);

    case ')':

        return lexema(Token::Tokens::RightParen);

    case '[':

        return lexema(Token::Tokens::LeftSquare);

    case ']':

        return lexema(Token::Tokens::RightSquare);

    case '{':

        return lexema(Token::Tokens::LeftCurly);

    case '}':

        return lexema(Token::Tokens::RightCurly);

    case '<':

        return lexema(Token::Tokens::LessThan);

    case '>':

        return lexema(Token::Tokens::GreaterThan);

    case '=':

        return lexema(Token::Tokens::Equal);

    case '+':

        return lexema(Token::Tokens::Plus);

    case '-':

        return lexema(Token::Tokens::Minus);

    case '\*':

        return lexema(Token::Tokens::Asterisk);

    case '/':

        return lexema(Token::Tokens::Slash);

    case '#':

        return lexema(Token::Tokens::Sharp);

    case '.':

        return lexema(Token::Tokens::Dot);

    case ',':

        return lexema(Token::Tokens::Comma);

    case ':':

        return lexema(Token::Tokens::Colon);

    case ';':

        return lexema(Token::Tokens::Semicolon);

    case '\'':

        return lexema(Token::Tokens::SingleQuote);

    case '"':

        return lexema(Token::Tokens::DoubleQuote);

    case '|':

        return lexema(Token::Tokens::Pipe);

    case '&':

        return lexema(Token::Tokens::Ampersand);

    case '@':

        return lexema(Token::Tokens::Dog);

    }

}

### **2.3.3 Функция is\_space()**

Эта функция вызывается функцией next() для проверки символа, является ли он пробелом, табуляцией, возвратом каретки или началом новой строки. Ниже приведен листинг и блок схема.

Листинг 3:

//Проверка на пробелы табы и переходы строки

bool is\_space(char c) noexcept

{

    switch (c)

    {

    case ' ':

    case '\t':

    case '\r':

    case '\n':

        return true;

    default:

        return false;

    }

}

**2.3.4 Функция is\_identifier\_char(char c)**

Данная функция вызывается функцией next() если попадается символ из английского алфавита (вне зависимости от регистра). Возвращает true если символ из английского алфавита.

Листинг 4:

//Проверка на идентификатор

bool is\_identifier\_char(char c) noexcept

{

    switch (c)

    {

    case 'a':

    case 'b':

    case 'c':

    case 'd':

    case 'e':

    case 'f':

    case 'g':

    case 'h':

    case 'i':

    case 'j':

    case 'k':

    case 'l':

    case 'm':

    case 'n':

    case 'o':

    case 'p':

    case 'q':

    case 'r':

    case 's':

    case 't':

    case 'u':

    case 'v':

    case 'w':

    case 'x':

    case 'y':

    case 'z':

    case 'A':

    case 'B':

    case 'C':

    case 'D':

    case 'E':

    case 'F':

    case 'G':

    case 'H':

    case 'I':

    case 'J':

    case 'K':

    case 'L':

    case 'M':

    case 'N':

    case 'O':

    case 'P':

    case 'Q':

    case 'R':

    case 'S':

    case 'T':

    case 'U':

    case 'V':

    case 'W':

    case 'X':

    case 'Y':

    case 'Z':

    case '0':

    case '1':

    case '2':

    case '3':

    case '4':

    case '5':

    case '6':

    case '7':

    case '8':

    case '9':

    case '\_':

        return true;

    default:

        return false;

    }

}

### 

### **2.3.5 Функция is\_digit()**

Эта функция также вызывается функцией next() если попадается число. Возвращает true если символ – число.

Листинг 5:

//Проверка на число

bool is\_digit(char c) noexcept

{

    switch (c)

    {

    case '0':

    case '1':

    case '2':

    case '3':

    case '4':

    case '5':

    case '6':

    case '7':

    case '8':

    case '9':

        return true;

    default:

        return false;

    }

}

## **2.4 Диаграммы прецедентов и классов программы**

Неотъемлемой частью создания программы является проектирование, самым популярным инструментом проектирования у разработчиков является UML. Он позволяет визуализировать элементы программы, создавать диаграммы отношений между классами и диаграммы использования программы.

**2.4.1 Диаграммы прецедентов**

Диаграммы прецедентов или диаграммы использования позволяют наглядно представить варианты работы с программой. Существует несколько способов использования данной программы, данные способы приведены на диаграммах прецедентов.

Диаграмма 1 (рис.5) иллюстрирует использование программы студентом:

В результате работы программы студент может получить вывод как в консоль, так и в файл.



Рисунок 5 – Диаграмма 1

Диаграмма 2 (рис.6) иллюстрирует использование программы программистом:

Помимо вывода в файл программист может работать с исходным кодом программы, добавлять новые определяемые символы и работать над обработкой ошибок.

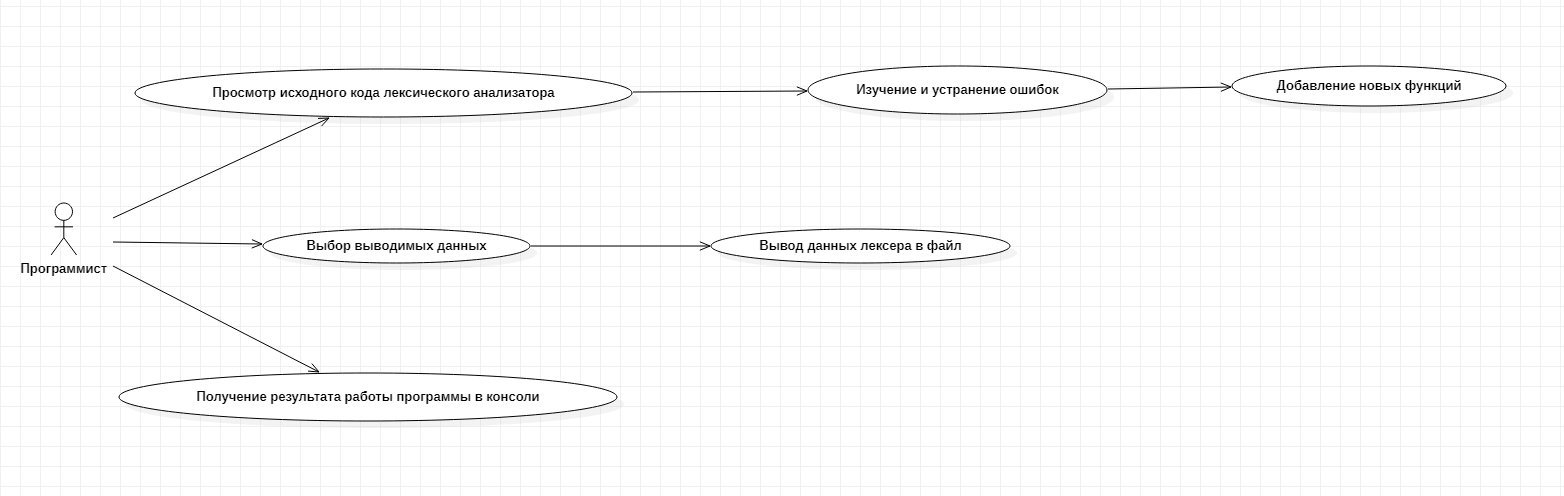


Рисунок 6 – Диаграмма 2

Диаграмма 3 (рис.7) иллюстрирует использование программы преподавателем:

Как и все он может получать вывод как в консоли, так и в файле, но при этом может просматривать исходные коды программы.

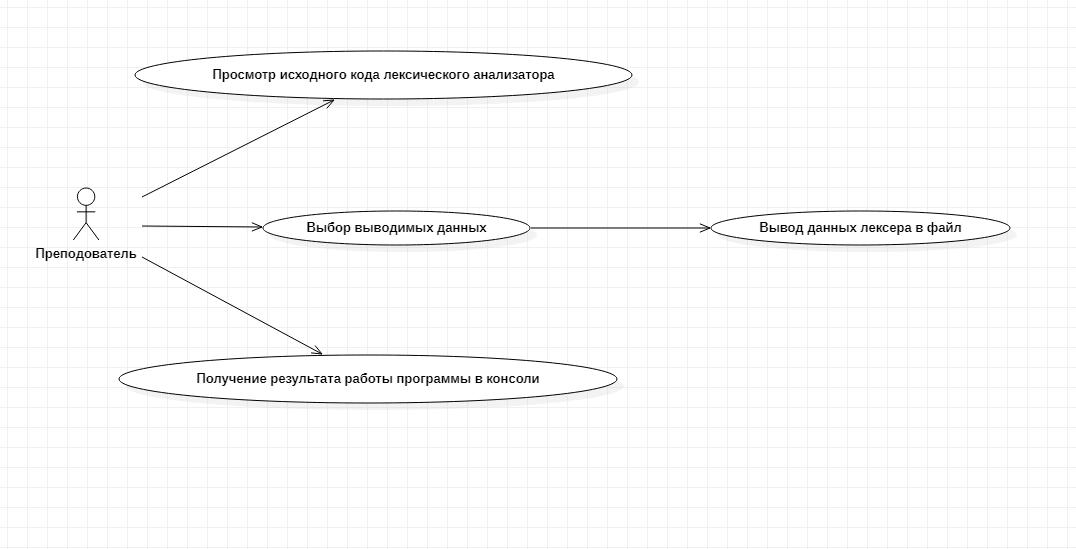


Рисунок 7 – Диаграмма 3

### **2.4.2 Диаграмма классов**

Диаграмма классов (рис.8) наглядно показывает в каких зависимостях друг от друга находятся классы программы.

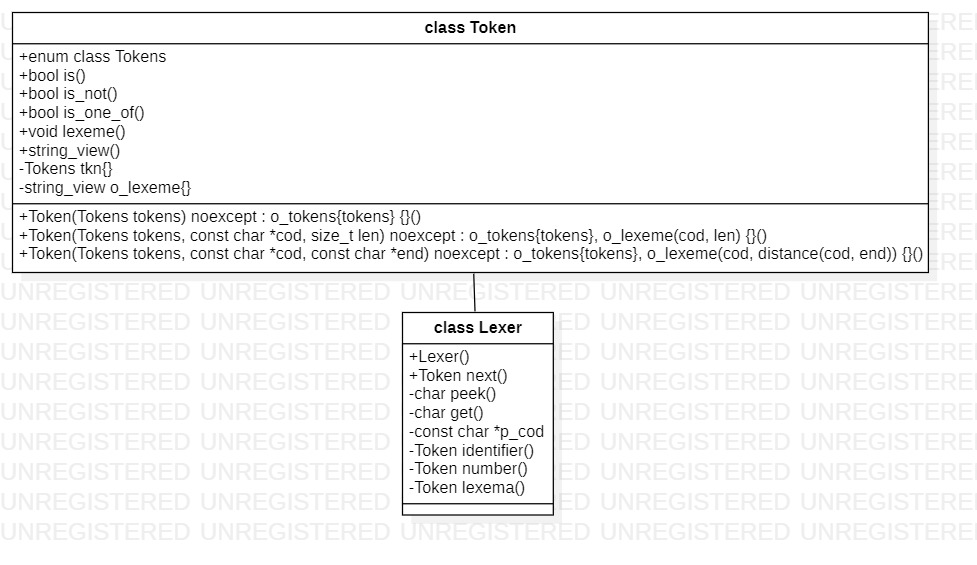
****

Рисунок 8 – Диаграмма классов

На Диаграмме 4 виден вид связи классов ассоциация, поскольку класс Lexer использует некоторые функции из класса Token.

### **2.4.3 Сценарий работы программы**

На рисунке 9 представлен сценарий работы программы:

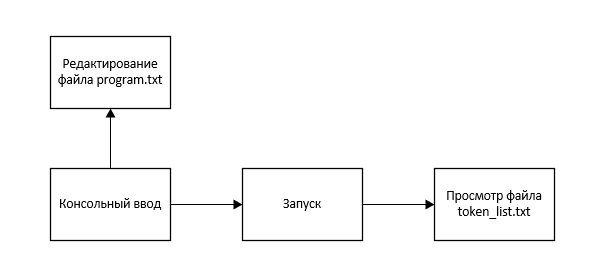


Рисунок 9 – Сценарий работы программы

**3.Эксплуатационная часть**

**3.1 Назначение программы**

Программа представляет из себя готовый модуль лексера языка программирования. Этот модуль легкий быстрый. Легко модифицируем для еще большего количества символов. Очень прост в использовании. Можно использовать отдельно или в качестве модуля в программах распознавания текста.

**3.2 Установка программы**

Для запуска программы не требуется установка. На компьютере должен находиться только компилятор языка С++ или терминал Linux.

## **3.3** **Руководство оператора**

Данная программа удобна для использования в системе Linux, но ее также легко можно использовать в Windows.

1.Для правильной работы программы поместите все файлы в одну директорию. Проверьте находятся ли файлы в директории при помощи команды ls (рис.10). Файлы:

* lexer.cpp
* lexer.hpp
* token.cpp
* token.hpp
* main.cpp
* program.txt

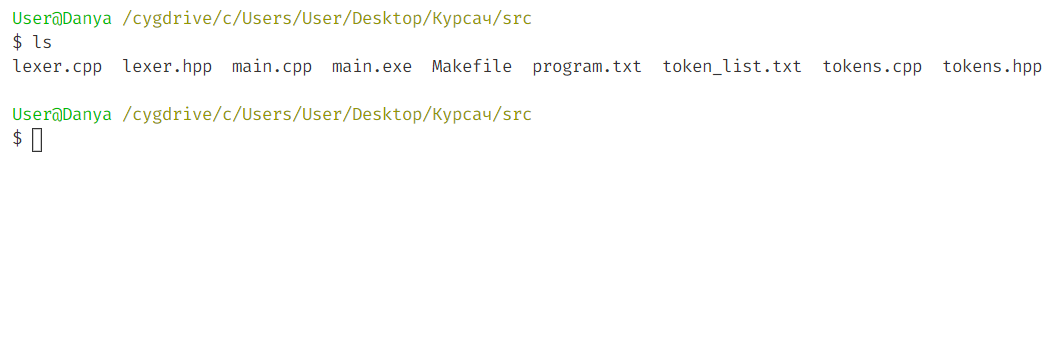


Рисунок 10 – проверка файлов в директории

2. При помощи текстового редактора (в данном случае vim), отредактируйте файл program.txt записав программу в одну строку (рис.11).

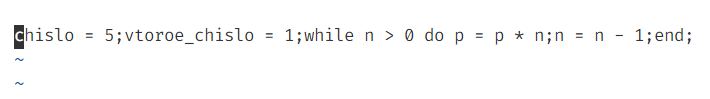


Рисунок 11 – редактирование файла

3.Сохраните и выйдите из редактора (рис.12).



Рисунок 12 – сохранение и выход из редактора

4.Запустите Makefile (рис.13):

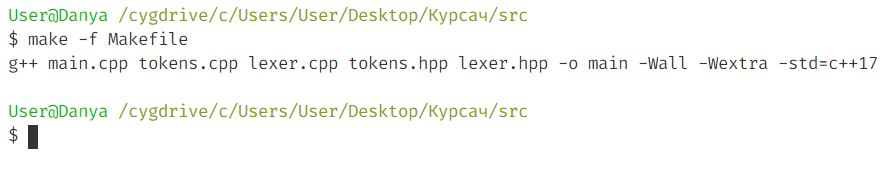


Рисунок 13 – запуск Makefile

5.Запустите программу:

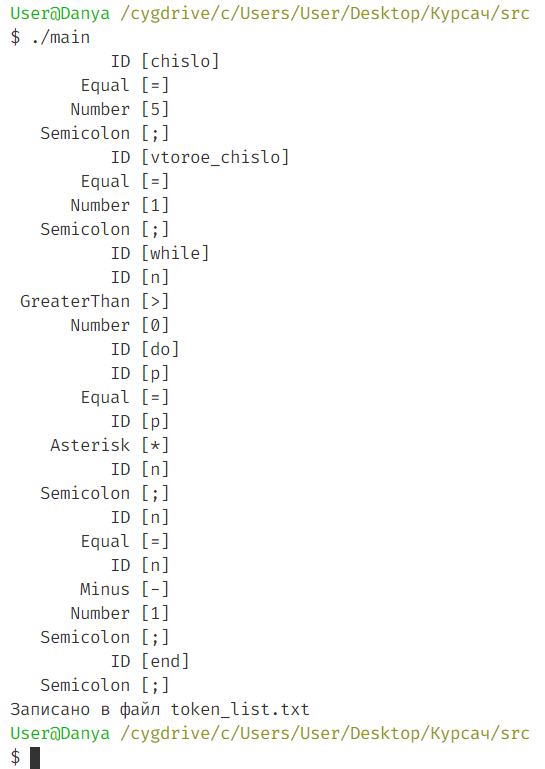


Рисунок 14 – вывод программы

После запуска мы видим выведенный список токенов и символов им соответствующих (рис.14), который был параллельно записан в файл token\_list.txt. Весь исходный код расположен в приложении.

# **Заключение**

В ходе курсового проекта был разработан лексический анализатор текста на ПК. Была изучена работа схожих программ, а также возможности стандарта С++ 17 (оптимизация и ускорение работы кода).

Области применения:

* Модуль компиляторов и интерпретаторов
* Модуль в программах распознавания текста

Доработка:

В будущем планируется совместить программу с модулем синтаксического анализатора для создания собственного языка программирования, изучить работу CMake и создать как графический, так и консольный интерфейс.

# **Список литературы и интернет источников**

1. Статья про создание языков программирования:

<https://tproger.ru/translations/how-to-create-programming-language/>

1. Статья про способы написания синтаксических анализаторов:

<https://habr.com/ru/post/266589/>

1. Статья про С++ 17 стандарта:

<https://ru.wikipedia.org/wiki/C%2B%2B17>

1. Статья про использование string\_view:

<https://ravesli.com/vvedenie-v-klass-std-string_view-v-s/>

**Приложение 1.Файл main.cpp**

#include <iostream>

#include <string>

#include <locale>

#include <iomanip>

#include <fstream>

#include "tokens.hpp"

#include "lexer.hpp"

#define size 1000

using namespace std;

int main()

{

setlocale(LC\_ALL, "Russian");

ifstream in;

ofstream out;

FILE \*f = fopen("program.txt", "r");//чтение файла program.txt

char code[size];

fgets(code, size, f);

out.open("token\_list.txt");//создание файла token\_list.txt

Lexer lex(code);//запуск функции lex класса Lexer

for (auto token = lex.next();

not token.is\_one\_of(Token::Tokens::End, Token::Tokens::Unexpected);

token = lex.next())

/\*

Определяем символ при помощи next()

При помощи is\_one\_of() проверяем новый токен на символ конца файла и неизвестный символ

И если таких токенов нет проверяем символы дальше

\*/

{

cout << setw(12) << token.tokens() << " [" << token.lexeme() << "]\n";

out << setw(12) << token.tokens() << " [" << token.lexeme() << "]\n";

}

cout << "Записано в файл token\_list.txt";

//Выводим полученный результат в файл и окно консоли

out.close();

}

# **Приложение 2.Файл lexer.hpp**

#ifndef LEXER\_HPP

#define LEXER\_HPP

#include "tokens.hpp"

class Lexer // Создаем класс лексер

{

public:

    Lexer(const char \*cod) noexcept : p\_cod{cod} {} //Функция Лексера принимающая массив символов и обрабатывающая его

    Token next() noexcept;//Прототип функции next()

private:

    //Прототипы функций

    Token identifier() noexcept;

    Token number() noexcept;

    Token lexema(Token::Tokens) noexcept;

    //Приватные конструкторы

    char peek() const noexcept { return \*p\_cod; }

    char get() noexcept { return \*p\_cod++; }

    const char \*p\_cod = nullptr; // Нулевой указатель

};

//Прототип перегруженного оператора

ostream &operator<<(ostream &os, const Token::Tokens &tokens);

//Прототипы функций

bool is\_space(char c) noexcept;

bool is\_digit(char c) noexcept;

bool is\_identifier\_char(char c) noexcept;

#endif

# **Приложение 3.Файл lexer.cpp**

#include <iostream>

#include <string>

#include <locale>

#include <iomanip>

#include "tokens.hpp"

#include "lexer.hpp"

//Функция lexema() возвращающая полученный символ

Token Lexer::lexema(Token::Tokens tokens) noexcept

{

    return Token(tokens, p\_cod++, 1);

}

//Функция next() сопоставляет символ с таблицей

//и возвращает имя токена

Token Lexer::next() noexcept

{

    //Пока символ не пробел проверяем его

    while (is\_space(peek()))

        get();

    switch (peek())

    {

    case '\0':

        return Token(Token::Tokens::End, p\_cod, 1);

    default:

        return lexema(Token::Tokens::Unexpected);

    case 'a':

    case 'b':

    case 'c':

    case 'd':

    case 'e':

    case 'f':

    case 'g':

    case 'h':

    case 'i':

    case 'j':

    case 'k':

    case 'l':

    case 'm':

    case 'n':

    case 'o':

    case 'p':

    case 'q':

    case 'r':

    case 's':

    case 't':

    case 'u':

    case 'v':

    case 'w':

    case 'x':

    case 'y':

    case 'z':

    case 'A':

    case 'B':

    case 'C':

    case 'D':

    case 'E':

    case 'F':

    case 'G':

    case 'H':

    case 'I':

    case 'J':

    case 'K':

    case 'L':

    case 'M':

    case 'N':

    case 'O':

    case 'P':

    case 'Q':

    case 'R':

    case 'S':

    case 'T':

    case 'U':

    case 'V':

    case 'W':

    case 'X':

    case 'Y':

    case 'Z':

        return identifier();

    case '0':

    case '1':

    case '2':

    case '3':

    case '4':

    case '5':

    case '6':

    case '7':

    case '8':

    case '9':

        return number();

    case '(':

        return lexema(Token::Tokens::LeftParen);

    case ')':

        return lexema(Token::Tokens::RightParen);

    case '[':

        return lexema(Token::Tokens::LeftSquare);

    case ']':

        return lexema(Token::Tokens::RightSquare);

    case '{':

        return lexema(Token::Tokens::LeftCurly);

    case '}':

        return lexema(Token::Tokens::RightCurly);

    case '<':

        return lexema(Token::Tokens::LessThan);

    case '>':

        return lexema(Token::Tokens::GreaterThan);

    case '=':

        return lexema(Token::Tokens::Equal);

    case '+':

        return lexema(Token::Tokens::Plus);

    case '-':

        return lexema(Token::Tokens::Minus);

    case '\*':

        return lexema(Token::Tokens::Asterisk);

    case '/':

        return lexema(Token::Tokens::Slash);

    case '#':

        return lexema(Token::Tokens::Sharp);

    case '.':

        return lexema(Token::Tokens::Dot);

    case ',':

        return lexema(Token::Tokens::Comma);

    case ':':

        return lexema(Token::Tokens::Colon);

    case ';':

        return lexema(Token::Tokens::Semicolon);

    case '\'':

        return lexema(Token::Tokens::SingleQuote);

    case '"':

        return lexema(Token::Tokens::DoubleQuote);

    case '|':

        return lexema(Token::Tokens::Pipe);

    case '&':

        return lexema(Token::Tokens::Ampersand);

    case '@':

        return lexema(Token::Tokens::Dog);

    }

}

//Проверка на идентификатор и вызов функции is\_identifier\_char()

Token Lexer::identifier() noexcept

{

    const char \*start = p\_cod;

    get();

    while (is\_identifier\_char(peek()))

        get();

    return Token(Token::Tokens::ID, start, p\_cod);

}

//Проверка на число и вызов функции is\_digit()

Token Lexer::number() noexcept

{

    const char \*start = p\_cod;

    get();

    while (is\_digit(peek()))

        get();

    return Token(Token::Tokens::Number, start, p\_cod);

}

//Проверка на пробелы таюы и переходы строки

bool is\_space(char c) noexcept

{

    switch (c)

    {

    case ' ':

    case '\t':

    case '\r':

    case '\n':

        return true;

    default:

        return false;

    }

}

//Проверка на число

bool is\_digit(char c) noexcept

{

    switch (c)

    {

    case '0':

    case '1':

    case '2':

    case '3':

    case '4':

    case '5':

    case '6':

    case '7':

    case '8':

    case '9':

        return true;

    default:

        return false;

    }

}

//Проверка на идентификатор

bool is\_identifier\_char(char c) noexcept

{

    switch (c)

    {

    case 'a':

    case 'b':

    case 'c':

    case 'd':

    case 'e':

    case 'f':

    case 'g':

    case 'h':

    case 'i':

    case 'j':

    case 'k':

    case 'l':

    case 'm':

    case 'n':

    case 'o':

    case 'p':

    case 'q':

    case 'r':

    case 's':

    case 't':

    case 'u':

    case 'v':

    case 'w':

    case 'x':

    case 'y':

    case 'z':

    case 'A':

    case 'B':

    case 'C':

    case 'D':

    case 'E':

    case 'F':

    case 'G':

    case 'H':

    case 'I':

    case 'J':

    case 'K':

    case 'L':

    case 'M':

    case 'N':

    case 'O':

    case 'P':

    case 'Q':

    case 'R':

    case 'S':

    case 'T':

    case 'U':

    case 'V':

    case 'W':

    case 'X':

    case 'Y':

    case 'Z':

    case '0':

    case '1':

    case '2':

    case '3':

    case '4':

    case '5':

    case '6':

    case '7':

    case '8':

    case '9':

    case '\_':

        return true;

    default:

        return false;

    }

}

//Перегруженный оператор вывода для работы с именами токенов

ostream &operator<<(ostream &os, const Token::Tokens &tokens)

{

    static const char \*const names[]{

        "Number",

        "ID",

        "LeftParen",

        "RightParen",

        "LeftSquare",

        "RightSquare",

        "LeftCurly",

        "RightCurly",

        "LessThan",

        "GreaterThan",

        "Equal",

        "Plus",

        "Minus",

        "Asterisk",

        "Slash",

        "Dot",

        "Comma",

        "Colon",

        "Semicolon",

        "SingleQuote",

        "DoubleQuote",

        "Pipe",

        "End",

        "Sharp",

        "Dog",

        "Ampersand",

    };

    return os << names[static\_cast<int>(tokens)];

}

# **Приложение 4.Файл tokens.cpp**

#include <iostream>

#include <string>

#include <locale>

#include <iomanip>

#include "tokens.hpp"

using namespace std;

//Реализация функций из файла tokens.hpp

void Token::lexeme(string\_view lexeme) noexcept

{

    o\_lexeme = move(lexeme); //move перемещает значение переменной вместо копирования

}

bool Token::is(Tokens tokens) const noexcept

{

    return o\_tokens == tokens;

}

bool Token::is\_not(Tokens tokens) const noexcept

{

    return o\_tokens != tokens;

}

bool Token::is\_one\_of(Tokens t1, Tokens t2) const noexcept

{

    return is(t1) || is(t2);

}

template <typename... Ts> //шаблон для функции is\_one\_of

bool Token::is\_one\_of(Tokens t1, Tokens t2, Ts... ts) const noexcept

{

    return is(t1) || is\_one\_of(t2, ts...);

}

string\_view Token::lexeme() const noexcept

{

    return o\_lexeme;

}

Token::Tokens Token::tokens() const noexcept

{

    return o\_tokens;

}

# **Приложение 5.Файл tokens.hpp**

#ifndef TOKENS\_HPP

#define TOKENS\_HPP

#include <iostream>

using namespace std;

class Token //класс Токенов

{

public:

    enum class Tokens //создание вложенного класса с перечислением символьных констант

    {

        Number,      //токен Число

        ID,          //токен Идентификатор

        LeftParen,   //токен Левая скобка

        RightParen,  //токен Правая скобка

        LeftSquare,  //токен Левая квадратная скобка

        RightSquare, //токен Правая квадратная скобка

        LeftCurly,   //токен Левая фигурная скобка

        RightCurly,  //токен Правая фигурная скобка

        LessThan,    //токен Меньше

        GreaterThan, //токен Больше

        Equal,       //токен Равно

        Plus,        //токен Плюс

        Minus,       //токен Минус

        Asterisk,    //токен Звездочка

        Slash,       //токен Слеш

        Dot,         //токен Точка

        Comma,       //токен Запятая

        Colon,       //токен Двоеточие

        Semicolon,   //токен Точка с запятой

        SingleQuote, //токен Одинарная кавычка

        DoubleQuote, //токен Двойная кавычка

        Comment,     //токен Комментарий

        Pipe,        //токен Вертикальная черта

        End,         //токен Конец

        Sharp,       //токен Шарп

        Dog,         //токен Собака

        Ampersand,   //токен Амперсант

        Unexpected,  //токен Неопределенный

    };

    /\*

    Вместо блока try catch для обработки исключений говорим компилятору

    что функция и конструкторы исключений не обрабатывают при прмощи

    noexcept, что ускоряет компиляцию

    \*/

    //Конструкторы класса Token принимают на вход массив символов и передают

    //на обработку методам класса Lexer

    Token(Tokens tokens) noexcept : o\_tokens{tokens} {}

    Token(Tokens tokens, const char \*cod, size\_t len) noexcept : o\_tokens{tokens}, o\_lexeme(cod, len) {}

    Token(Tokens tokens, const char \*cod, const char \*end) noexcept : o\_tokens{tokens}, o\_lexeme(cod, distance(cod, end)) {}

    //Прототипы функций

    Tokens tokens() const noexcept;

    bool is(Tokens tokens) const noexcept;

    bool is\_not(Tokens tokens) const noexcept;

    bool is\_one\_of(Tokens t1, Tokens t2) const noexcept;

    template <typename... Ts> //шаблон для функции is\_one\_of

    bool is\_one\_of(Tokens t1, Tokens t2, Ts... ts) const noexcept;

    string\_view lexeme() const noexcept;

    void lexeme(string\_view lexeme) noexcept;

private:

    Tokens o\_tokens{};

    string\_view o\_lexeme{};

};

#endif