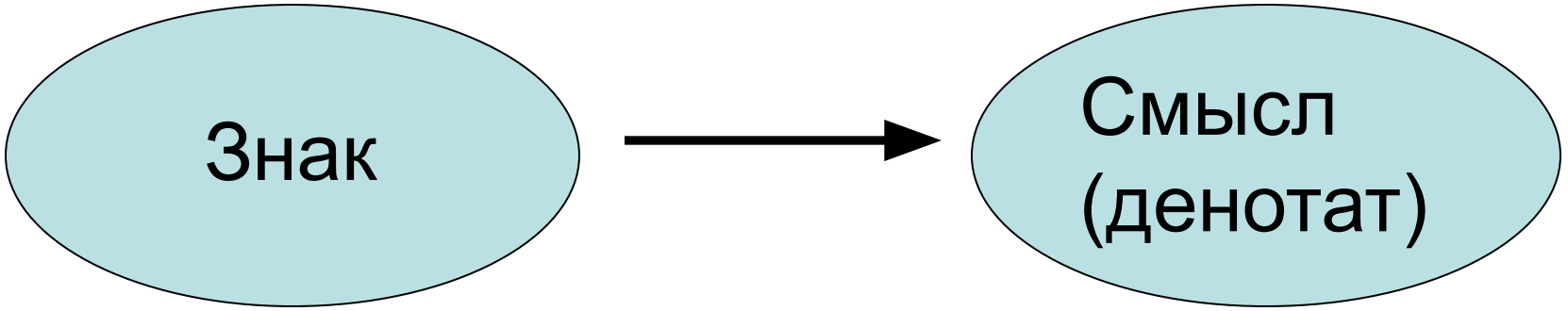
Языки программирования

Язык – знаковая система



Цифры «45»

Число 45

Семантическая функция Val(«45») = 4 * 10 + 5

Языки программирования

- Лексика
  - Орфография
  - Морфология
- Синтаксис
  - Грамматика
  - Пунктуация
- Семантика
  - Прагматика
- Стиль

Лексика

Лексема – элементарная (относительно синтаксиса) единица языка

Примеры:

- Числа: 123.4e2, 12, 0x25
- Знаки: +, !=, [, <<, <
- Идентификаторы: i, Pi2, PersonID
- Ключевые слова: **while**, **if**
- Строки: “Hello, World”, “while + 1”
- Символы: ‘a’

Лексика - пример

Идентификатор – последовательность букв и цифр, начинающаяся с буквы

Вопросы:

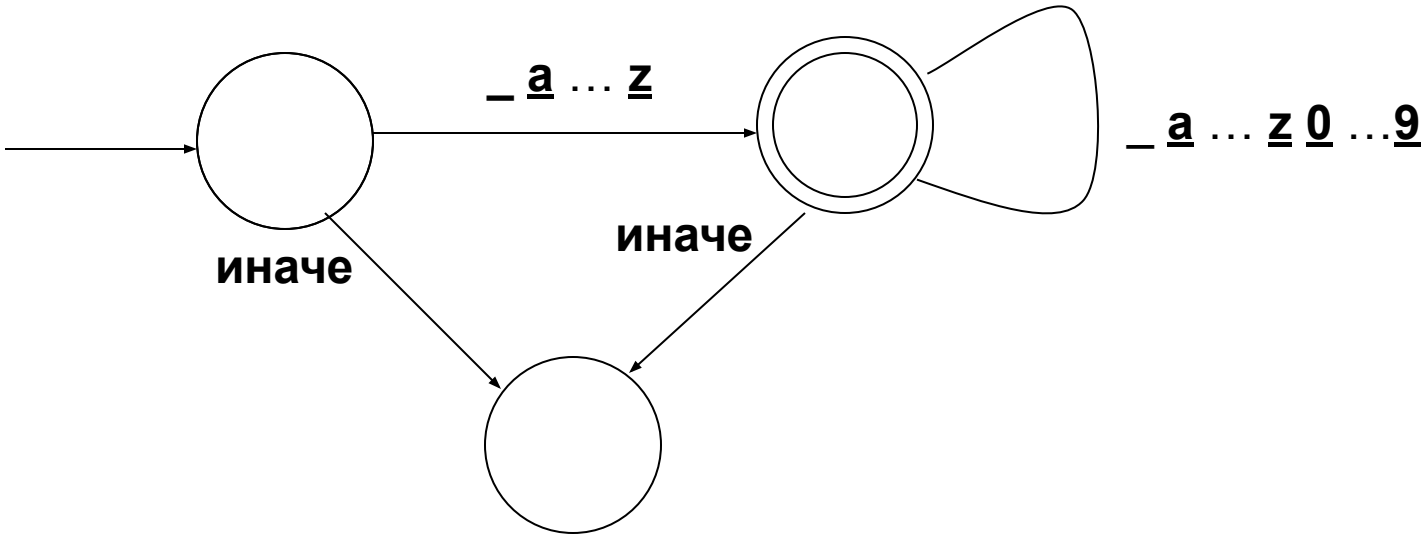
- Кириллица? Инд2
- Регистр? PersonID = PeRSoniD
- _? student_count, __FILE__, _1
- Длина? TheBestApproximationReachedSoFar
- Другие символы? IsLegal?
- Пробелы? Min X

Лексика – формальное описание

- Регулярные выражения

  (_|**a**|…|**z**)(_|**a**|…|**z**|**0**|…|**9**)*

- Конечные автоматы



Форма Бэкуса-Наура - БНФ

- *Нетерминал* – определяемое понятие
- **Терминал** – неопределяемый символ
- Метасимволы – ( ) ::= [ ] *

Правило грамматики

Нетерминал ::= последовательность терминалов и нетерминалов

Пример БНФ

буква ::= **_**

буква ::= **a**

...

буква ::= **z**

цифра ::= **0**

...

цифра ::= **9**

букра ::= *буква*

букра ::= *цифра*

букры ::=

букры ::= *букра* *букры*

идент ::= *буква* *букры*

Регуляризованная БНФ - РБНФ

Альтернатива

разное ::= вариант$_1$

...

разное ::= вариант$_n$

Эквивалентно

разное ::= вариант$_1$ | ... | вариант$_n$

Пример

буква ::= **_** | **a** | … | **z**

Регуляризованная БНФ - РБНФ

Необязательный элемент – возможное отсутствие

можетбыть ::=

можетбыть ::= нечто

Эквивалентно

можетбыть ::= [нечто]

Пример

букры ::= [*букра букры*]

Регуляризованная БНФ - РБНФ

Итерация – повторение ноль или более раз (звезда Клини)

много ::=

много ::= нечто *много*

Эквивалентно

много ::= (нечто)*

Пример

букры ::= (*букра*)*

Регуляризованная БНФ - РБНФ

Ненулевая итерация – повторение один или более раз (плюс Клини)

много ::= нечто

много ::= нечто *много*

Эквивалентно

много ::= (нечто)$^{+}$

Пример

букра (*букра*)* экививалентно (*букра*)$^{+}$

(*букра*)* экививалентно [(*букра*)$^{+}$]

Пример РБНФ

буква ::= **_**

буква ::= **a**

...

буква ::= **z**

цифра ::= **0**

...

цифра ::= **9**

букра ::= *буква*

букра ::= *цифра*

букры ::=

букры ::= *букра* *букры*

идент ::= *буква* *букры*

Пример РБНФ

буква ::= **_**|**a**|…|**z**

цифра ::= **0**|…|**9**

букра ::= *буква*
| *цифра*

букры ::= (*букра*)*

идент ::= *буква*
букры

Пример РБНФ

- *буква* ::= **_**|**a**|…|**z**
- *цифра* ::= **0**|…|**9**

идент ::= *буква* (*буква* | *цифра*)*

Лексика

- Разделители
  - Пробелы, переводы строк, табуляции
  - Значащие позиции: с 7 по 72
  - Комментарии: /*…*/ // до конца строки
  - Вложенные комментарии
- Максимальность лексемы: a+++++b, <<
- Нормализация
  - 1.23 = 0.123e+1
  - ZERO = ZEROS = ZEROES = 0
  - Count = COUNT = count

Лексика – национальные версии (Алгол 60)

```
проц НОД(x,y,z);
    знач x,y; цел x,y,z;
    начало
      цел проц ОСТ(A,B); знач A,B; цел A,B;
           ОСТ := A – (A % B) * B;
      начало
        цел u;
        для u := ОСТ(x,y) пока u ≠ 0 цикл
          начало y := x; x := u конец;
      конец;
      z := x
конец
```

Лексика – национальные версии (проблемы)

- Для «правильного» перевода нужно менять не только лексику, но и синтаксис, структуру фраз
- Русские имена могут не допускаться окружающей обстановкой
- Использование «иноязычных» библиотек
- Изображение данных:
  - числа: десятичная точка или десятичная запятая
  - даты: 09/01/04 или 04/01/09
- Неудобство набора текста
  - опасность совпадения разных букв по начертанию

Лексика

Результат – поток лексем

- *Тип лексемы*: идентификатор, строка, число...
- *Значение лексемы*: изображение, значение числа,....

Синтаксис

Правила построения фраз из лексем

- *Контекстно-свободный* - структура фразы не зависит от окружения
- *Контекстно-зависимый*

  Пример (Algol-68): .A x := 2
  - Описание переменной с инициализацией, если A – тип
  - Присваивание 2 по адресу (.A x), если .A - операция

Контекстно-свободный синтаксис

Пример (РБНФ)

выр ::= *перем*

| *конст*

| (**+** | **-**) *выр*

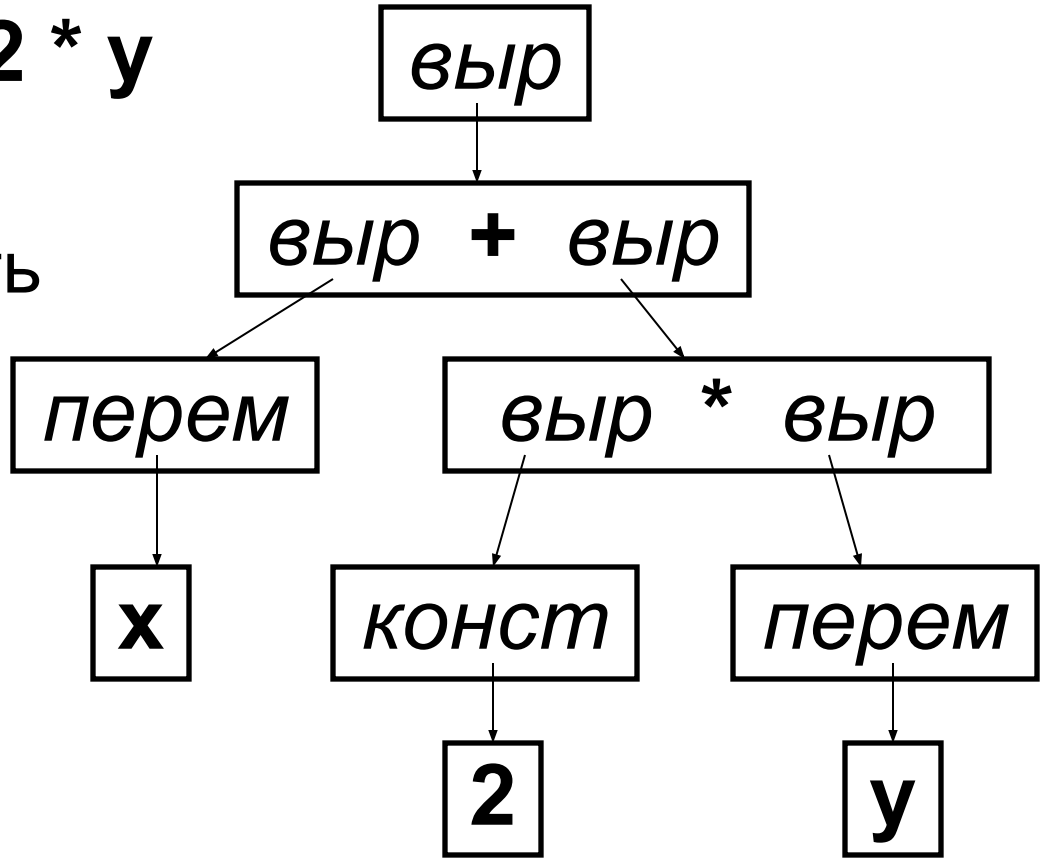
| *выр* (**=** | **<** | **<=** | **<>** | **+** | **-** | ***** | **/**) *выр*

| **(** *выр* **)**

Синтаксический вывод - дерево разбора

Выражение: **x + 2 * y**

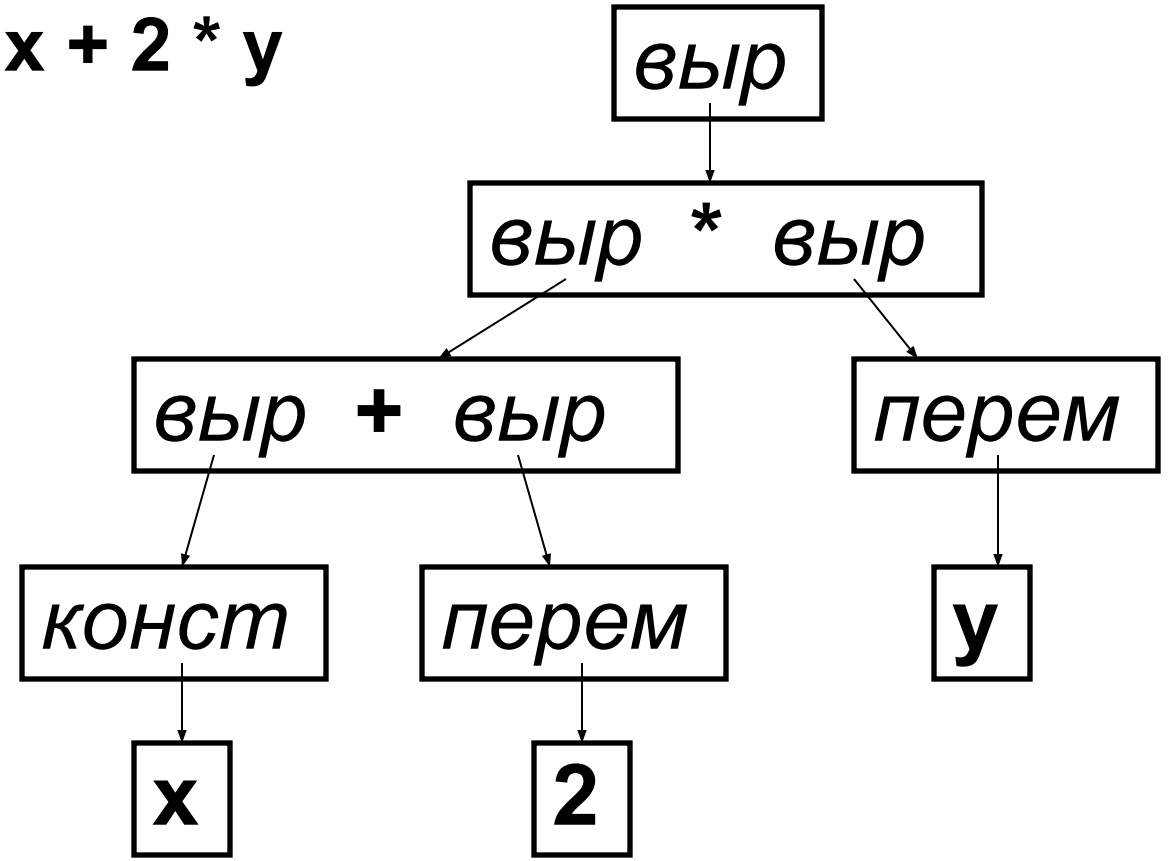
Задача: найти последовательность правил вывода для заданной цепочки терминалов



((**x**) **+** ((**2**) * (**y**)))

Синтаксический вывод (неоднозначность)

Выражение: **x + 2 * y**



((**x + 2**) *** y**)

Синтаксический вывод (избыточность)

Допускается «лишнее»

Пример:

- A < B + C < D
- + - + 2
- X + - Y

Контекстно-свободный синтаксис

Пример – улучшенный вариант

выр ::= *прост-выр* [(**=** | **<** | **<=** | **<>**) *прост-выр*]

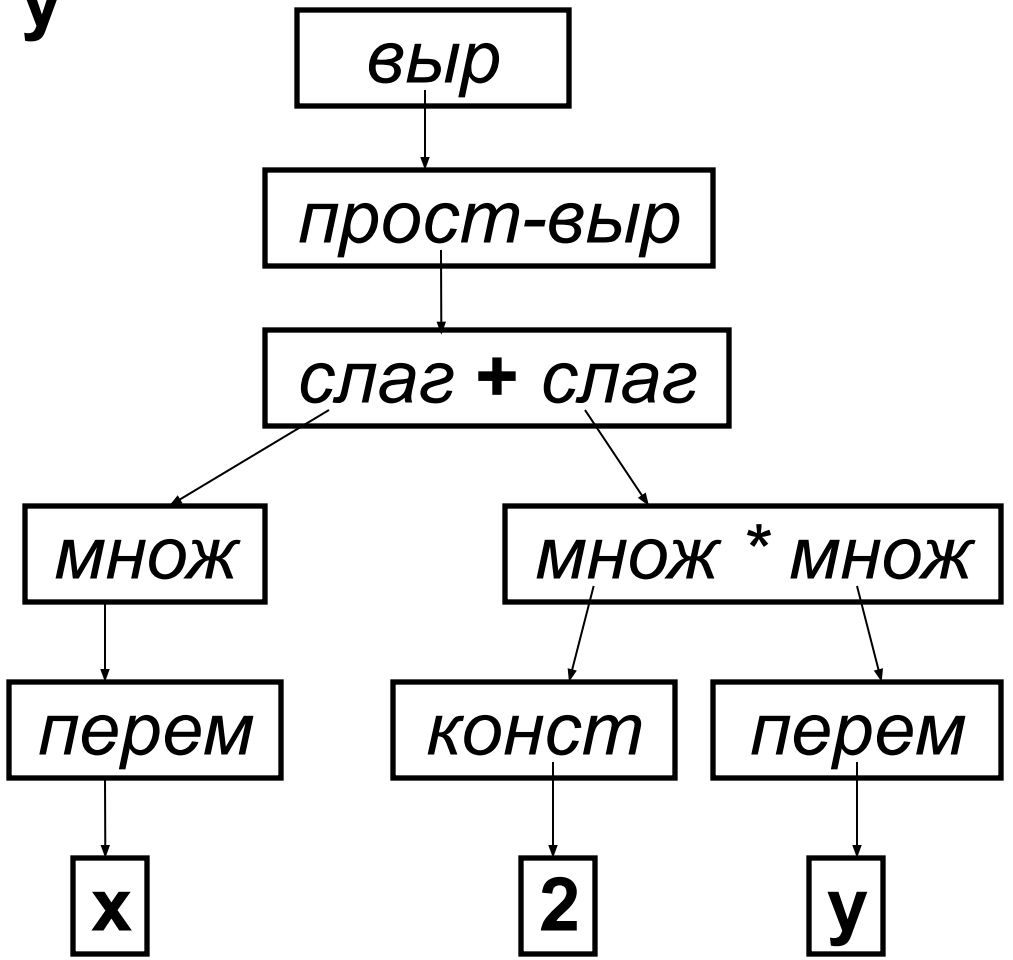
прост-выр ::= [**+** | **-**] *слаг* ((**+** | **-**) *слаг*)*

слаг ::= *множ* ((***** | **/**) *множ*)*

множ ::= (*перем* | *конст* | **(** *выр* **)**)

Синтаксический вывод - дерево разбора

Выражение: **x + 2 * y**



(x + (2 * y))

Неоднозначность if

```
if (x > 0)
    if (x < 2)
      x = x+1;
else
    x = x-1;
```

```
if (x > 0)
    if (x < 2)
      x = x+1;
else
    x = x-1;
```

Неоднозначность if

Решение проблемы:

```
if (x > 0)
    if (x < 2)
     x = x+1;
    fi
else
    x = x-1;
fi
```

Синтаксические диаграммы

Структурированный ориентированный граф с одним входом и одним выходом, вершинами которого являются *нетерминалы* и терминалы

Допускает цепочку терминалов на пути от входа к выходу с «заходом» в диаграммы нетерминалов.

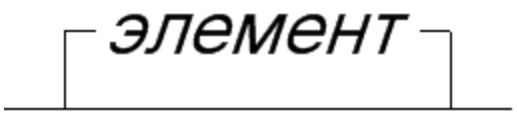
Синтаксические диаграммы

- *Вход*:
- *Выход*:

- *Обязательный*:

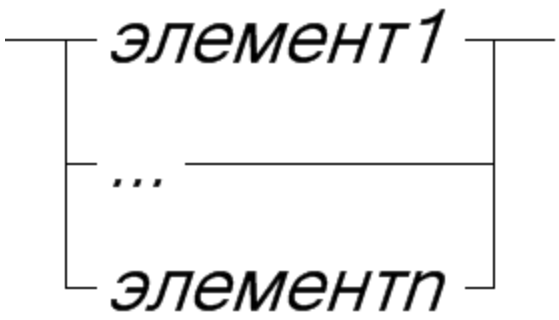
- *Необязательный*

- *Игнорируемый:*

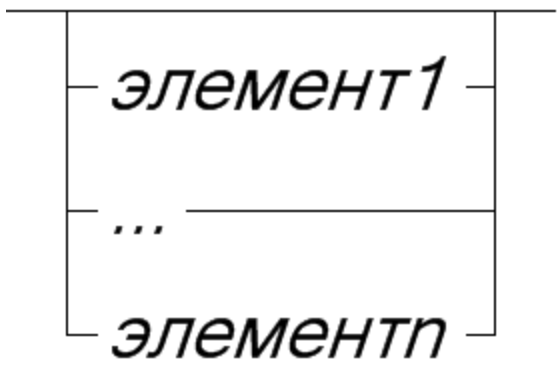


Синтаксические диаграммы

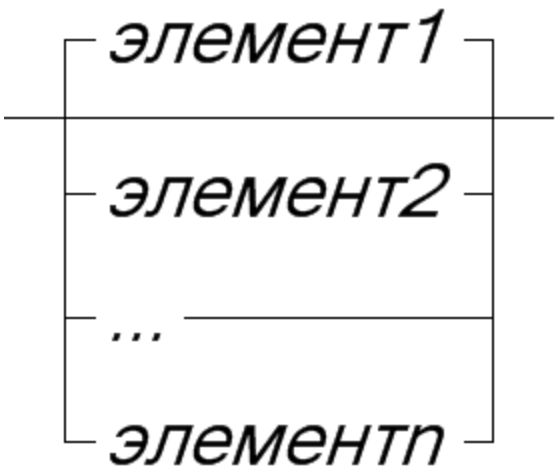
- *Выбор*:



- *Необязательный выбор*:



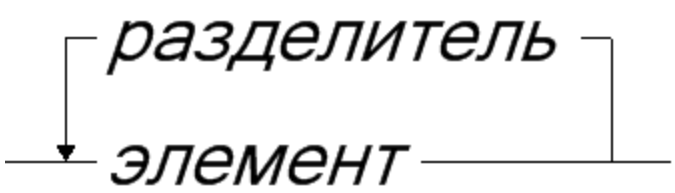
- Выбор с умолчанием :



Синтаксические диаграммы

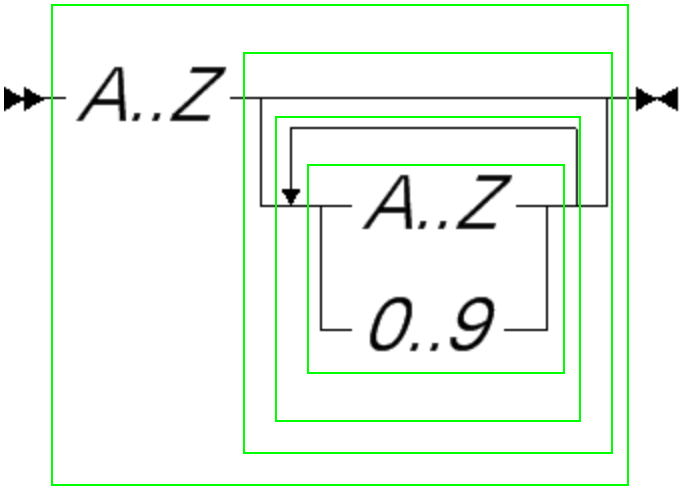
- *Повторение*:

- *Повторение через разделитель:*



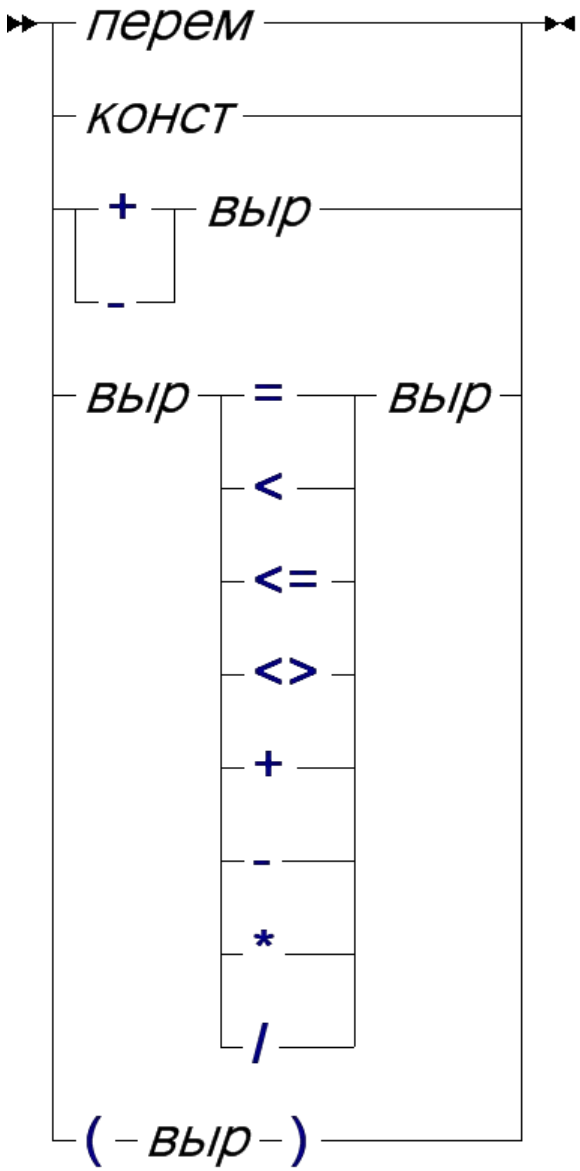
Синтаксические диаграммы

- *идент* ::= *A..Z* [(*A..Z* | *0..9*)*]



Синтаксические диаграммы - пример

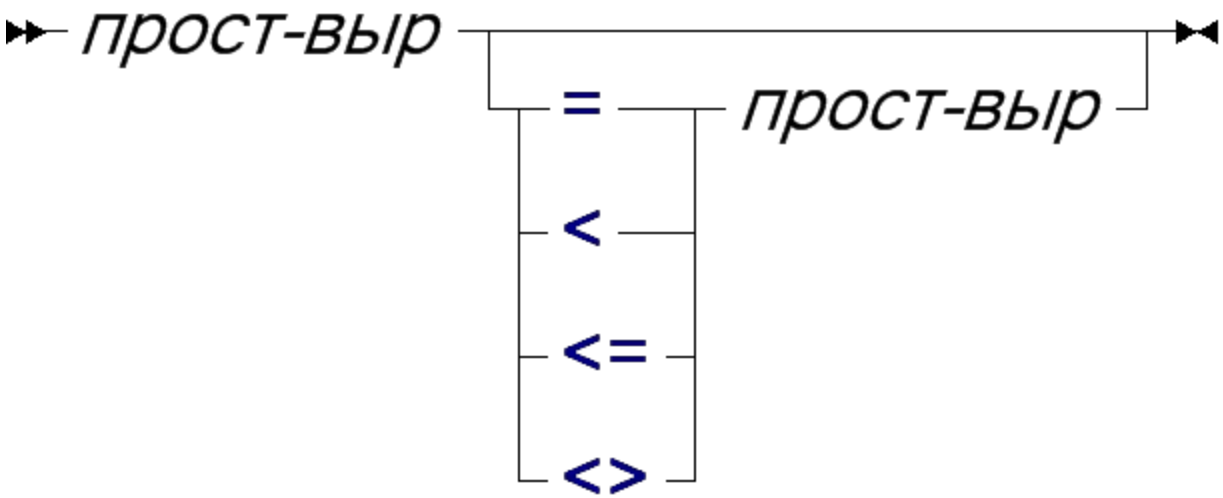
«Плохая» грамматика



Синтаксические диаграммы - пример

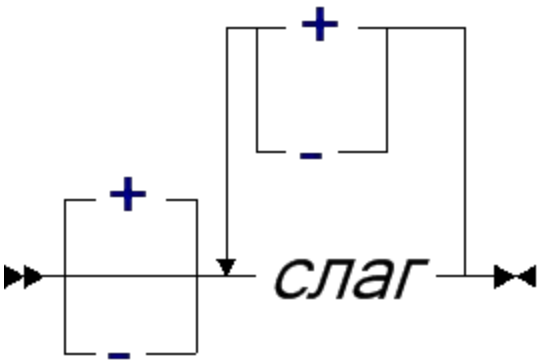
Улучшенная грамматика

- *выр* ::= *прост-выр* [(**=** | **<** | **<=** | **<>**) *прост-выр*]

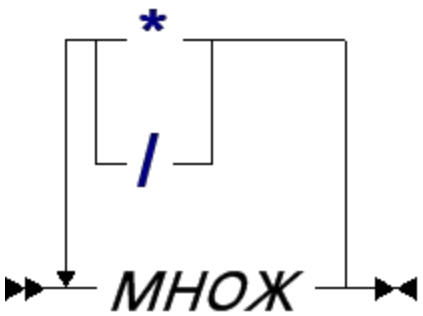


Синтаксические диаграммы - пример

- *прост-выр* ::= [**+** | **-**] *слаг* ((**+** | **-**) *слаг*)*



- *слаг* ::= *множ* ((***** | **/**) *множ*)*

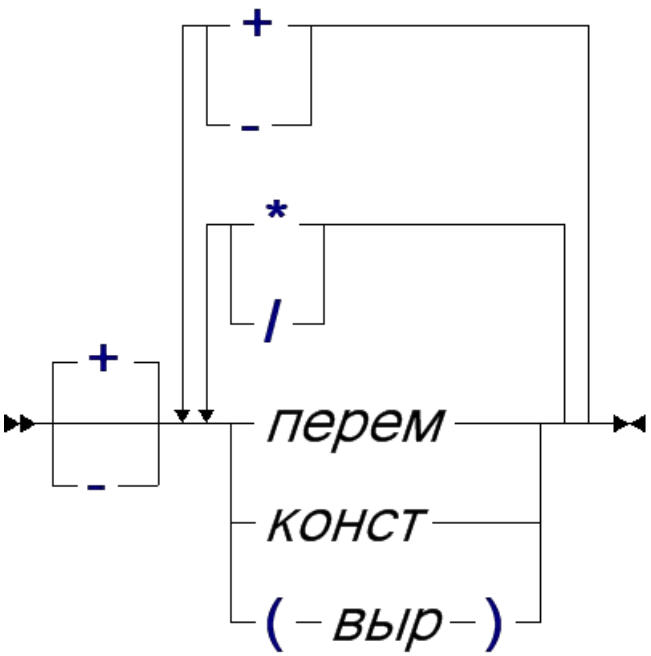


Синтаксические диаграммы - пример

- *множ* ::= *перем* | *конст* | **(** *выр* **)**

Синтаксические диаграммы – понятность пользователю

- Критерии
  - чтобы не было слишком большим (умещалось на странице)
  - чтобы не было слишком много диаграмм



Устойчивость синтаксиса

- Случайные ошибки и опечатки должны обнаруживаться
- Разные конструкции должны визуально различаться
- Примеры:

C

```
for (i = 0; i<N-1; i++);
    A[i] = A[i-1];

for (float x=0.0; x<=1,2; f=+0.1)
    s = + f(x);

y = a[0]/2 + a[1]//3 - a[2]/5 + a[3]/7
   + a[4]/11 + a[5]/13 + a[6]/17 + a[7]/19;
```

Fortran:

```
10 DO I = 1.1,N
            S = S * I
            CONTINUE
```

Algol-68:

```
.for i from 10 .to N .do
      print(“ “)
.od;
```

Контекстно-зависимый анализ

- Идентификация – сопоставление определений объектов с их использованиями
- Статический анализ типов – определение (вывод) типов объектов и выражений и проверка типовой правильности.

Семантика

Что делает данная программа?

- Функциональная семантика – функция, реализуемая программой
- Операционная семантика – последовательность (содержательных) действий выполняемая программой
- Аксиоматическая семантика – следствие постусловий из предусловий

Стиль

- *Лесенка* - иногда обязательна (Occam), иногда поддерживается автоматически.

```
int l1 = busy_class(cl, d*lessons_per_day + t1);
if (t1==t || l1==-1 || lessons[l1]-> share[0].teacher
!= tch) continue; if (t1 < t-1 || t1>t+1) ++
not_sequence; else {++ total_class_overload;
sum += B_CLASS_OVERLOAD; }
```

Неправильно

Стиль

- *Лесенка*

```
int l1 = busy_class(cl, d*lessons_per_day + t1);

if (t1 == t
|| l1 == -1
|| lessons[l1]->share[0].teacher != tch)
    continue;

/* Не скупитесь на пробелы */

if (t1 < t-1 || t1 > t+1)
    ++ not_sequence;
else
  {
    ++ total_class_overload;
    sum += B_CLASS_OVERLOAD;
  }
```

Стиль

- Лесенка else if плохо

```
if (x >=1000)
  ….
else
    if (x > 0)
  …
    else
         if (x == 0)
       …
 else
           if (x > -1000)
         …
           else // x <= -1000
         …
```

Стиль

- Лесенка else if

```
if (x >=1000)
  ….
else if (x > 0)
  …
else if (x == 0)
  …
else if (x > -1000)
  …
else // x <= -1000
  …
```

Стиль

- Содержательные, мнемоничные идентификаторы

```
int n1, n2;
for (int index_of_outer_loop = 0;
    index_of_outer_loop < n1;
      index_of_outer_loop ++)
    for (int intIndexJ = 0; intIndexJ < n2; intIndexJ ++)
            …
```

Неправильно

Стиль

- Содержательные идентификаторы

```
int PersonCount, ExamCount;
for (int p = 0; p < PersonCount; p++)
    for (int j = 0; j < ExamCount; j ++)
            …
```

- Длина идентификатора пропорциональна размеру области его действия

Стиль

- Неиспользование умолчаний

```
int cnt = 0;
unsigned char line[128]
FILE * file;
…
 while ( fgets(line, 127, file) != NULL)
     cnt ++;
```

Комментарии

Совсем без комментариев – плохо

```
int max = 0;
for (int i = 0; i < n; i++)
    if (M[i] > max)
     max = M[i];
```

Комментарии

С плохими комментариями – ещё хуже

```
/* начальник приказал написать
   комментарии к каждой строчке
   – ему же хуже будет :-[ */
int max = 0;     // присвоить 0
// перебираем i=0..n-1
for (int i = 0; i < n; i++)
   if (M[i] > max)  // сравниваем с max
    max = M[i];  // обновляем, если надо
```

Комментарии

Комментарии облегчают понимание

```
/*
 * Нахождение максимума max в массиве M
 */
int max = 0; // предполагается, что все M[i] > 0
for (int i = 0; i < n; i++)
    if (M[i] > max)
     max = M[i];
```

Прагматика

Использование конструкций языка согласно их предназначению

```
while (n<0)
{
    n = -n;
    break;
}
```

```
if (n<0)
    n = -n;
```

```
n = (n<0 ? –n : n);
```

Преемственность

- Fortran -> Fortran IV -> Fortran 77 -> Fortran 90
- K&R C -> ANSI C -> C++ -> C#
- Обратная совместимость